

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

PROCESSO DE CRIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL PARA O ENSINO
DE UM GESTO ESPORTIVO: *USHIRO-UKEMI*

MAURO CESAR GURGEL DE ALENCAR CARVALHO

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



COPPE/UFRJ

PROCESSO DE CRIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL PARA O ENSINO
DE UM GESTO ESPORTIVO: *USHIRO-UKEMI*

Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientadores: Luiz Landau

Estélio Henrique Martin Dantas

Rio de Janeiro

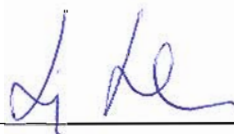
Março de 2010

PROCESSO DE CRIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL PARA O ENSINO
DE UM GESTO ESPORTIVO: *USHIRO-UKEMI*

Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL

Examinada por:



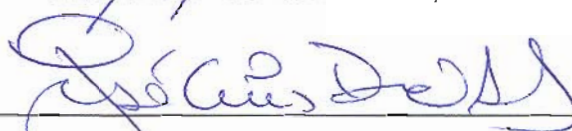
Prof. Luiz Landau, D Sc



Prof. Estélio Henrique Martin Dantas, D Sc



Dr. Gerson Gomes Cunha, D Sc



Prof. José Luis Drummond Alves, D Sc



Profa. Soraia Raupp Musse, D Sc

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2010

Carvalho, Mauro Cesar Gurgel de Alencar

Processo de criação e validação de um sistema de Realidade Aumentada e Virtual para o ensino de um gesto esportivo: *ushiro-ukemi*. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

VIII, 163 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Luiz Landau

Estélio Henrique Martin Dantas

Tese (doutorado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia Civil, 2010.

Referências bibliográficas: p. 140-157.

1. Realidade Aumentada. 2. Realidade Virtual. 3. Aprendizagem Motora. 4. Educação Física. 5. Judô. I. Landau, Luiz *et al.*. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

PROCESSO DE CRIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE REALIDADE
AUMENTADA E VIRTUAL PARA O ENSINO DE UM GESTO ESPORTIVO: *USHIRO-
UKEMI*

Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho

Março/2010

Orientadores: Luiz Landau

Estélio Henrique Martin Dantas

Programa: Engenharia Civil

O presente estudo objetivou criar e validar sistemas de Realidade Aumentada (RA) e Virtual (RV) para ajudar a promover a aprendizagem de uma habilidade esportiva: *ushiro-ukemi* (rolamento para trás do Judô). Os sujeitos eram 508 estudantes ($10,35 \pm 2$ anos) de Colégio Pedro II, separou pelo conhecimento prévio sobre o tema. O grupo de controle (G_0) não recebeu nenhuma instrução. Os grupos experimentais receberam diferentes abordagens de ensino: aula de Judô tradicional (G_1), aula auxiliada por sistema de RA baseada em projeção (G_2), livro aumentado (G_3), livro digital e aula de Judô tradicional (G_4 e G_5). Estudos preliminares tiveram que ser desenvolvidos para se fazer o estudo experimental: a caracterização de *ushiro-ukemi*; a modelagem e animação humana virtual em 3D; os sistemas de RA; história em quadrinhos sobre *ushiro-ukemi*; o livro digital (RV); o livro aumentado (RA); criação e verificação da validade e fidedignidade do questionário e do teste motor. Finalmente durante o estudo experimental, ANOVA de Kuskal-Wallis mostrou diferença significativa entre grupos para os resultados do questionário ($p < 0,0001$) e do teste motor ($p < 0,001$). O teste de comparação múltipla entre as médias do ranqueamento mostrou que G_0 diferiu significativamente de todos os outros grupos nos resultados do questionário e resultados de teste de motor. G_2 tirou 6,7 (mediana) e diferiu significativamente ($p < 0,05$) de todos os outros grupos para os resultado do teste de motor. Todos os grupos experimentais apresentaram evidência de validade como ferramentas auxiliares de ensino para aulas de Educação Física e Esporte.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY SYSTEMS CREATION AND VALIDATION
PROCESS FOR A SPORT SKILL TEACHING: *USHIRO-UKEMI*

Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho

March/2010

Advisors: Luiz Landau

Estélio Henrique Martin Dantas

Department: Civil Engineering

The present study aimed to create and validate both Virtual (VR) and Augmented Reality (AR) systems to help to promote sport skill learning: *ushiro-ukemi* (Judo backward breakfall). The subjects were 508 students ($10,35 \pm 2$ year old) from Colégio Pedro II, separated by their previous knowledge about the theme. The control group (G_0) received no instruction. The experimental groups received different teaching approaches: regular class (G_1), class supported by projector based AR system (G_2), augmented book (G_3), digital book and a regular class (G_4 and G_5). Preliminary studies had to be developed to perform the experimental study: the *ushiro-ukemi* characterization; the 3D character modeling and animation; the AR systems; the comics about *ushiro-ukemi*; the digital book (VR); the augmented book (AR); the questionnaire and motor test creation and verification of their validity and reliability. Finally during the experimental study, Kuskal-Wallis ANOVA showed significant difference between groups for the questionnaire ($p < 0,0001$) and for the motor test ($p < 0,001$) results. The test of multiple comparison between the ranks mean showed that G_0 differed significantly from all the other groups for questionnaire and motor test results. G_2 scored 6,7 (median) and differed significantly ($p < 0,05$) from all the other groups for the motor test results only. All experimental groups have presented evidence of validity as auxiliary teaching tools for Physical Education and Sport classes.

SUMÁRIO

CAPÍTULO	Página
I. INTRODUÇÃO	1
I.1. Formulação da Situação-Problema	2
I.2. Objetivo do Estudo	2
I.3. Justificativa	6
I.4. Hipóteses	8
I.5. Delimitações	10
II. O ESTADO DA ARTE	
II.1. Contextualizando a Realidade Aumentada	11
II.2. Breve histórico	14
II.3. Tecnologia necessária para um sistema de RA	19
II.4. Aplicações de RA	27
II.5. Criação do modelo humano virtual	31
II.6. As quedas no ambiente escolar e sua prevenção	36
III. DESENVOLVIMENTO	
III.1. Delineamento da pesquisa	49
III.2. Seleção dos sujeitos	49
III.3. Caracterização das variáveis	50
III.4. Instrumentação	51
III.5. Coleta de dados	55
III.6. Tratamento experimental	56
III.7. Tratamento estatístico	58

IV. RESULTADOS

IV.1. Estudos preliminares	59
IV.1.1. Criação e animação do modelo humano virtual	59
IV.1.2. Validação da animação	63
IV.1.3. Conversão do arquivo do <i>biped</i> animado em arquivo compatível ao sistema de RA	74
IV.1.4. Criação do material didático interativo (livro digital) para o ensino do <i>ushiro-ukemi</i> , em formato de arquivo Adobe Acrobat Reader (.pdf)	75
IV.1.5. Criação do livro aumentado (material didático interativo com marcador) para o ensino do <i>ushiro-ukemi</i>	77
IV.1.6. Criação do sistema de RA	77
IV.1.7. Validade, fidedignidade, dificuldade e discriminação de instrumentos para avaliar a aprendizagem teórica e prática do <i>ushiro-ukemi</i>	82
IV.1.8. Estudo piloto	87
IV.2. Estudo experimental	92
IV.2.1. Promoção do ensino-aprendizagem teórico e prático do <i>ushiro-ukemi</i>	92
IV.2.2. Aprendizagem prática	93
IV.2.3. Aprendizagem teórica	94
IV.2.4. Aceitação da historinha sobre o rolamento para trás	95
IV.2.5. Aceitação do bonequinho virtual fazendo o rolamento para trás	97
IV.2.6. Opiniões positivas	100
IV.2.7. Aspectos que os alunos menos gostaram	102
IV.2.8. Comentários e sugestões	105

V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	107
V.1. Estudos preliminares	107
V.2. Estudo experimental e validade	124
VI. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
ANEXOS:	158
1 Termos de Consentimento Livre e Esclarecido aos Pais e Termos de Informação a Instituição	159
2 Questionário	163

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A espécie humana vem deixando suas marcas por onde passa e representando várias de suas atividades desde a época das cavernas através de figuras sobre caçadas e outros motivos. Partindo das paredes das cavernas, como meio de comunicação, o Homem começou a transmitir suas impressões gráficas do mundo. Até mesmo nas paredes e muros das casas, castelos, templos, fortalezas e pirâmides ele deixava a sua impressão, através de suas cores, formas, inscrições, estatuetas e adornos, como gárgulas, leões e também a cruz para denotar segurança, imponência, religião e hospital, por exemplo. Passou pelo papiro e pelos pergaminhos, chegando aos livros manualmente escritos e atualmente impressos ou digitalizados. Assim como na Idade Média, os livros de hoje em dia também mostram imagens representando vários motivos, inclusive movimentos. Entretanto a mídia impressa apresenta um problema na apresentação dos movimentos: as imagens mostram apenas quadros estáticos das fases principais do movimento, sem mostrá-lo fluindo no decurso do tempo. O leitor só consegue imaginar ou supor como será a transição de uma imagem para outra, pois não tem a certeza de quanto tempo será gasto entre elas. O material didático impresso possui essa limitação; ele não provê essa percepção temporal do movimento, que é fundamental aos leitores da Educação Física e do Esporte. Não é justo que esses leitores fiquem presos a quadros estáticos que não podem apresentar o gesto fluindo ao longo do tempo, tendo em vista os novos formatos de mídias que podem ser usados.

A quantidade de mídias disponíveis aumentou significativamente nos últimos quinhentos anos e enriqueceu a capacidade do Homem de se comunicar. A mídia digital ocupou o seu lugar no mercado e seus desenvolvedores tem aberto possibilidades para que ela cresça e se associe a outras mídias, desempenhando novas funções. Um exemplo está na aplicação de modelos humanos 3D animados, inseridos em sistema de Realidade Aumentada (RA) para prover uma percepção e interação com o usuário. Sistemas de RA têm sido aplicados em áreas, como Medicina, Entretenimento, Educação, Computação, Engenharia e Arquitetura (Azuma, 2004). Possivelmente, o pressuposto de eficiência para visualização e ensino que os sistemas de RA alcançaram em outras áreas possa ser estendido também à visualização e ensino das habilidades motoras no Esporte e na Educação Física, até então muito pouco explorados.

I.1. Formulação da Situação-problema

Como já foi dito, os livros didáticos não permitem que seus leitores vejam os movimentos esportivos fluindo no decurso do tempo. Ao se olhar um conjunto de fotos de uma habilidade esportiva nos livros, não se sabe quanto tempo foi gasto de uma fase (foto) para a outra. A idéia da dinâmica do movimento fluindo no decurso do tempo vai depender da capacidade do leitor de associar as posições corporais mostradas em cada imagem. Logicamente será difícil associar variáveis físicas como força muscular, velocidade de movimentos e potência ao gesto, se não se conhece ao certo a dinâmica do movimento, ou seja, o leitor não sabe o quanto de força, velocidade e/ou potência deverá empregar em cada fase do movimento, se ele não vir este movimento acontecendo de fato. A visualização de um vídeo, de uma animação 2D ou 3D de um modelo humano virtual permitiria observar toda dinâmica do movimento fluindo no decurso do tempo, agregando um valor fundamental ao material didático sobre Esporte, que não se dispunha anteriormente nos livros. Um material didático com tais mídias digitais poderia resolver o problema da visualização e possivelmente de ensino também.

Portanto foi formulada a seguinte pergunta para problematização:

- Será que a aplicação de sistemas de Realidade Aumentada (RA) ou Realidade Virtual (RV), com um modelo humano virtual 3D animado executando um gesto esportivo, poderia permitir diversão, interatividade, percepção, compreensão e aprendizagem das habilidades esportivas fluindo no decurso do tempo?

I.2. Objetivo

I.2.1. Objetivo Geral:

Este estudo visa criar sistemas de RA e RV, aplicá-los como métodos de ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi* e validar sua utilização através da avaliação de aprendizagem teórica, prática e da diversão. Para tal, foram formulados seguintes objetivos específicos.

I.2.2. Objetivos específicos e seus objetivos operacionais:

Para que o objetivo geral seja atingido, ele teve que ser decomposto em etapas. Deste modo, ao atingir esses objetivos específicos e suas subdivisões, ficará progressivamente demonstrada, em cada etapa, que é possível aplicar sistemas de RA e RV divertidos e válidos para a Educação Física e Esporte. São eles:

I.2.2.a. Criar e animar o modelo humano virtual:

- 1) Como primeiros experimentos, modelar um humano virtual usando formas primitivas: cubos, cilindros e bola e animá-lo para executar o *ushiro-ukemi*, baseado no conhecimento prévio do autor sobre o gesto.
- 2) Criar modelos humanos virtuais através da reconstrução digital baseada em imagens de bonecos de brinquedo com o 3D Software Object Modeller PRO (3DSOM).
- 3) Filmar um professor de Judô, executando de forma rápida e também lentamente a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* pela frente, costas e pelos lados direito e esquerdo.
- 4) Inserir o filme do professor de Judô como fundo de tela (*Viewport background*) no 3D Studio Max.
- 5) Ajustar o tamanho do *biped* à imagem do professor no filme, através da sua sobreposição.
- 6) Criar a animação, movendo o humano virtual (*biped*), conforme a movimentação do professor ao executar a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* de forma rápida e lentamente.
- 7) Converter o *biped* em malha editável (*editable mesh*).

I.2.2.b. Validar a animação:

Validar o processo de animação do modelo humano virtual executando o *ushiro-ukemi* pela opinião de especialistas em Judô e Educação Física, através de um questionário publicado num website (<http://www.lacimovi.net/validacaoanime/index.htm>).

I.2.2.c. Converter o arquivo do *biped* animado em arquivo compatível ao sistema de RA:

- 1) Converter o *biped* animado em arquivo da Right Hemisphere (.RH), para depois ser convertido em arquivo compatível com o DART e com o *Mr Planet lite*: **.w3d** (Shockwave 3D) e **.3ds** (3D Studio), respectivamente.
- 2) Converter o *biped* animado em arquivo da Right Hemisphere (.RH), para depois ser convertido em arquivo Universal 3D (**.u3d**) e então aplicado no Adobe Acrobat (**.pdf**).

I.2.2.d. Criar o material didático interativo como arquivo (livro digital):

- 1) Criar uma história que promova o ensino e aprendizagem do *ushiro-ukemi*, respeitando o contexto escolar, o discurso dos alunos e as questões cotidianas que eles vivem do 3º ao 7º anos do Primeiro e Segundo Segmentos do Ensino

Fundamental, despertando o interesse e prendendo a atenção do aluno durante a sua leitura.

- 2) Fazer os desenhos para ilustrar a estória.
- 3) Digitalizar os desenhos com o “*scanner*”.
- 4) Colorir os desenhos.
- 5) Criar arquivos de imagem 2D (.jpg) através da tecla *print screen*, utilizando a animação 3D para ressaltar pontos importantes na execução do *ushiro-ukemi*.
- 6) Ilustrar a estória com desenhos, arquivos de imagem 2D, em formato Adobe Acrobat.
- 7) Associar arquivos com animação 3D, para que os alunos possam manipular e controlar os movimentos do *biped* executando o *ushiro-ukemi*, para finalizar o processo de criação do livro digital.

I.2.2.d. Criar o material didático interativo como arquivo (livro aumentado):

- 1) Substituir cada animação 3D por um marcador fiducial diferente.
- 2) Imprimir o livro digital em papel no formato de história em quadrinhos.

I.2.2.e. Criar o sistema de RA:

- 1) Criar um sistema de RA utilizando um arquivo de animação, através do qual se possa visualizar o movimento de *Ushiro-ukemi* fluindo no decurso do tempo, ao focalizar o marcador num texto de uma apostila em papel (CARVALHO et al., 2005). Para tal foi inserido o arquivo com animação 2D no sistema de RA e associado a um marcador fiducial.
- 2) Criar um sistema de RA utilizando um humano digital 3D, construído com formas primitivas (cubos, cilindros e círculos), através do qual se possa visualizar o movimento de *Ushiro-ukemi* fluindo no decurso do tempo, ao focalizar o marcador num texto de uma apostila em papel (CARVALHO et al., 2006).
- 3) Inserir o controle do DART para iniciar e parar a animação através dos botões do teclado (*behavior*).
- 4) Criar um sistema de RA utilizando diferentes arquivos contendo: vídeo digital e animação e humano digital tridimensional, através dos quais se possam visualizar os movimentos da progressão pedagógica do *Ushiro-ukemi* fluindo no decurso do tempo, ao focalizar diferentes marcadores (CARVALHO et al., 2007).
- 5) Procurar e selecionar um programa para aplicação de RA que seja leve, fácil de usar e estável para aplicar os modelos humanos virtuais animados e associá-los a marcadores fiduciais, mostrando a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*.

I.2.2.f. Criar um questionário para avaliar o conhecimento teórico sobre o ushiro-ukemi

- 1) Elaborar e aplicar um questionário para verificar a aprendizagem teórica de aspectos essenciais para aprendizagem do *ushiro-ukemi*: reconhecimento da nomenclatura específica e o correto posicionamento do corpo para execução com segurança.
- 2) Procurar evidências de validade, fidedignidade, discriminação e dificuldade para o questionário e teste motor enquanto instrumento de avaliação da aprendizagem.

I.2.2.g. Promover a aprendizagem teórica do ushiro-ukemi

- 1) Aplicar o material didático digital nos alunos na sala de informática como livro digital.
- 2) Aplicar o material didático impresso associado ao Sistema de RA nos alunos, na sala de Educação Física, com os tatames.

I.2.2.h. Promover a aprendizagem prática do ushiro-ukemi:

- 1) Ministrara aula prática tradicional sobre o ushiro-ukemi, utilizando a sua progressão pedagógica.
- 2) Ensinar os alunos a executarem o ushiro-ukemi, usando o livro digital e depois na sala de Educação Física sobre os tatames, através da sua progressão pedagógica, utilizando diferentes métodos e mídias.
- 3) Utilizar o livro aumentado como mídia para o ensino do ushiro-ukemi, interferindo o mínimo possível no processo como professor.
- 4) Ministrara aula prática usando o sistema de RA baseado em projeção. Será necessário:
 - a. Ajustar o tamanho do *biped* ao tamanho aproximado dos alunos.
 - b. Promover a execução do ushiro-ukemi pelo aluno junto com o *biped* no sistema de RA baseado em projeção.

I.2.2.i. Verificar a aprendizagem:

- 1) Verificar a aprendizagem teórica por meio de um teste escrito.
- 2) Verificar a aprendizagem prática do ushiro-ukemi em pé.
- 3) Verificar o nível de aceitação alcançado pelos alunos ao participar da atividade com o sistema de RA, com o livro aumentado e com o sistema de RV.

I.3. Justificativa

Qualquer trabalho com RA já traz consigo algumas justificativas implícitas para comprovar sua importância. Azuma (2004) afirma que os pesquisadores têm se interessado por sistemas de RA por que esse tipo de sistema:

- *“Aumenta a percepção e a interação com o mundo real;*
- *Apresenta potencial para melhorias de produtividade em tarefas do mundo real;*
- *É um campo relativamente novo de estudo ainda com muitos problemas, mas muito progresso aconteceu recentemente.”*

Em geral, os sistemas de RA justificam sua importância pelos motivos apresentados acima, mas abordando especificamente este trabalho, ele se justifica, principalmente, pelos seguintes motivos:

- a) por criar um instrumento de visualização e/ou ensino inédito para a fatia de mercado da Educação Física e Esportes. Até o presente momento não se tem notícia de qualquer sistema de RA utilizado como instrumento de ensino para habilidades motoras esportivas, além dos publicados pelo próprio autor para fundamentar esse estudo. Nesses estudos, o sistema de RA sozinho ou associado a materiais didáticos impressos, pode ser usado para visualização do movimento em 3D e como proposta de ensino ao Judô. Sua aplicação precisa ser estendida aos demais Esportes e para Educação Física, pois adiciona valor ao livro didático. Os estudos prévios de Carvalho et al. (2005; 2006; 2007) permitiram inferir que esse estudo seja exequível. Resta agora verificar se o seu desenvolvimento e aplicação resultará num produto funcional, interessante, prazeroso, válido e viável;
- b) por haver uma demanda de softwares educativos, segundo Read (2006). Essa autora atribuiu à política de redução de preços dos computadores, à proliferação de consoles, assim como de plataformas dedicadas aos jogos nos países de primeiro mundo. Essa tendência começa a se estender, como uma onda, para os países em desenvolvimento. No Brasil, o governo do presidente Luiz Inácio “Lula” da Silva já apresentou o projeto de desenvolvimento de uma linha de computadores “econômicos” para serem usados nas escolas públicas, visando a inclusão digital e o financiamento de computadores a juros mais baixos pelo banco do governo. Apesar de não ser a realidade atual, é possível que dentro de poucos anos as camadas mais pobres da população tenham também acesso à informática. Portanto, o desenvolvimento de material educativo que, de fato, facilite a aprendizagem se faz obrigatória desde já,

- c) por ter utilidade social e se relacionar a uma população influente. Esse estudo se destina a servir diretamente aos praticantes de Judô. Todas as federações e ligas foram contatadas durante o levantamento feito, contudo só foram obtidas as seguintes quantidades de agremiações e atletas apresentados no quadro 1, segundo a resposta das instituições (5 federações e 6 ligas).

QUADRO 1: quantidade de agremiações e judocas por instituição

Instituição	Ano	Agremiações	Filiados	Competidores
Liga de Judô do Estado do Rio de Janeiro	2007	200	5231	3225
Liga Sergipana de Judô	2007	12	1012	
Liga de Judô do Distrito Federal	2007	50	2000	700
Liga de Judô do Estado de Alagoas	2007	8	200	180
Liga Sul Mineira de Judô	2007	32	930	400
Liga Pernambucana de Judô	2007	24	1780	500
Federação de Judô do Estado do Rio de Janeiro	2007	121	23986	2000
Federação Paulista de Judô	2009	928	-	-
Federação Metropolitana de Judô de Brasília	2007	52	9162	5000
Federação de Judô do Mato Grosso do Sul	2007	30	4000	1200
Federação Amapaense de Judô	2007	22	-	1421
Total levantado		1.479	48.301	14.626

Porém, o presidente da Confederação Brasileira de Judô, Paulo Wanderley (2007), em comunicação pessoal, afirma que:

*“a CBJ conta com 27 federações filiadas, isto, em todos os estados. Temos uma entidade organizada na modalidade Judô. Quanto ao número de atletas filiados, podemos dizer que são aproximadamente duzentos mil. Na verdade, de acordo com um estudo recente, são **dois milhões** o número de praticantes em todo o Brasil. Vale ressaltar que nem todos os atletas registrados nas federações são necessariamente inscritos na CBJ”.*

Posto que as entidades ligadas ao Judô concentram seus esforços em formar competidores, os números apresentados não refletem o total. Muitas agremiações e praticantes que não se interessam por competições não se filiaram a qualquer uma das entidades, como por exemplo: escolas, academias, Forças Armadas e clubes voltados a atividades sociais. O quantitativo total é, portanto, superior, mas já dá para se ter uma idéia da demanda que um material didático possa vir a ter.

Carvalho (1995) afirmou que os praticantes de Judô representam um estrato social numeroso e exigente.

“Essa clientela só pode praticar Judô porque tem poder aquisitivo para frequentar academias, clubes,

escolas particulares e, obviamente, pagar a taxa de matrícula e comprar a vestimenta adequada (quimono ou Judô-gui) que são exigidas. Tais pressupostos sugerem que o judoca, em geral, pertença a camadas de maior poder aquisitivo (econômico e social) e, ou de maior grau de instrução” (Carvalho, op. cit.).

Portanto, esse extrato da população sobrevive pela sua força de trabalho intelectual e dá valor ao conhecimento e a materiais didáticos de qualidade. Tal material servirá diretamente também a grupos sociais compostos por profissionais ligados a diferentes áreas como: Computação de Alto Desempenho, Realidade Aumentada, Educação, Educação Física, Judô e demais Esportes, editoras, fábricas de hardware, livrarias e bancas de jornal. Assim que materiais didáticos baseados em sistemas de RA assumirem o seu lugar no mercado, poderão gerar novas frentes de trabalho no seu desenvolvimento, distribuição e venda, fazendo circular dinheiro e impostos.

Todavia, cabe lembrar que este estudo verificará a eficácia da aplicação de sistema de RA e RV para o Judô especificamente, mas se validadas as suas aplicações este estudo também abrirá a possibilidade de aplicação para os demais Esportes e a Educação Física em geral. Este estudo poderá então:

1. ampliar as possibilidades de aplicação de sistemas de RA e RV voltados à visualização e ensino, pois lida com Esportes e Educação Física;
2. indicar novos questionamentos que propiciem a elaboração de futuras pesquisas e facilitem o trabalho de profissionais interessados em sistemas de RA e RV.

Esta tese pretende atender essa demanda e possui utilidade direta e indireta para os grandes e influentes grupos sociais citados acima.

I.4. Hipóteses:

H₀ O fato dos grupos experimentais (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) terem recebido tratamentos experimentais não os diferenciará significativamente do grupo controle (G₀) frente aos resultados da avaliação teórica e motora para o ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi*, através de sua progressão pedagógica tradicional, no grupo de escolares de 7 a 15 anos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II.

H₁ O fato do grupo G₁ ter feito aula prática regular o diferenciará significativamente do grupo controle (G₀) frente aos resultados da avaliação

teórica e motora para o ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi*, através de sua progressão pedagógica tradicional, no grupo de escolares de 7 a 15 anos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II.

H₂ O fato do grupo G₂ ter sido ensinado com o material didático com sistema de RA (livro aumentado) o diferenciará significativamente do grupo controle (G₀) frente aos resultados da avaliação teórica e motora para o ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi*, através de sua progressão pedagógica tradicional, no grupo de escolares de 7 a 15 anos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II.

H₃ O fato do grupo G₃ ter sido ensinado com sistema de RA baseado em projeção o diferenciará significativamente do grupo controle (G₀) frente aos resultados da avaliação teórica e motora para o ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi*, através de sua progressão pedagógica tradicional, no grupo de escolares de 7 a 15 anos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II.

H₄ O fato do grupo G₄ ter sido ensinado com Realidade Virtual (livro digital) e aula prática o diferenciará significativamente do grupo controle (G₀) frente aos resultados da avaliação teórica e motora (juntas) para o ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi*, através de sua progressão pedagógica tradicional, no grupo de escolares de 7 a 15 anos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II.

H₅ O fato do grupo G₅ ter sido ensinado com Realidade Virtual (livro digital) e aula prática o diferenciará significativamente do grupo controle (G₀) frente aos resultados da avaliação teórica e motora (separadas) para o ensino de uma habilidade motora específica: o *Ushiro-ukemi*, através de sua progressão pedagógica tradicional, no grupo de escolares de 7 a 15 anos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II.

O quadro 2 apresenta a caracterização dos grupos e metodologias.

QUADRO 2: Grupos e seus tratamentos.

Grupo	Tratamento	Avaliações
G ₀	Controle (nenhum tratamento foi aplicado)	teórica, prática
G ₁	Aula prática regular	teórica, prática e da aceitação
G ₂	Material didático com sistema de RA (livro aumentado)	teórica, prática e da aceitação
G ₃	Sistema de RA baseado em projeção	teórica, prática e da aceitação
G ₄	Realidade Virtual (livro digital) + aula prática juntas	teórica, prática e da aceitação
G ₅	Realidade Virtual separada (livro digital) + aula prática	teórica, prática e da aceitação

1.5. Delimitação

Azuma (2004) alega que a RA seja uma área em desenvolvimento com várias áreas interessantes de pesquisa, incluindo:

- RA portátil ou móvel,
- Técnicas de interação,
- Design de interface,
- Localização e registro,
- Tecnologia de display,
- Arquitetura de software,
- Estudo voltado ao usuário.

Este trabalho se limitará a criar animações 3D, inseri-las num material didático digital e num sistema de RA e de RV para promover um estudo voltado ao usuário interessado na visualização e ensino-aprendizagem do *Ushiro-Ukemi* do Judô. Na sua aplicação o material didático e o sistema de RA e de RV poderão permitir momentos de maior ou menor interação.

Cabe lembrar que os estudos preliminares, norteados por cada um dos objetivos específicos e seus respectivos objetivos operacionais, terão delimitações também específicas. A validação da animação 3D terá como sujeitos os especialistas em Judô e Educação Física. No estudo principal, que verifica a eficácia dos métodos de ensino através da verificação da aprendizagem, os sujeitos serão os alunos do Colégio Pedro II.

É bom deixar claro que este estudo não pretende criar opções para substituir ou diminuir a atuação do professor. Este estudo se baseia no pressuposto que qualquer material didático deveria servir apenas como elemento complementar à formação motora do aluno durante o processo de apropriação de uma competência motora ministrada pelo professor. Todavia nem sempre é possível se engajar num sistema de ensino presencial, como acontece em localidades remotas que não apresentam qualquer infra-estrutura para oferecer um ensino presencial com a assistência de um professor e, portanto, optam pelo ensino à distância. Contudo deve-se reforçar que o presente trabalho não se destina a servir como mídia para o ensino à distância, mas como material apêndice ao ensino presencial ou semi-presencial.

CAPÍTULO II

O ESTADO DA ARTE

II.1. Contextualizando a Realidade Aumentada

Uma forma de se explicar o que vem a ser Realidade Aumentada (RA) é situá-la como uma das etapas dentro do *continuum realidade-virtualidade*. Essa transição ou passagem do contexto do Ambiente Real (AR) para o do Ambiente Virtual (AV) foi primeiramente apresentada e explicada como sendo um *continuum* que vai da realidade à virtualidade e vice-versa. Ele foi proposto por Milgram & Kishino (1994). A versão de Verlinder et al. (2003a) que desmembra a Realidade aumentada e inclui outros aspectos em função da tecnologia apresentada e da proximidade com o Ambiente Real ou Virtual (figura 1).

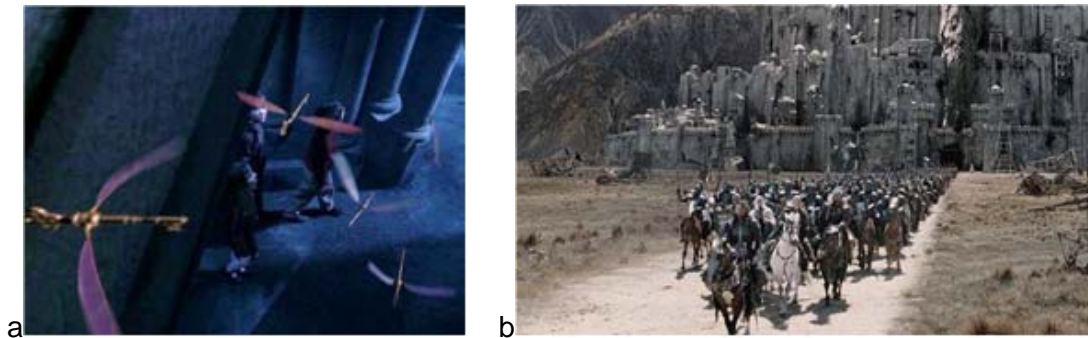


FIGURA 1: Representação do Continuum de Realidade Misturada.

Nesse continuum da Realidade Misturada (RM), estão nos dois extremos: o Ambiente Real (AR) e o Ambiente Virtual (AV). Entre eles existem instâncias onde o real e o virtual se misturam em diferentes níveis.

A Virtualidade Aumentada (VA) representa o nível de interação onde se inserem elementos reais como: atores, animais, plantas, mobília e etc. dentro de um Ambiente Virtual. A indústria do cinema nos premia com filmes onde se observam atores como Harry Potter, por exemplo, inserido

numa escola virtual (Hogwarts) e interagindo com o ambiente, seres e animais virtuais (figura 2a), ou como no filme Senhor dos Anéis (figura 2b).



FIGURAS 2: (a) Harry Potter e amigos numa sala da escola Virtual (Hogwarts) procurando uma chave voadora e (b) a cavalaria do Senhor dos Aneis saindo de uma cidade virtual.

Pode-se observar que tanto no Ambiente Virtual (ou Realidade Virtual), usado nos *vídeos games*, quanto na Virtualidade Aumentada, os personagens e objetos estão imersos num ambiente virtual. Diferentemente a RA acontece imersa no Ambiente Real.

Após essa contextualização da RA, vale a pena afirmar que este estudo aceita o enquadramento da RA no continuum proposto e que a VA e o AV não serão mais abordados além do que já foram, pois o foco será sobre RA apenas.

No caso da Realidade Aumentada (RA), o oposto da VA se observa, pois tudo se processa num **ambiente real**, onde se inserem **personagens e objetos virtuais** (figuras 3).



FIGURAS 3: elementos virtuais inseridos no Ambiente Real sobre marcadores fiduciais (Garbin et al., 2004).

Na figura anterior observa-se o funcionamento de um sistema de RA, onde elementos virtuais: um boneco de neve em 3D, na foto à esquerda, uma imagem do Homem-Aranha em 2D, na foto central, e um boneco, um macaquinho, uma ave e um cachorro em 3D, na foto à direita, foram inseridos no Ambiente Real sobre um marcadores fiduciais que o apresentador segurava (Garbin et al., 2004).

Algumas definições de RA têm aparecido na literatura e nos meios de comunicação, como por exemplo:

*“Que é realidade aumentada? A realidade aumentada é uma nova forma de interação entre os seres humanos e a tecnologia em que ao usuário é dada a informação visual suplementar, para o exemplo, através dos **data-glasses**. Esta informação suplementar é, contudo, dependente do contexto, por exemplo, um componente é extraído e encaixado ao objeto real que está sendo visto. O que um técnico vê realmente será complementado aqui por uma representação visual das instruções apropriadas e relevantes para o componente. Neste caso a realidade aumentada pode substituir o velho manual” (ARVIKA, 2003).*

Mas esta parece estar mais relacionada à utilização da RA na construção e manutenção de equipamento, motores, aeronaves e etc., deixando de apresentar alguns outros pontos importantes sobre o assunto.

“Uma “área de investigação” que pretende desenvolver mundos que combinem o mundo real observado pelo utilizador, com uma cena virtual gerada por computador e que aumente o mundo real, com informação adicional e com os quais o utilizador possa interagir em Tempo Real. O Objectivo (Utópico ?) é criar um sistema tal que o utilizador não consiga distinguir o mundo real do virtualmente aumentado. Ao utilizador de tal “utopia” parecer-lhe-ia estar a “viver” num mundo perfeitamente real. A RA é uma área de investigação interdisciplinar. É importante dotar os investigadores de instrumentos de colaboração. A RA é uma área de investigação relativamente nova, conceitos, vocabulário, enquadramentos, tecnologias, metodologias por sedimentar. A RA é uma área de investigação em crescente desenvolvimento. Os estados da arte desactualizam-se em meses” (Braz, 2006).

Esta definição caracteriza a RA, mas admite haver um desejo de que o elemento virtual anexado seja confundido com o Ambiente Real e nem sempre isso é desejado ou interessante para o usuário, principalmente quando o uso é para manutenção de equipamento ou militar. Portanto este trabalho aceita a definição de Azuma (2001) para Realidade Aumentada (RA):

“um sistema de RA suplementa o mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir no mesmo real mundo. Enquanto muitos investigadores alargam a definição de RA além desta visão, nós definimos que um sistema de RA tem as seguintes propriedades:

- 1. combina objetos reais e virtuais em um ambiente real;*
- 2. transcorre interativamente, e em tempo real;*
- 3. e registra (alinha) objetos reais e virtuais entre si.”*

Há momentos onde o sistema de RA suprime um objeto real da cena no AR para apresentar com um objeto virtual sobrepondo o real (figura 4). No Archeoguide Project que as

ruínas do Ambiente Real foram suprimidas para sobrepor a construção grega que já não existe mais ali. Essa supressão também é chamada de realidade diminuída ou mediada (Azuma et al., 2001).



FIGURA 4: Sistema de RA ou realidade diminuída do Archeoguide Project.

II.2. Breve Histórico

Assim como para a Realidade Virtual, o grande marco histórico da RA aponta para a tese de doutorado de Ivan E. de Sutherland, no MIT, e seu artigo “*Sketchpad: a Man-machine graphical Communication System*”, em 63. Dr. Sutherland introduziu conceitos como modelagem computacional 3-D, simulações visuais, “*computer aided design*” (CAD) e Realidade Virtual. Sutherland e Sproull desenvolveram um sistema Head-Mounted-Display (HMD) *see-through* (de lente transparente para ver através dela) com sensor de localização para apresentar gráficos 3D, em 1966 (figuras 5).



FIGURAS 5: Sistema HMD *see-through* de Sutherland e Sproull (Azuma, 2004)

No início dos anos 90 a empresa Boeing Computer Services alcunhou o termo RA. Hoje em dia essa companhia desenvolve pesquisas e tecnologias, inclusive com fins militares, como no trabalho para a NASA (Memi, 2006).

Na primeira metade dos anos 90 surgiu o Projeto de Visualização por ultra-som UNC *Ultrasound/Medical Augmented Reality Research*. O grupo de pesquisa desenvolve um sistema de RA que permite um médico veja diretamente dentro de um paciente ao operá-lo. O sistema combina as imagens gráficas da ecografia por ultra-som, imagens de laparoscopia de amplitude, a exibição de vídeo em Head-Mounted Display (HMD), e um computador de gráficos de alto-desempenho para criar imagens ao vivo que associam a imagem gerada pelo computador com a imagem ao vivo em vídeo do paciente em tempo real durante a cirurgia (figura 6).

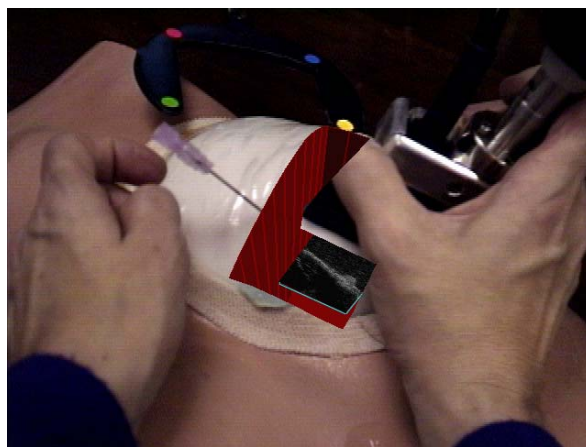
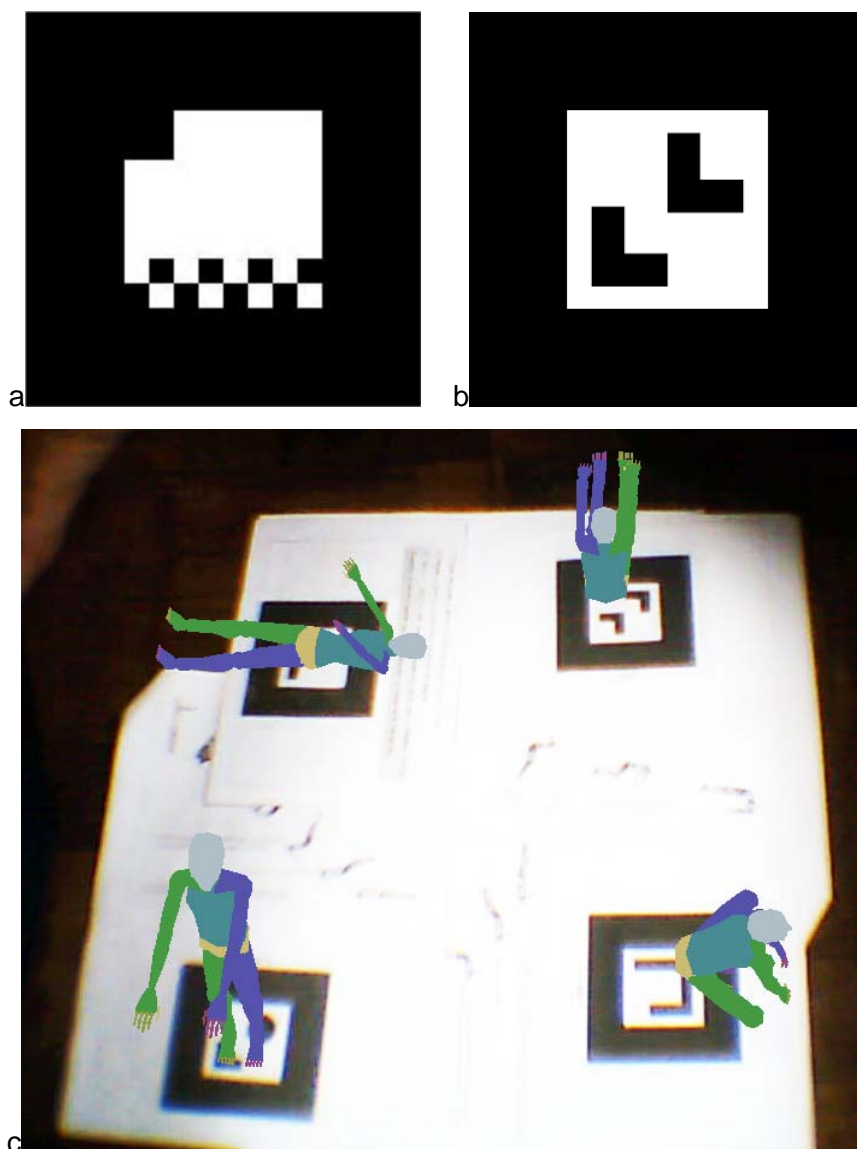


FIGURA 6: Biópsia mamária guiada por ultra-som.

Ainda durante os anos 90 observou-se uma massa crítica de trabalhos suficiente para caracterizar RA como área ou objeto de estudo (Azuma et al., 2001), o que possibilitou Azuma (1997) fazer o primeiro levantamento do estado da arte, definir RA como área de estudo e apontar seus problemas e limitações. Um dos problemas encontrados residia na capacidade de registro restrita a uma limitada gama de pontos de vista quando o usuário mantinha a cabeça parada. Em 94, Azuma & Bishop conseguiram aprimorar a estabilidade, acoplando um localizador opto-eletrônico e calibração adequada para os registros estáticos, permitindo maior amplitude ângulos visão e posições. Sensores inerciais e algoritmos de predição de futuras posições da cabeça aumentaram a acurácia para os registros dinâmicos no HMD.



FIGURAS 7: Exemplo de marcador fiducial usado pelo DART(a), pelo MrPlanet (b) e com modelos virtuais associados executando o *ushiro-ukemi* (c).

Além desses estudos citados, alguns outros nos anos 90 aprimoraram os sistemas de RA. Por exemplo, Bajura & Neumann (1995) desenvolvem o algoritmo para **vincular o objeto virtual** a um **marcador (fiducial)** no mundo real. Com esse algoritmo, pela posição em que o marcador 2D se encontra é calculada a sua posição em relação à câmara e se faz a correção da posição do objeto virtual já numa perspectiva (figuras 7 e 8).



FIGURAS 8: Marcadores fiduciais de diferentes tamanhos e modelos virtuais associados.

Se a câmera ou o marcador chegarem mais perto um do outro, a imagem do marcador aumenta de tamanho e o objeto aumenta de tamanho proporcionalmente dando a impressão que o usuário chegou mais perto. Se o marcador fica distorcido por causa da perspectiva, o algoritmo interpreta isso e corrige a posição do objeto virtual.

Essa necessidade de localização e de precisão se mostrou fundamental no caso da aplicação do sistema de RA na área médica, principalmente durante cirurgias. A *UNC Ultrasound/Medical Augmented Reality Research* investiu esforços até desenvolver um sistema de localização híbrido integrando a localização magnética com a visual (State et al., 1996).

Com tal desenvolvimento e o potencial de desenvolvimento e aplicação futuros, em 1998 foi promovido o evento intitulado: The First IEEE Workshop on Augmented Reality (IWAR) '98. Nesse final dos anos 90, começam também os sistemas de RA com mais de um usuário simultaneamente - sistema colaborativo de RA. Também começam a se desenvolver sistemas de RA para espaços abertos (outdoor), sistemas interativos de RA e sistemas de RA aplicados à transmissão esportiva. Em 99, a empresa Siemens cria o projeto e consórcio ARVIKA investe nas aplicações de RA para diferentes fins que atuam na indústria automotiva e aeronáutica.

Em 2001, MacIntyre et al. já apontava novos caminhos para RA, propondo que ela fosse aplicada em áreas de maior interesse, como entretenimento e educação, por exemplo, além de manutenção de equipamentos.

Congressos

Os eventos sobre RA começaram em 98 e foram convergindo e se aglutinando em um único evento maior em nível mundial por ano, o ISMAR. Embora diversos outros eventos insiram a RA no seu rol de temas, como o Computer Graphics International Conference, até hoje tivemos cerca de 15 grandes eventos específicos internacionais. São eles:

- Eighth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality – ISMAR 2009, em Outubro 19-23, 2009, Orlando, Florida, Estados Unidos da América.
- Seventh IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality - ISMAR 2008, em setembro 15-18, 2008, Cambridge, Reino Unido.
- Sixth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2007, em Novembro 14-17, 2007, Nara, Japão.
- Fifth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2006, em Outubro 22-25, 2006, Santa Bárbara, CA.
- Fourth IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2005, em Outubro 5-8, 2005, Viena (Áustria).
- Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2004, em Novembro 2 - 5, 2004, Washington DC.
- Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2003, em Outubro 8 - 10, 2003, Tokyo (Japão).
- Dois workshops aconteceram juntos em Outubro 7:
 - STARS - International Workshop on Software Technology for AR Systems e
 - The International Workshop on Potential Industrial Applications of Mixed and Augmented Reality.
- International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2002, de Setembro 30 a Outubro 1, 2002, Darmstadt (Alemanha). Esse simpósio aglutinou outros dois bem sucedidos simpósios ISMR e ISAR.

- Second International Symposium on Mixed Reality (ISMR) 2001, em Março 14-15, 2001, Yokohama (Japão).
- IEEE, ACM, and Eurographics International Symposium on Augmented Reality (ISAR) 2001, em Outubro 29-30, 2001, New York, NY (EUA).
- IEEE, ACM, and Eurographics International Symposium on Augmented Reality (ISAR) 2000, em Outubro 5-6, 2000, Munique (Alemanha).
- First International Symposium on Mixed Reality (ISMR) 1999, em Março 9-11, 1999, Yokohama (Japão).
- The Second IEEE Workshop on Augmented Reality (IWAR) '99, em Outubro 20-21, 1999, São Francisco, CA (EUA).
- The First IEEE Workshop on Augmented Reality (IWAR) '98, em Novembro 1, 1998, São Francisco, CA (EUA).

No Brasil, a Comissão Especial de Realidade Virtual da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) tem promovido, com certa regularidade, o Symposium on Virtual Reality nos anos de 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, mas em 2007 o evento passou a se chamar *Symposium on Virtual and Augmented Reality*. Portanto, o pesquisador tem como apresentar seu trabalho, trocar idéias com seus pares e publicar em nível nacional e internacional sobre o tema RA.

II.3. Tecnologia necessária para um sistema de RA

Um sistema de RA depende de certos *hardwares* (aparelhos eletrônicos) organizados num mínimo arranjo para poder funcionar. Os estímulos (*inputs*) são recebidos pelos *hardwares* periféricos, armazenados temporariamente na memória RAM e processados pelo conjunto formado pelo processador, placa-mãe e placa gráfica, que usam as informações já armazenadas no HD (bibliotecas, programas, objetos virtuais e etc.). Então o sistema de RA dá a sua resposta (*outputs*), geralmente projetando personagens, filmes, objetos (2D ou 3D) e emitindo sons. Mas a resposta também pode vir em forma de sensações cinestésicas, cheiro ou gosto. Tais formas de respostas sensoriais combinadas já haviam sido sugeridas em 1956, por Morton Heilig, quando criou o Sensorama. Todavia a maior parte dos estudos sobre RA apresenta *outputs* visuais e auditivos (quadro 2).

Imagem inicial	Periféricos de ENTRADA de dados (<i>INPUT</i>)	CPU	Periféricos de SAÍDA de dados (<i>OUTPUT</i>)	Resultado final
Ambiente Real	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Câmera ➤ Luva ➤ HMD ➤ microfone ➤ Traçador de posição (mecânico, ótico, magnético e etc.) 	1) Processador 2) Placa-mãe 3) Placa gráfica 4) HD 5) Bibliotecas 6) Software 7) Elemento virtual	1. Monitor 2. Projetor 3. HMD 4. Audio 5. Luva com force feed-back 6. outros?	Ambiente Aumentado = Ambiente Real + Elementos virtuais

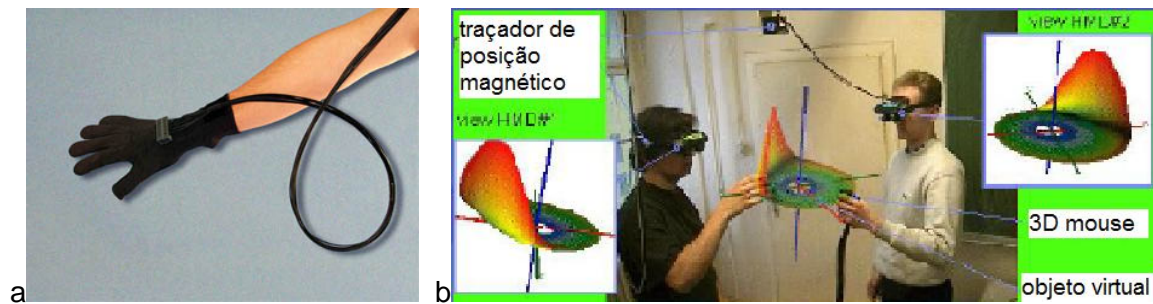
QUADRO 3: Tecnologia necessária para a Realidade Aumentada.

Em sistemas de RA, o som pode ser sintetizado pelo computador ou capturado do ambiente real e associado (figuras 9). Até mesmo podem ser aplicados comandos de voz para promoverem mudanças de comportamento nos objetos virtuais. A interação entre ambientes virtuais e reais com o usuário pode ser feita através da captura de: imagens por câmera digital, *webcam* e HMD; sons ou comandos de voz (Fernandes & Pizzolato, 2004) através de um microfone; posição no espaço através do mouse, joysticks, joypads ou até mesmo de luvas (figura 10a), localizadores magnéticos de posição e acelerômetro. Estes últimos são comumente acoplados ao HMD formando um sistema híbrido gerador *inputs* para os sistemas.



FIGURAS 9: Fontes de *input* visual e auditivo: webcam(a), filmadora(b) digital e microfone(c).

Para melhor registro de posição foram desenvolvidos sistemas de RA híbridos (figura 10b) que combinam a informação visual da câmera com localizador de posição magnético (You et al., 1999) ou então combinando a informação visual com um acelerômetro (Yokokohji et al. 2000).



FIGURAS 10: Outras fontes de input: (a) luva (5DT glove MRI), (b) localizador magnético de posição, mouse 3D e HMD e HMD com acelerômetro acoplado no desenho (Szalavári et al., 1998).

O Head-Mounted Display (HMD) ou também chamado Head-Worn Display (HWD), segundo Azzuma et al. (2001), é um aparelho eletrônico que tanto captura a imagem do que está sendo visto com uma pequena câmera embutida, quanto apresenta o resultado (*output*) promovido pelo sistema de RA.

Em função desta variedade de *hardwares* de *output* de imagem existe a classificação dos sistemas de RA, onde se tem: sistemas de RA baseados em HMD, em monitor (*display*) e em projeção.

II.3.1. SISTEMAS DE RA BASEADOS EM HMD

Existem várias marcas de HMD hoje em dia que permitem apresentações em 3D estereoscópico, 2D monoscópico, monocular. Em relação à arquiteturas dos HMDs, existem 3 básicas distintas:

II.3.1.a. HMD see-through ótico – o usuário vê através de uma tela de display transparente que combina a imagem do Ambiente Real com o elemento virtual que é projetado do monitor (figura 11).



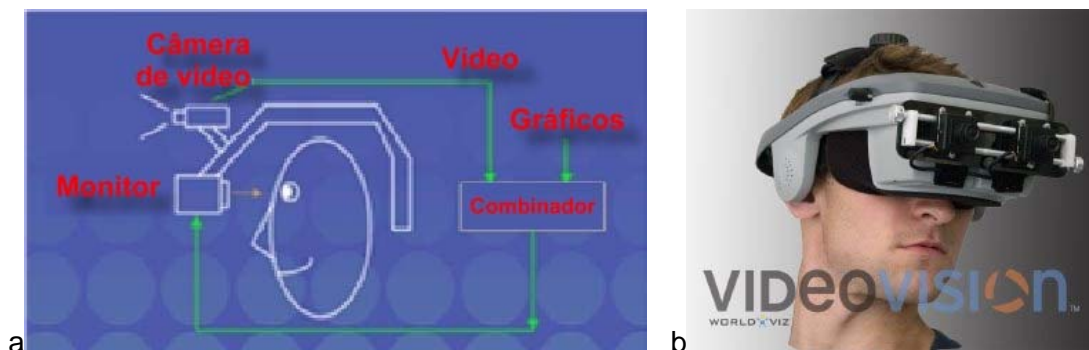
FIGURA 11: HMD see-through ótico (Azuma, 2004).

O mercado tem apresentado algumas opções deste tipo de HMD. Na figura a seguir são apresentados o modelo maior e mais pesado da Sony e o mais leve da Minolta (figuras 12). Eles utilizam diferentes tecnologias para inserir o elemento virtual no campo de visão do usuário.



FIGURAS 12: HMD see-through ótico 3D stereo: Sony Glasstron(a), e Konica Minolta(b) *wearable display*.

II.3.1.b. HMD see-through de vídeo – nessa estruturação de HMD o usuário não vê diretamente o Ambiente Real, isso é feito por uma câmera no HMD, que envia a imagem para a CPU que combina com o gráfico virtual (figuras 13). A imagem combinada com os gráficos virtuais é enviada ao monitor na frente dos olhos do usuário.



FIGURAS 13: Estrutura do HMD see-through de vídeo(a), modelo do mercado (b).

Além do HMD existem outros aparelhos eletrônicos (*hardwares*) periféricos que permitem a visualização aumentada, como projetor (data-show) e monitores de *desktops*, *notebooks*, *tablets*, *handhelds* e de celulares (Azuma, 1997 e 2004; Azuma et al., 2001; Akagi & Kirner, 2004; Kirner et al., 2004; Santin & Kirner, 2004; Silva et al., 2004).

Comparando as duas formas de output do sistema de RA, o HMD see-through ótico e de vídeo, ambos tem vantagens e desvantagens. O ótico tem a vantagem de permitir a visualização do ambiente real em tempo real, todavia a imagem do objeto virtual fica meio clara, transparente como se não fosse real. O HMD see-through de vídeo apresenta um pequeno retardo devido ao

processamento das imagens do mundo real e do objeto virtual, mas a visualização do objeto virtual fica mais nítida e melhor inserida no contexto real apresentado.

II.3.2. SISTEMAS DE RA BASEADOS EM MONITOR

Os sistemas de RA baseados em monitor possuem as configurações mais simples e fáceis de se encontrar, pois só necessitam de uma *webcam*, um computador e seu monitor.

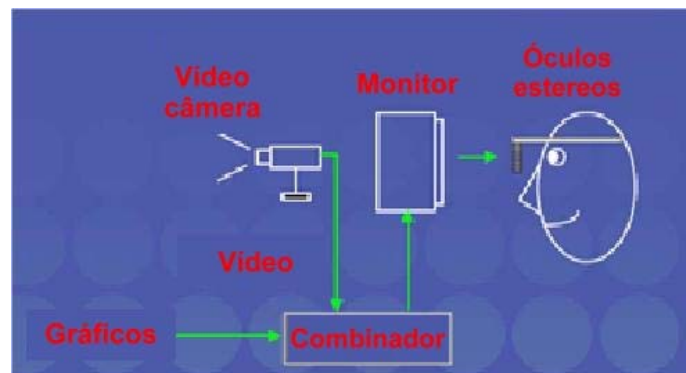


FIGURA 14: Sistema de RA baseado em monitor (Azuma, 2004).

Por essa razão são geralmente usados em pesquisas nas universidades e laboratórios. A utilização de óculos estereoscópicos é opcional (figura 14).

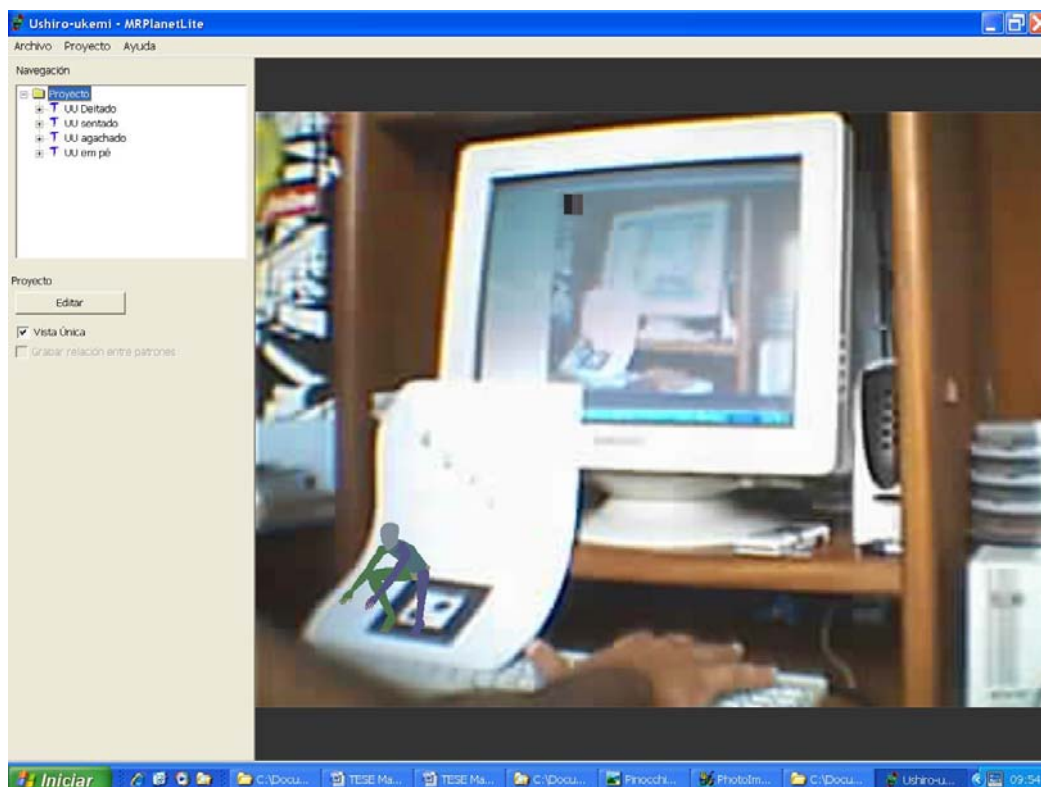


FIGURA 15: Sistema de RA baseado em monitor mostrando o *ushiro-ukemi*.

No presente estudo, os sistemas de RA se basearam no monitor de um desktop comum quando foram desenvolvidos (figura 15). O computador usado também poderia ter sido um notebook, tablet (figuras 18), ou um *handhelds* (figuras 16) que possuísem câmera e um display.



FIGURAS 16: sistema de RA baseado em *handheld* (Wagner & Schmalstieg, 2006).

Os sistemas de RA foram se adequando para serem usados em diferentes *hardwares* conforme a tecnologia foi evoluindo, podendo dar vazão às necessidades de mobilidade do usuário para atuar em vários lugares e situações, inclusive em espaços abertos (figuras 17).



FIGURAS 17: sistemas de RA baseados em *notebook* e *tablet* (MacIntire et al., 2004b).

Na figura 18 pode-se observar a aplicação de sistemas de RA à telefonia móvel (Moehring et al., 2004) de modo semelhante ao feito no handheld.

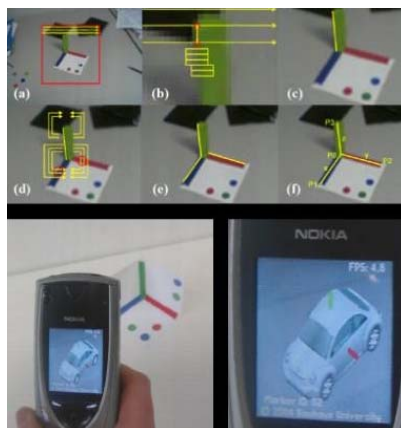


FIGURA 18: Sistema de RA aplicado a um telefone celular.

No desenvolvimento deste estudo, os objetivos específicos 1, 2 e 3, que tratam da criação dos sistemas de RA, foram baseados em monitor, isso é, webcam, computador e monitor. Os objetivos 5 e 6, que tratam do download, instalação e execução do sistema de RA aqui desenvolvido, possivelmente, serão baseados em monitor pelos usuários, por ser esta a estrutura de sistema mais comum de ser encontrada.

II.3.3. SISTEMAS DE RA BASEADOS EM PROJEÇÃO

Os sistemas de RA mais simples baseados em projeção são compostos por uma câmera, computador e um projetor (*data-show*). Segundo a representação de Nomura et al. (2006) de um sistema de RA, a imagem do canto da parede em azul possui um desenho impresso específico (marcador fiducial) posto no chão. Este desenho, o marcador fiducial, é filmado pela *webcam*.

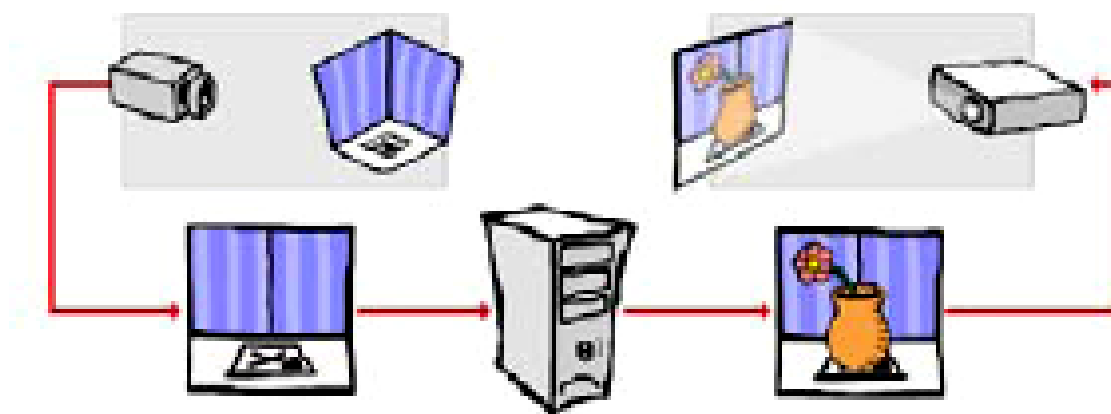


FIGURA 19: Exemplo da estruturação mínima de um sistema de RA baseado em projeção (Nomura et al., 2006).

A imagem é transmitida à Unidade Central de Processamento (CPU), onde é identificado pelo sistema de RA, fazendo com que o programa (*software*) determine a aparição de um vaso de

flores sobre o marcador. Na imagem do ambiente real é inserido um objeto virtual, o vaso de flôres, no caso. O projetor (*data-show*) emite a imagem combinada e, finalmente, se pode visualizar o vaso de flores no canto da parede sobre o marcador fiducial como mostra a figura 19.

No trabalho de Raskar & Low (2001) foi construído um sistema de RA interativo, onde o rapaz rabisca virtualmente a parede com textura virtual em tempo real. Bluteau et al. (2005) desenvolveram um sistema de RA baseado em projeção, usando uma câmera e marcador térmicos que capta a radiação infra-vermelha do corpo. O sistema abre possibilidades de aplicação na medicina.

Todavia há diferentes possibilidades de se enriquecer o trabalho com sistema de RA baseado em projeção. Uma delas é contando com imagens sobrepostas na projeção, para isso pode-se usar apenas um projetor que já contenha essa composição de imagens sobrepostas ou com dois ou mais projetores, permitindo maior interação através da estereoscopia como fez Nomoura et al. (2006) numa peça de teatro infantil, onde uma planta carnívora “saia” da tela para tentar comer as crianças que usavam óculos com lentes azuis e vermelhas para dar a sensação de estereoscopia 3D.



FIGURAS 20: luva com *force feed-back*.

Todavia, cabe lembrar que a forma de resposta (*output*) não precisa ser apenas visual, os sistemas de RA têm apresentado respostas também em forma de som (Forte et al., 2006) ou através de percepção cinestésica (*háptica*) pelas luvas com *force feedback* (figuras 20). Este tipo de material gera, por exemplo, uma resistência ao agarre para que o usuário tenha a percepção cinestésica da posição dos seus dedos e da quantidade de força que precisará fazer para agarrar um objeto virtual.

O presente estudo usou sistemas de RA com projeção. Eles eram compostos por *webcam*, computador, *data-show* e tela para demonstrar a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* (figura 20). Assim foi possível demonstrar em tempo real a execução do humano virtual de modo que o aluno executasse o movimento simultaneamente. Ao se observar no telão, ele pode corrigir seu movimento em termos de proporção e ritmo temporal conforme o do humano virtual. Deste modo o telão proveu *feedback* ao aluno.

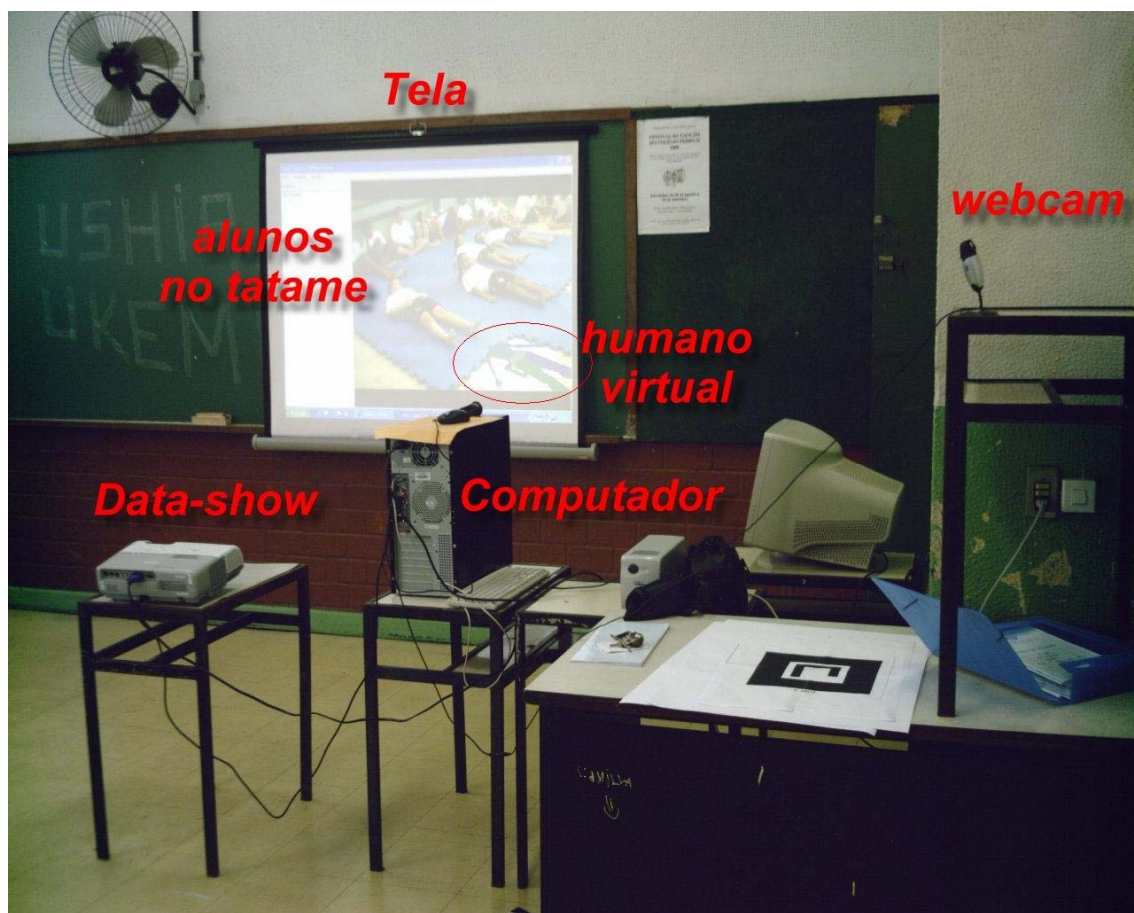


FIGURA 21: Sistema de RA com projeção mostrando o *ushiro-ukemi*.

II.4. Aplicações de sistemas de RA

Sistemas de RA têm sido aplicados em diferentes áreas inserindo informações e elementos virtuais ao cenário real: Militar (Livingstone et al. 2002; Livingstone, 2003; Julier, 2000; Livingstone, 2004; Brown et al., 2005 e Livingstone, 2006), Medicina e Enfermagem (Fonseca, 2009), Arquitetura, Engenharia e Construção civil (Wang e Dunston, 2006; Cunha & Fernandes, 2006), Instalação e manutenção de equipamentos (Azuma, 2004), Prototipagem (Verlinder et al., 2004; Verlinder et al., 2003b), Música (Barakonyi & Schmalstieg, 2005), Astronomia (Lintu & Magnor, 2006), Farmacologia e bioquímica (Gillet et al. 2004), Entretenimento (Vieira et al., 2006; Dow et al., 2007; Bluestein, 2007) e Museus (Schmalstieg & Wagner, 2005; Braga, 2007). Mas para os objetivos deste estudo é obrigatório apontar as seguintes aplicações:

- **Esportes**

O trabalho voltado a televisão parece ser promissor em função do volume de recursos financeiros que envolvem a transmissão esportiva (figura 22).



FIGURA 22: Jogador de Pelota Mexicana e anuncio da Vicon em RA mostrando oclusão (Olaizola, Martirena & Kammann, 2006)

Atualmente se dispõe de um periódico científico voltado especificamente para aplicações da tecnologia de Realidade Misturada na Televisão. Ele publica também trabalhos sobre sistemas de RA: Journal of Virtual Reality and Broadcasting.

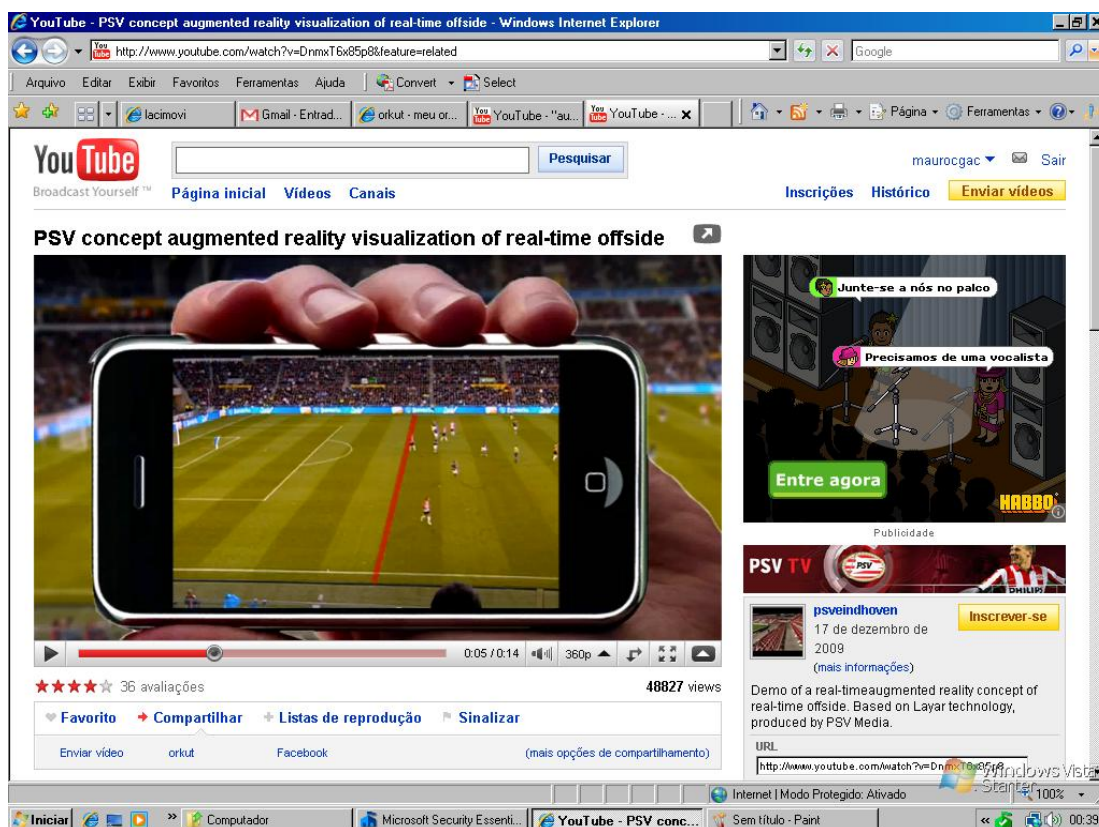


FIGURA 23: Marcação de impedimento com linha vermelha.

Contudo há muito mais a se fazer pelo Esporte e pela Educação Física do que limitar essa tecnologia a visualização de linhas do campo, linha de impedimento (figura 23), da distância da bola à barreira e ao gol e de anúncios na TV.

Posto que o hardware necessário para a implementação de RA tem ficado cada vez menor e portátil. Bruegge & Smailagic (2006) fazem uma abordagem para o desenvolvimento de sistemas de RA ubíquo voltados para atividade física, para a aprendizagem de movimentos e para prática de yoga, dentre outros. O sistema permite interatividade e alterações mesmo durante o seu uso através do ambiente *General User Interface – GUI*. A proposta traz aspectos inovadores para a área.

Os autores dividem e explicam o ensino de habilidades motoras em 4 etapas: preparação, explicação, demonstração e prática, confirmando a importância da orientação do professor nesse processo, mas, em contra-partida, alegam que o professor não pode estar presente o tempo todo durante a prática e sugerem a aplicação do seu “produto”. Tal pressuposto é, pelo menos, falacioso e perigoso. Com certa tolerância, pode-se dizer que os autores parecem desconhecer a dinâmica do processo ensino-aprendizagem de habilidades motoras, principalmente quando elas apresentam certo grau de dificuldade, o que poderia levar o aluno a uma lesão acidental. Professor nenhum sai da aula e deixa os alunos sozinhos em meio ao processo de ensino-aprendizagem. Ele pode ser processado criminalmente por negligência e ter seu registro cassado pelo Conselho Regional de Educação Física.

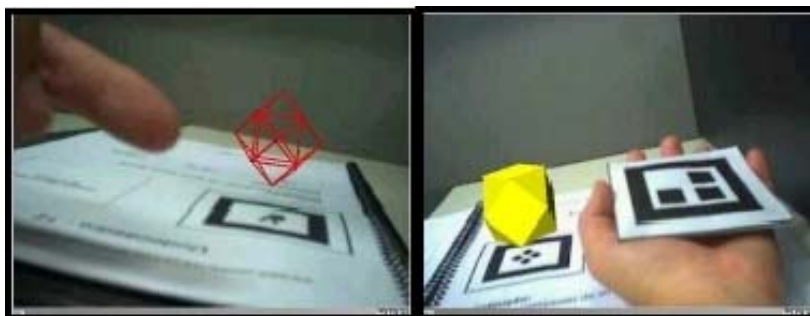
Todavia eles apontam para aspectos que devem ser controlados durante o desenvolvimento de um sistema de RA para o ensino de uma habilidade motora:

- | | |
|---|---------------------------|
| a) “Adaptabilidade, | d) <i>Feedback</i> , |
| b) <i>Não-interferência</i> , | e) <i>Anotações</i> , |
| c) <i>Suporte para tentativa-e-erro</i> , | f) <i>Aprendizagem</i> .” |

Essa tecnologia ainda está sendo muito pouco explorada pelos profissionais da área, podendo ser aplicada na visualização, ensino, treinamento e análise de movimentos gímnico-desportivos.

▪ Educação

Estudos nacionais e estrangeiros mostram a aplicação de sistemas de RA na Educação, pois a “(...) *evolução dos recursos de computação de hardware e software permitiu o desenvolvimento em*” técnicas de visualização (Lahr et al., 2004), visualização de objetos virtuais que aparecem fora de um material instrutivo em real ambiente com propósito educacional (figura 24), até mesmo para crianças com deficiência auditiva (Garbin et al. 2004).



FIGURAS 24: Livro aumentado de Geometria e RA (Akagi & Kirner, 2004).

Dentre os estudos no cenário internacional e nacional, dois podem ser destacados: 1) *The eyeMagic Book* - McKenzie & Darnell (2003) não desenvolveram apenas um material para contar histórias, mas permitiram que os alunos interagissem com a interface do programa e dirigissem o roteiro e contando a história conforme a sua vontade e imaginação. Eles usaram o *Animat8r* para modelagem e animação (figura 25).



FIGURAS 25: Crianças lendo o livro aumentado e desenvolvendo animações.

2) LIRA – Livro Interativo com Realidade Aumentada é um projeto nacional (Kirner & Ferraz, 2006) para servir como material didático para o ensino de matemática literatura, e estudos sociais, mas só estudos sociais e matemática foram implementados (figura 26). Ele usaram os seguintes softwares de código aberto (livres) para o seu desenvolvimento: ARToolkit para criação dos sistema de RA, Inkspace para editoração eletrônica de imagens e documentos, Blender para modelagem e edição de mundos 3D, GIMP para tratamento de imagens.



FIGURA 26: Página de matemática do LIRA.

Carvalho et al, (2005; 2006; 2007) afirmam que marcadores impressos dentro de livros de texto podem ser muito úteis em materiais com propósitos educacionais em geral e na Educação Física e Esportes (figura 27).

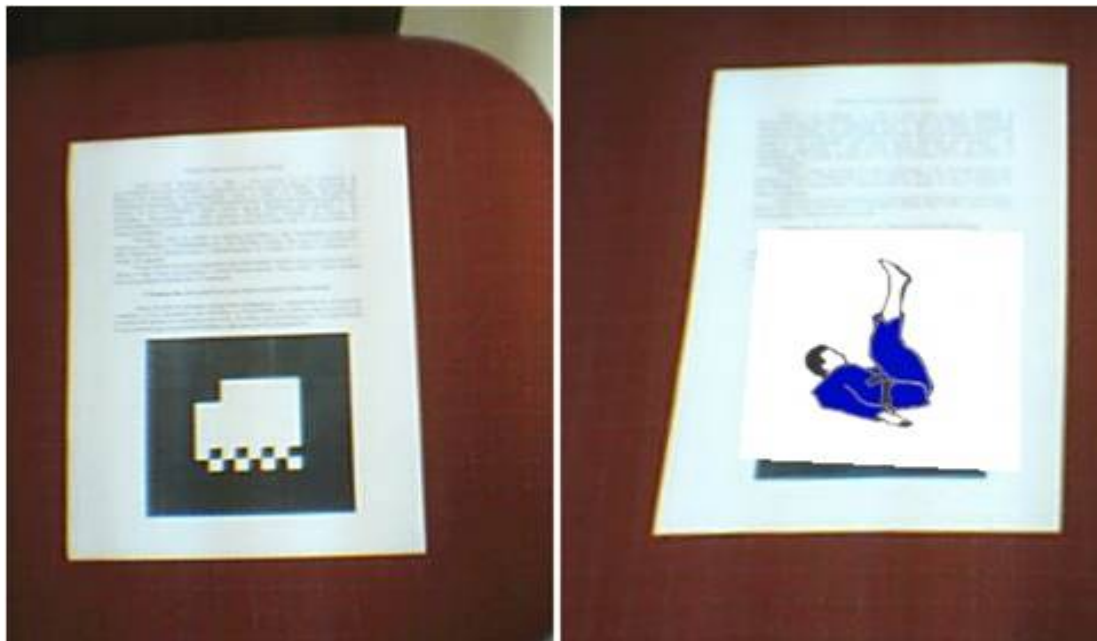


FIGURA 27: animação 2D associada a marcador fiducial numa apostila de Judô.

Cabe lembrar que esse estudo de revisão resultou numa palestra proferida sobre Realidade Aumentada na Educação Física e no Esporte, durante o Congresso Euro-Amricano de Motricidad Humana, em Murcia, Espanha, e num artigo de revisão publicado nos seus anais (Carvalho, 2009d).

II.5. Criação do modelo humano virtual

Posto que os sistemas de RA deste estudo usem um humano virtual animado, cabe fazer uma breve revisão sobre seus diferentes processos de criação de modelos 3D. Todo o processo de desenvolvimento de modelos humanos virtuais tem atendido uma grande demanda de aplicações, por exemplo, para a indústria do cinema, *video-games*, medicina, ergonomia, segurança e ambientes virtuais (Remondino & Roditakis, 2003). Consequentemente diferentes meios foram desenvolvidos para a criação de modelos cada vez mais realistas. D'Apuzzo (2009) apresenta uma classificação para a reconstrução 3D ótica que se baseia em filmes e fotos. Ele aponta os seguintes métodos: scanner a laser, sistemas de luz estruturada, métodos passivos, tecnologias baseadas em outros sensores ativos ou sensores de pressão. Todavia existem também outros métodos que não se baseiam em filmagens, fotografias ou sensores de pressão para formarem o grupo dos métodos usados na reconstrução 3D do corpo humano. São eles:

II.5.1. A Tomografia Computadorizada (CT) e Imagem de Ressonância Magnética (MRI) são excelentes técnicas invasivas usadas na área médica para diagnósticos de patologias e agora também utilizadas para reconstrução digital 3D em Anatomia e Antropologia Biológica. Através delas é possível reconstruir fósseis e outras peças de valor antropológico (figura 28), como múmias e, assim, descobrir sua idade óssea, causa da morte e etc. (Zollikofer & Ponce de Leon, 2005; Ulhaas, 2007).

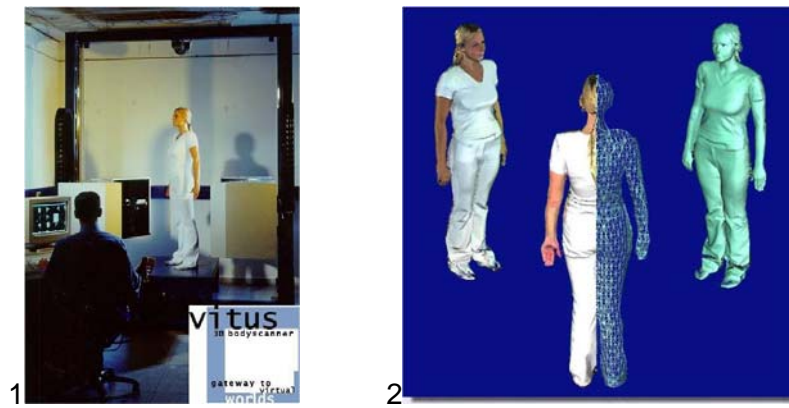


FIGURA 28: Reconstrução 3D de um crânio por CT.

O grupo de pesquisa de Nadia M. Thalmann tem trabalhado num projeto de reconstrução digital e animação do corpo humano utilizando MRI (Assassi et al., 2009).

II.5.2. *3D laser scanner* – essa técnica produz resultados detalhados e realistas, pois faz uma varredura da superfície corporal do indivíduo (não invasiva), gerando uma malha de triângulos com milhões de pontos (figura 29). O indivíduo fica em posição estática enquanto é lançada uma linha transversal de laser. Os pontos positivos dessa técnica são:

- a reconstrução 3D tem aparência realista pela precisão alcançada pelo laser e pela utilização da textura criada pelo software com as imagens colhidas durante o processo;
- pouco tempo para passar o scanner – o tempo gasto para passar o scanner da cabeça aos pés é de 17 segundos, com mensuração a cada 2 mm, usando 24-bits RGB para textura no equipamento Whole Body Color 3D Scanner (modelo WBX) da Cyberware, na figura 30 (Yamauchi et al., 2009; Cyberware, 2009).



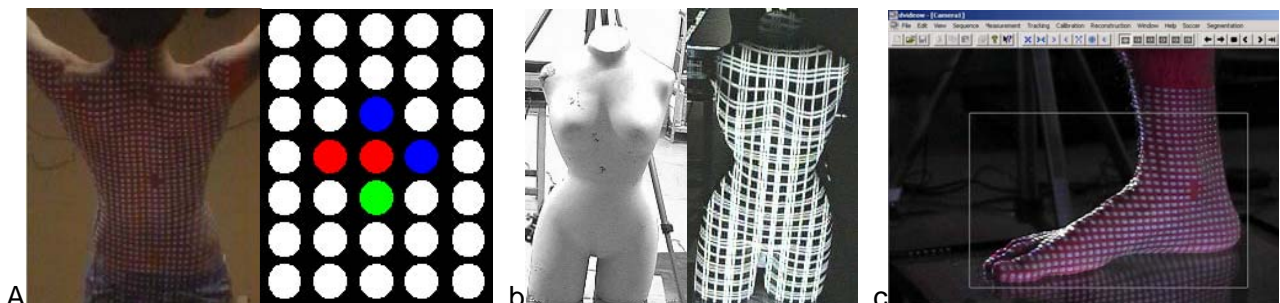
FIGURAS 29: Scanner de corpo Vitus (1), malha de triângulos com textura e sem textura (2).

Como pontos negativos, pode-se dizer que: (1) seu custo é alto; (2) a aparelhagem para o corpo todo e para o rosto ocupam muito espaço; (3) só permite a caracterização da superfície corporal.



FIGURAS 30: (1) *Scanner* para o corpo da Hamamatsu, (2) para o rosto da Cyberware e (3) para o pé da Human Solutions (D'Apuzzo, 2006).

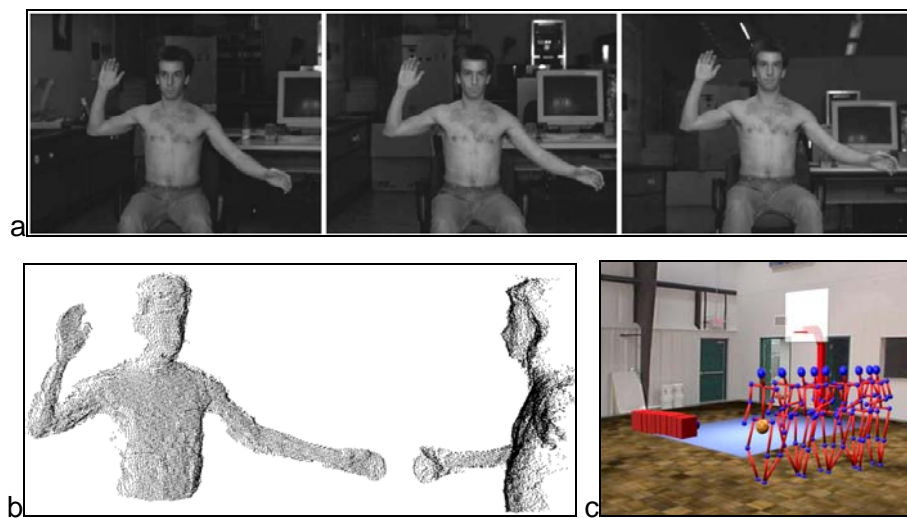
II.5.3. Luz estruturada – neste processo de reconstrução 3D, o modelo pode ser gerado projetando pontos ou faixas de luz branca sobre o corpo para depois mapeá-lo.



FIGURAS 31: (a) Projeção de pontos de luz no tronco, (b) de feixes de luz no tronco (Parteniani, 2001) e (c) pontos de luz no pé (Provenzano, 2002).

Através da mensuração das distâncias entre os pontos ou pela espessura e distância entre as faixas, calcular as elevações e depressões da superfície corporal, como nas figuras 31 (D'Apuzzo, 2006). A idéia nos sistemas óticos é trabalhar por triangulação e, no caso da projeção de luz estruturada sobre o corpo, é usado o cálculo das formas, distâncias e espessuras das faixas de luz (D'Apuzzo, 2009; Inspeck, 2009).

II.5.4. Abordagens baseadas em imagens – este método pode usar uma única imagem, uma sequência de imagens de uma única câmera ou de múltiplas câmeras, como na figura 32 (D'Apuzzo, 2003; Remondino, et al., 2004; Remondino, 2006).



FIGURAS 32: Captura com 3 câmeras (a), criação da nuvens de pontos (b) e aplicação do esqueleto em sequência de vídeo por uma única câmera (c) (Remondino et al., 2004).

Durante ensaios preliminares desse estudo com o 3D Software Object Modeller Pro (3DSOM) foram criados também modelos virtuais, a tangerina e o Kunf Fu Panda e o lutador de quimono, através de técnicas de reconstrução digital a partir de silhueta e marcadores gráficos de posição que ficam sob os modelos reais (figuras 33, 34 e 35).

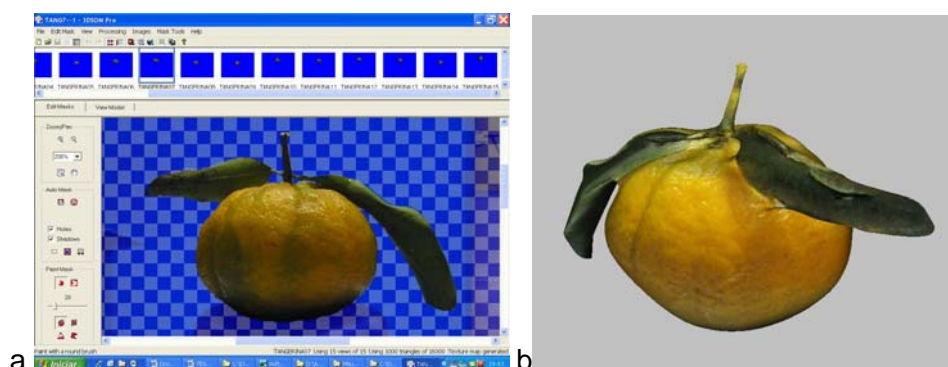
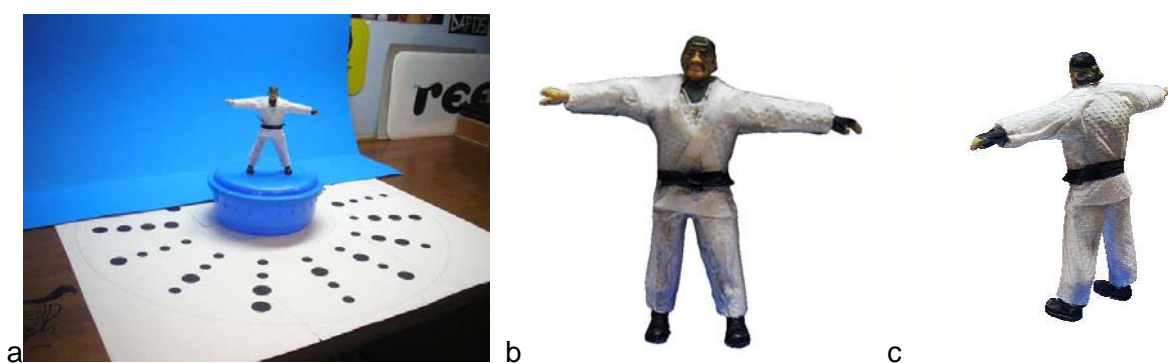


FIGURA 33: Criação da tangerina virtual com 3DSOM.



FIGURAS 34: Criação do Kung Fu Panda com 3DSOM.



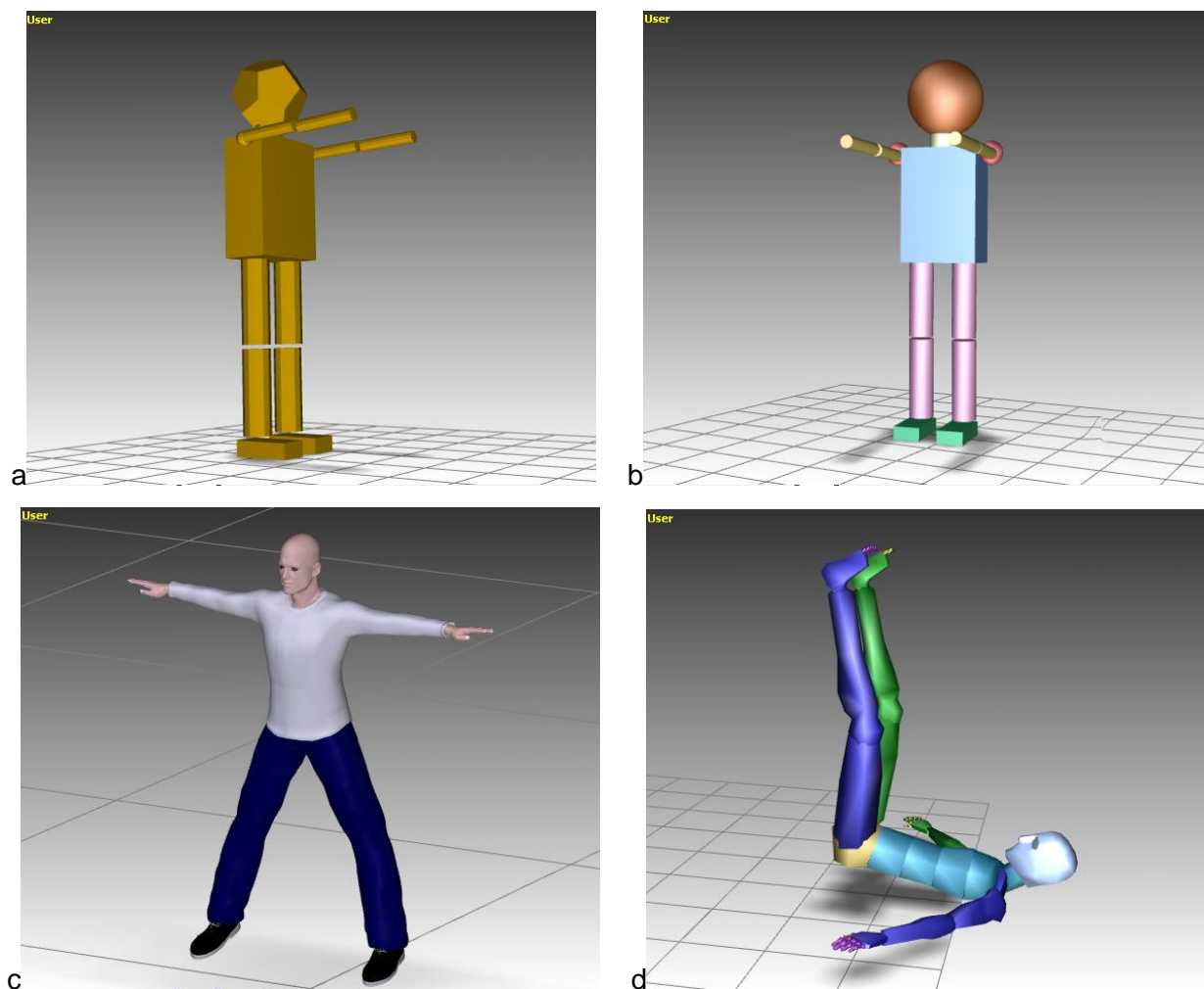
FIGURAS 35: Criação do lutador de quimono com o 3DSOM.

II.5.5. Tecnologias baseadas em sensores ativos ou sensores de pressão – os sensores de pressão utilizados na indústria foram adaptados para o reconhecimento 3D da superfície e aplicados, por exemplo, na reconstrução 3D dos pés (figura 36).



FIGURAS 36: Sensores de pressão usados para reconstrução 3D da sola dos pés e posterior criação de solas (Digitizer da Amfit).

II.5.6. Software de modelagem 3D e animação – esta foi a técnica usada para criar os modelos humanos virtuais e animá-los nesse estudo. Pinocchio (figura 37a) e Pinocchio 2 (figura 37b) construídos com primitivas no Cosmos e no 3D Studio Max respectivamente, adolescente careca construído no Poser (figura 37c) e *biped* construído e animado no 3D Studio Max (figura 37d).



FIGURAS 37: Pinocchio (a) e Pinocchio 2 (b), adolescente careca (c) e *biped* (d).

Esta revisão de literatura sobre modelagem resultou num artigo na íntegra apresentado e publicado no Anais do IV Encontro de Professores da Associação dos Docentes do Colégio Pedro II (Carvalho et al. 2009a).

II.6. As quedas no ambiente escolar e sua prevenção

Levar um tombo é algo que acontece muitas vezes durante a vida ora andando, correndo, jogando bola (figura 38), brincando ora fazendo Educação Física ou outros Esportes.



FIGURA 38: Capa do livro eletrônico “Caindo de costas” (Carvalho & Carvalho, 2008).

É muito comum, os professores de Educação Física receberem atestados médicos determinando o afastamento dos alunos das aulas por causa de lesões decorrentes de tombos (figura 39).



FIGURA 39: Aluno machucado apresentando a dispensa para aula de Educação Física (Carvalho & Carvalho, 2008).

As quedas merecem especial atenção principalmente com os idosos, em função da osteopenia e osteoporose que facilitam a fratura óssea e dificultam a sua reabilitação. As crianças pequenas também merecem especial atenção. Por serem muito ativas, por ainda não terem uma

bagagem motora desenvolvida que lhes permita controlar o corpo coordenadamente e por sua cabeça ser proporcionalmente grande, as crianças menores incorrem no risco de caírem e se machucarem com maior facilidade. Portanto especial atenção deve ser dada aos pequenos durante sua estada no ambiente escolar, principalmente durante as aulas de Educação Física.

Surge então um impasse: o que fazer com as crianças se elas não param quietas e necessitam se movimentar intensamente para crescerem fortes, coordenadas e saudáveis? A resposta parece recair sobre o ensino de atividades motoras através dos Esportes e Educação Física. Dentre os movimentos utilitários ensinados está o *ushiro-ukemi*.

II.6.1. As quedas e seu sistema de amortecimento: o *ukemi*

Nas aulas de Educação Física Escolar e nos Esportes as crianças irão se movimentar muito e que necessariamente cairão várias vezes ao longo dos anos escolares, portanto se faz necessário criar medidas preventivas às quedas, por exemplo: planejar adequadamente as aulas e ensiná-los a cair sem que se machuquem.

Os antigos samurais desenvolveram um sistema de amortecimento de quedas, chamado de *ukemi*. Deste modo, se eles caíssem durante uma luta, não se machucariam e poderiam continuar combatendo seus inimigos. O Judô, Jiu-jitsu e Aikido herdaram esse conhecimento e seus alunos aprendem a fazer o *ukemi*. Foram desenvolvidos rolamentos para trás (*ushiro-ukemi*), para os lados (*yoko-ukemi*) e para frente (*mae-ukemi* e *zempo-kaiten-ukemi*). Deste modo o judoca poderá cair em qualquer direção sem se machucar. Cabe lembrar que nesse estudo só será abordado o ensino do *ushiro-ukemi*.

Desde a sua fundação, em 1882, o Judô possui um rico repertório de técnicas de projeção e combinações (Kano, 1970; Shinohara, 2001) que visam derrubar o oponente e elas são aplicadas muitas vezes durante uma aula ou sessão de treinamento, como mostra a figura 40.

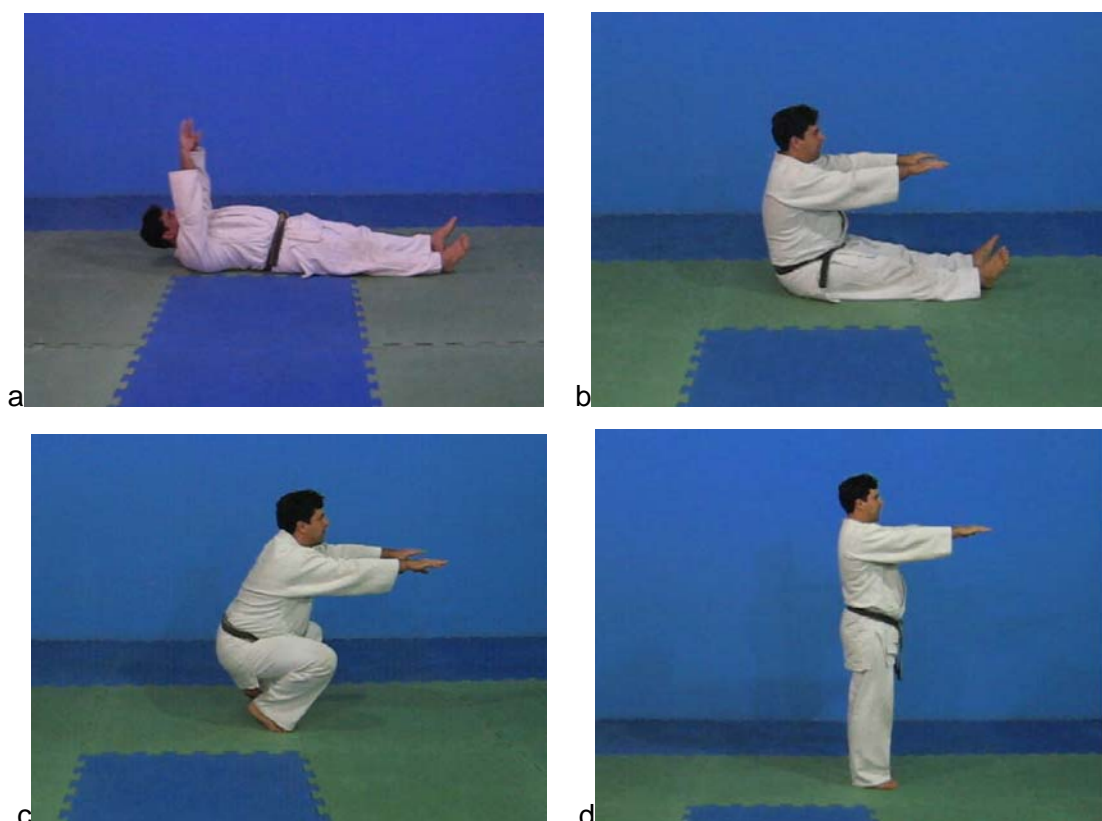


FIGURA 40: O-soto-gari (Fradet, 1992a; 1992b; 1992c).

O *ukemi* tem demonstrado a sua qualidade como forma de amortecimento ao longo dos anos e seu ensino deveria ser estendido a todos idosos e alunos de Educação Física Escolar e outros Esportes.

II.6.2. O ensino do *ushiro-ukemi*

Existe a progressão pedagógica estabelecida e descrita por Kano (1970), Inokuma & Sato (1986) e Shinohara (2001) para o ensino do *ushiro-ukemi*, que consiste em 3 processos (estágios). Contudo, nesse estudo se inseriu mais um processo no início da progressão formando a seguinte sequência: deitado (figura 40a), sentado (40b), agachado (40c) e em pé (40d).



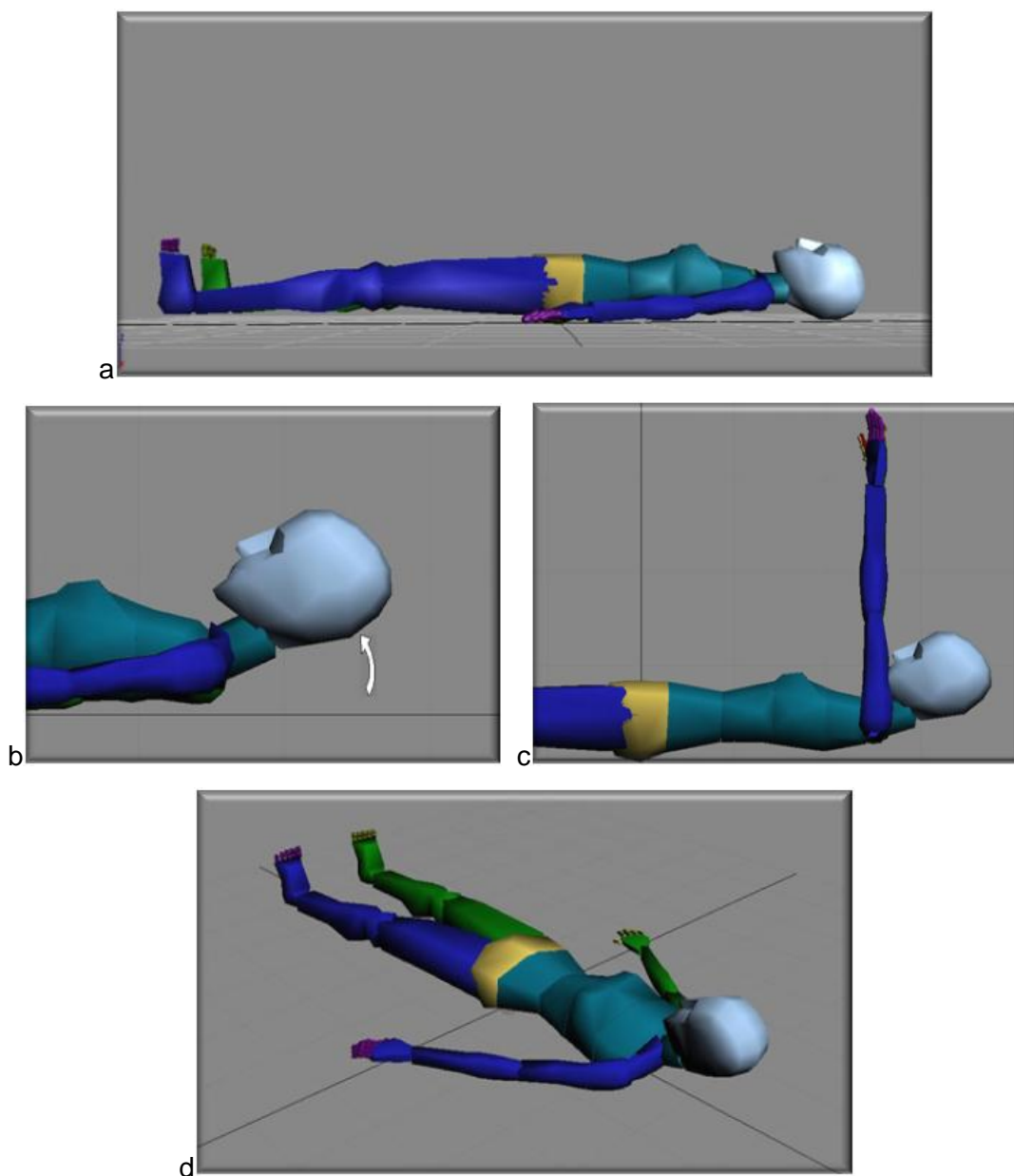
FIGURAS 40: Progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* (Carvalho & Carvalho, op. cit).

II.6.2.1. *Ushiro-ukemi* deitado

O movimento chamado de ***ushiro-ukemi* deitado** pode ser subdividido e caracterizado em quatro momentos principais da sua execução:

1. corpo em decúbito dorsal (figura 41a),
2. flexão da cervical para acostumar a cabeça a não bater no chão quando a pessoa cair – proteção da cabeça (figura 41b),
3. elevação dos braços (figura 41c),

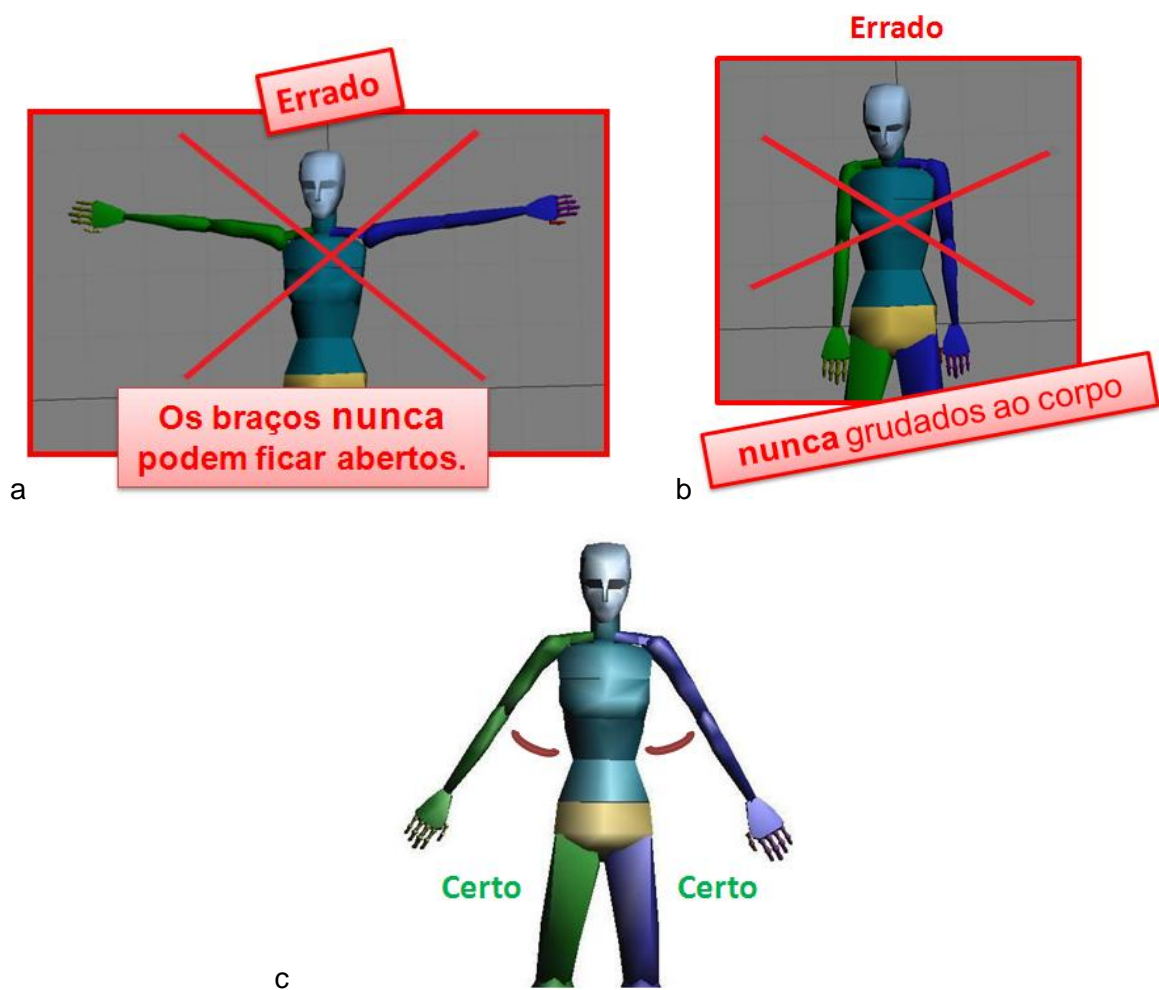
4. batida de braços - a batida das mãos e dos braços no chão permite distribuir a força da queda, aliviando a carga do impacto sobre o corpo. (figura 41d).



FIGURAS 41: Aspectos principais do *ushiro-ukemi* deitado (Carvalho & Carvalho, op. cit.).

Os movimentos apresentados nessas figuras foram feitos com o modelo humano virtual do 3D Studio Max, o biped, que foi animado conforme os movimentos filmados de um professor executando a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*.

É necessário lembrar que a batida dos braços deve formar um ângulo de 30 a 45° com o corpo (figura 42c). Deste modo, o movimento de braços dá um impulso para frente na cabeça, protegendo-a e impedindo que ela bata no chão. Se os braços ficarem abertos, a cabeça tenderá a ir para trás e bater no chão (figura 42a). Se os braços ficarem muito próximos ao corpo o aluno poderá cair sobre um deles e se machucar também (figura 42b).

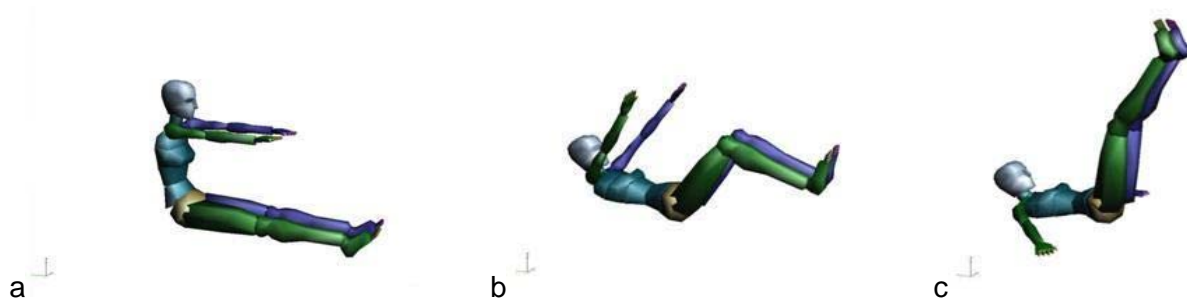


FIGURAS 42: Posição dos braços durante o *ushiro-ukemi* (Carvalho & Carvalho, op. cit.).

II.6.2.2. *Ushiro-ukemi* sentado

O ***ushiro-ukemi* sentado** pode ser caracterizado pela seguinte sequência de movimentos:

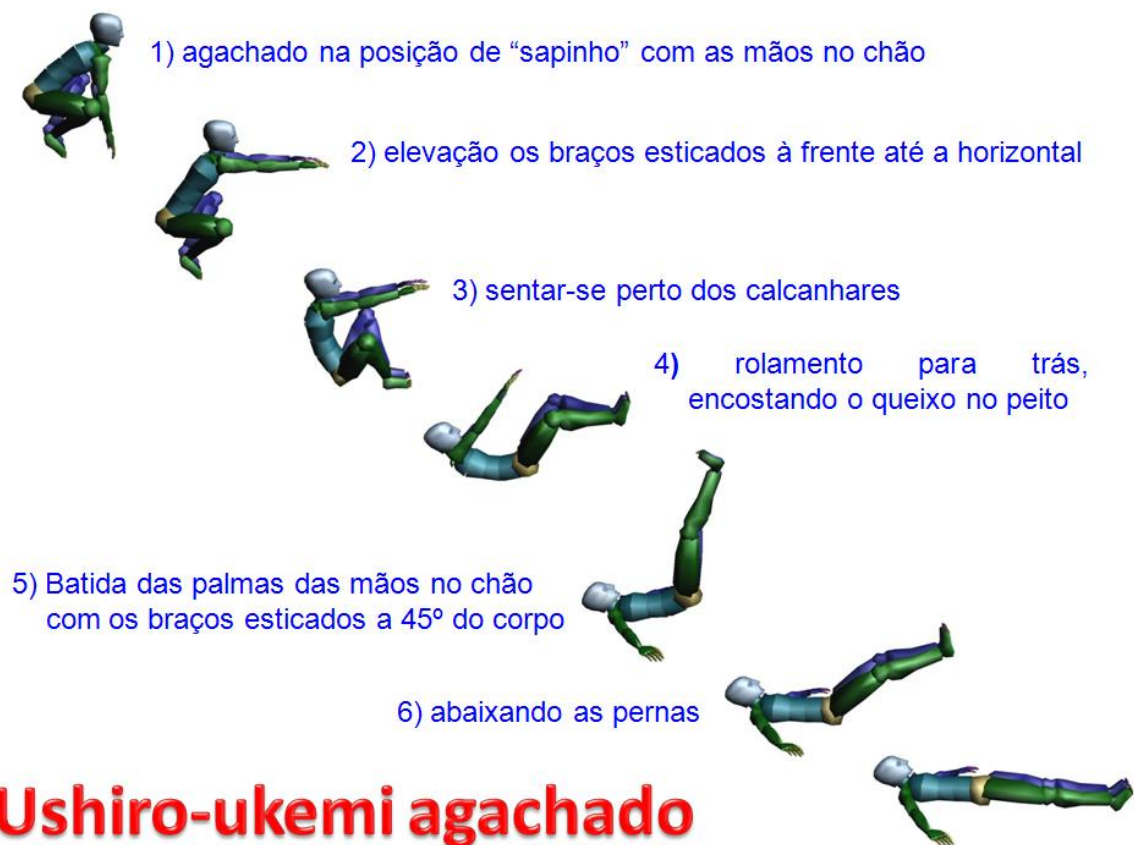
1. Sentado com tronco ereto e com os braços esticados à frente (figura 43a),
2. Rola-se para trás com o queixo no peito e elevando as pernas (figura 43b),
3. As palmas das mãos são batidas no chão e os braços um pouco abertos (figura 43c).



FIGURAS 43: Fases do *ushiro-ukemi* sentado (Carvalho & Carvalho, op. cit.).

II.6.2.3. *Ushiro-ukemi* agachado

A representação do ***ushiro-ukemi* agachado** pode ser visualizada pela seguinte sequência de movimentos:



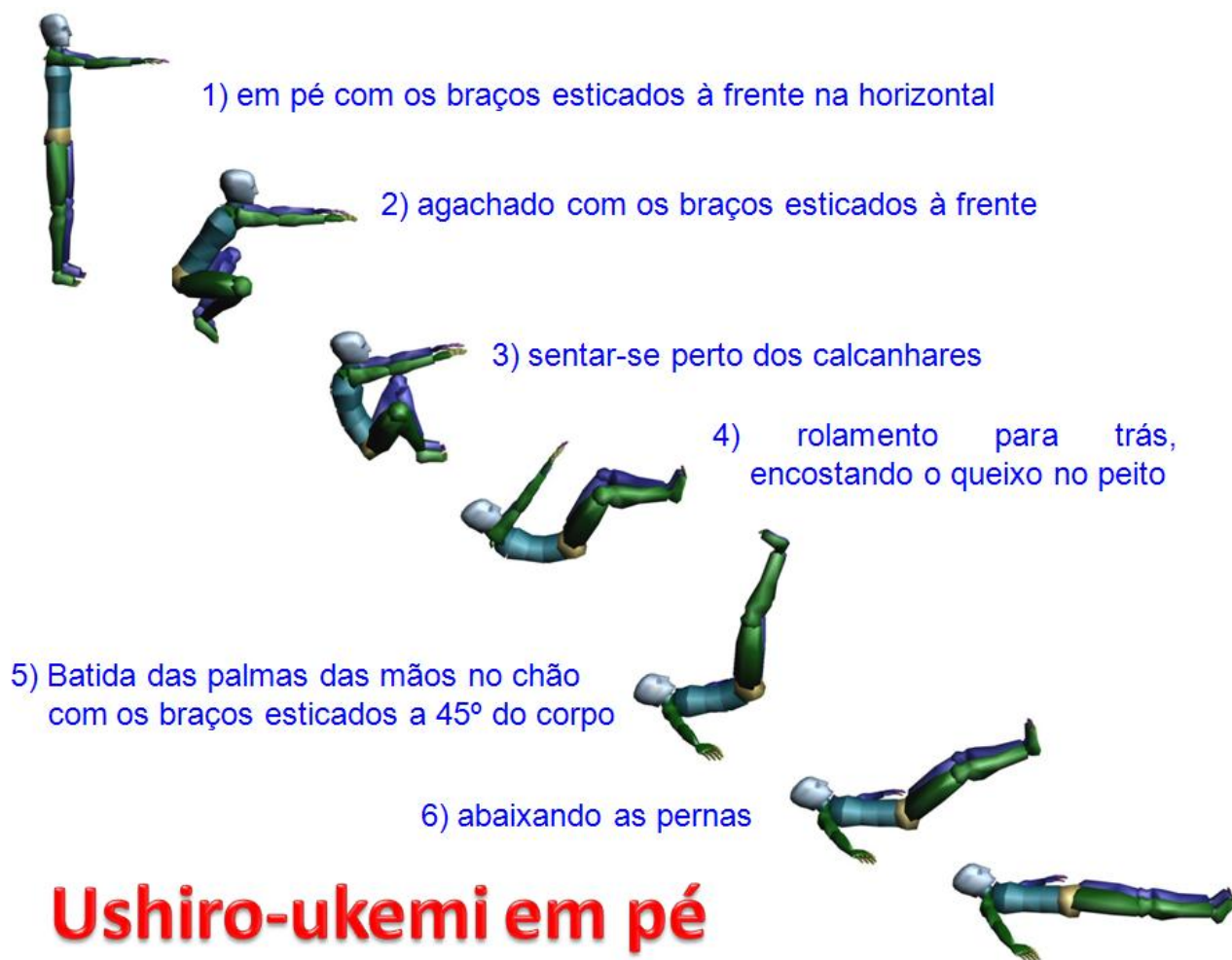
FIGURAS 44: Fases do *ushiro-ukemi* agachado (Carvalho & Carvalho, op. cit.).

A posição de sapinho pode ser adotada quando se trabalha com crianças pequenas ou com iniciantes que apresentem dificuldade de ficar agachados apenas com o apoio dos pés, o que foi o caso nesse estudo. Mas normalmente a progressão é descrita a partir da fase 2 das figuras

44. A partir da posição 3 no ushiro-ukemi agachado, as demais são semelhantes as do *ushiro-ukemi* sentado e deitado.

II.6.2.4. *Ushiro-ukemi* em pé

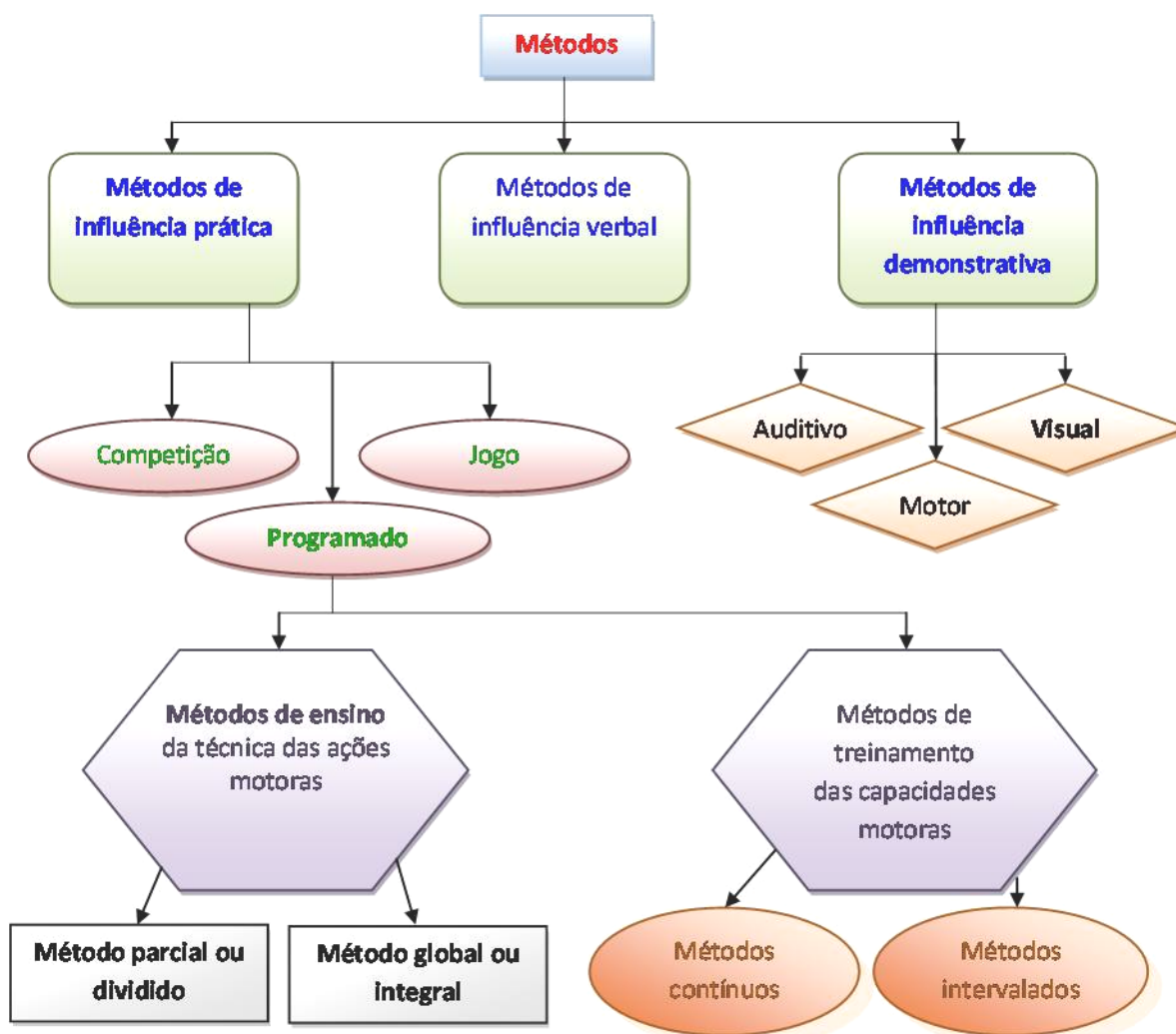
A representação do ***ushiro-ukemi* em pé** é o último estágio da progressão pedagógica e em muito se assemelha ao ushiro-ukemi agachado. Apenas o aluno começa em pé, com os braços esticados a frente. Mas, em seguida, ele passa pela posição agachada e daí se repete a mesma sequência de movimentos anteriormente mostrada.



FIGURAS 45: Fases do ushiro-ukemi em pé (Carvalho & Carvalho, op. cit.).

II.6.2.5. A progressão pedagógica e os métodos de ensino da Educação Física

A abordagem russa apresentada por Platonov (2008) e Gomes (2002) estruturou os métodos pedagógicos da Educação Física mostrando os métodos subdividindo-os no organograma 1.



ORGANOGRAMA 1: Métodos pedagógicos da Educação Física.

Esse estudo visa o ensino de uma habilidade motora: o *ushiro-ukemi*. Esse movimento é demonstrado aos alunos pelo professor ou pelo boneco virtual, caracterizando o método visual.

Pode ser subdividido em 3 subgrupos:

1) apresentação da atividade motora – o professor ou alguém hábil executa o movimento corretamente e o aluno o imita. É um bom método para ser trabalhado com crianças, pois elas têm a capacidade de imitação filogeneticamente desenvolvida. É o método mais aplicado e normalmente aparece combinado ao método de influência verbal, como ocorreu nesse estudo durante a aula prática tradicional com o professor no G₁, G₄ e G₅ (figura 46).

“Para criar uma idéia geral, aplica-se a demonstração integral, porém, para apresentar detalhadamente as particularidades da ação motora, recorre-se à demonstração adaptada. Nela, os movimentos são apresentados em ritmo lento e, na medida do possível,

destacando-se expressivamente as posições do corpo com as paradas” (Gomes, op. cit.).



FIGURA 46: Demonstração do professor na aula prática.

2) demonstração de materiais didáticos – consiste na utilização de materiais complementares para reforçar a aprendizagem e/ou promover o ensino à distância.



a



b

FIGURAS 47: Aula com o livro aumentado (G₂).

“Na prática esportiva, são largamente utilizados recursos auxiliares de demonstração – filmes educativos, fitas de vídeos, maquetes das quadras para demonstração de esquemas táticos, jogos eletrônicos etc.” (Platonov, op. cit).

O presente estudo também trata do desenvolvimento de um material didático de leitura com marcadores fiduciais impressos associados a um sistema de RA baseado em projeção (livro aumentado), que foi aplicado no G₂. Eles são voltados para visualização e compreensão teórica dos detalhes do *ushiro-ukemi* (figuras 47).

3) orientação visual – recursos visuais também servem para orientar a execução do movimento em termos espaciais, temporais, rítmicas e dinâmicas. O presente estudo trata também do desenvolvimento de um sistema de RA baseado em projeção com marcador fiducial no chão, sobre o qual foi projetado um humano virtual executando a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*. O aluno pode se postar ao lado do humano virtual ou “vesti-lo” e executar o movimento simultaneamente. Deste modo, ele pode perceber qualquer erro na proporção ou no ritmo do movimento ao se comparar com o humano virtual. Esses recursos de orientação visual foram usados nesse estudo com o G₃, onde foi aplicado o sistema de RA baseado em monitor e os alunos tinham que imitar o boneco virtual ao lado deles (figura 48).



FIGURA 48: Sistema de RA baseado em projeção.

Por vezes o professor nas aulas práticas com o G₁, G₄ e G₅ ajudou um ou outro aluno, com mais dificuldade, a aprender o movimento, segurando-o e conduzindo o movimento junto com ele.

Tal caracteriza a aplicação do método de influência demonstrativa motor, também chamado de cinestésico (figura 49).



FIGURA 49: Aplicação do método cinestésico durante a aula prática.

Cabe lembrar que o ensino do *ushiro-ukemi* foi dividido em partes. No método parcial, uma habilidade motora, como o *ushiro-ukemi*, é dividida em partes mais simples para facilitar a execução do movimento pelos aprendizes. No caso do *ushiro-ukemi*, primeiro era ensinado um movimento mais simples (deitado), depois se adicionava outras partes a ele aumentando o grau de dificuldade, até que, nessa progressão pedagógica, se chegasse a forma final do movimento, que é o *ushiro-ukemi* em pé.

“Hegemonicamente até a década de 1990 o método parcial era o referencial de ensino veiculado na literatura de Educação Física e Esporte” (Reis, 2006). Apesar da hegemonia apontada, Caçola e Ladewig (2006) compararam o método parcial com o global e não encontraram diferença significativa na avaliação da retenção de uma habilidade de salto da ginástica rítmica entre dois grupos pesquisados.

Existem três tipos de método parcial: a fracionalização, a segmentação e a simplificação. Na fracionalização duas ou mais partes de uma habilidade complexa são praticadas separadamente, por exemplo, numa sequência de ataque sucessivo no Judô, onde uma técnica é

aprendida separadamente da outra para que depois elas sejam associadas. Isso também acontece com uma seqüência acrobática na Ginástica Artística ou Rítmica Desportiva.

A **segmentação**, também chamada de **prática parcial progressiva**, ocorre quando uma parte da habilidade alvo é praticada até que seja aprendida para que a segunda parte seja adicionada a anterior e assim sucessivamente até que a habilidade-alvo seja totalmente aprendida. A progressão pedagógica tradicional usada no ensino do *ushiro-ukemi* aqui nesse estudo se baseia no método parcial progressivo (figuras 41, 43, 44 e 45).

Na simplificação, algum aspecto da habilidade-alvo é simplificado, ou seja, o seu grau de dificuldade é reduzido. No Judô se usa um adversário um pouco mais alto e mais leve para se aprender a aplicar um *ippon-seoi-nague* ou uma técnica de quadril, pois o quadril do atacante deverá se posicionar sob o quadril do defensor. Fazer isso com um colega mais baixo ou mais pesado pode dificultar a aprendizagem.

Finalizando, o método parcial possui as seguintes vantagens:

- Permite concentrar atenção na fase mais relevante.
- Permite a exclusão das fases não assimiladas.
- Diminui a aparição de erros estáveis decorrentes de uma automatização prévia incorreta.
- Diminui a fadiga e conseqüentemente aumenta o volume de atividade.

Porém ele também apresenta as seguintes desvantagens:

- É inespecífico.
- Existem habilidades motoras não divisíveis, como a caminhada, por exemplo.
- Consiste em exercícios aproximados e não iguais (Gomes, op. cit.).

“A pesquisa sugere que quando as ações rápidas e discretas são divididas em partes arbitrárias, essas partes tornam-se tão modificadas da maneira como elas operam na tarefa como um todo, que as praticando isoladamente contribui pouco para a performance da tarefa como um todo” (Schmidt & Wrisberg, 2007).

Porém, no caso da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*,

Os autores citam ainda a prática de simulador, que é a utilização de “um dispositivo que imita certas características do mundo real”. Este estudo criou um sistema de RA no qual foi inserido um humano virtual 3D animado simulando a execução do *ushiro-ukemi*, segundo a progressão pedagógica tradicional. Tal caracteriza parte da metodologia usada como prática de simulador, que usa o método parcial progressivo para ensinar o rolamento para trás do Judô junto com o método visual.

CAPÍTULO III

DESENVOLVIMENTO

III.1. Delineamento da pesquisa:

Este trabalho pode ser caracterizado como estudo experimental, com delineamento semelhante ao de grupos randomizados (Thomas & Nelson, 2007), mas com limitações no processo de randomização.

III.2. Seleção dos sujeitos:

Foram compostos aleatoriamente 6 grupos de 508 alunos do Colégio Pedro II, das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristovão II, com idade mínima de 7 anos, máxima de 15, média de 10,35 (± 2 anos), sendo 253 do sexo masculino e 255 do feminino, divididos segundo o conhecimento prévio sobre o tema: *ushiro-ukemi* (gráfico 2).

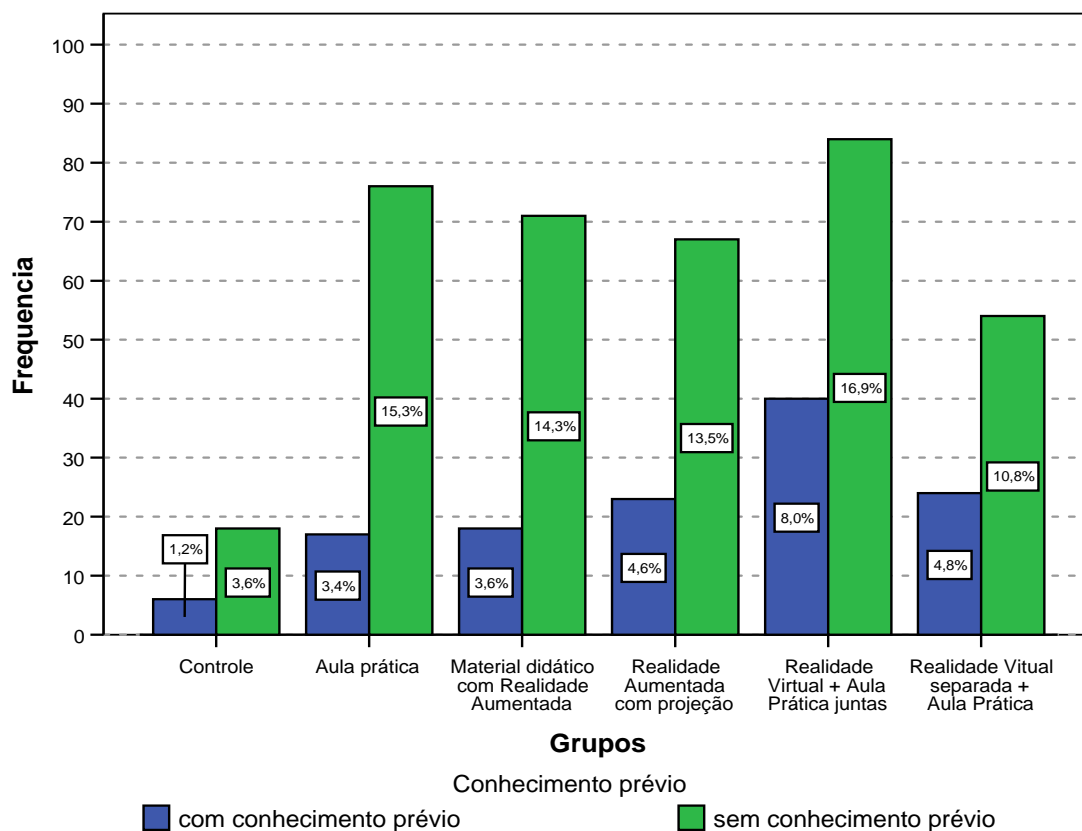


GRÁFICO 2: Distribuição de frequência por grupos (n e percentagem relativa do total).

As turmas que participaram do estudo foram selecionadas em função da disponibilidade da instituição, do laboratório de informática e do pesquisador. Algumas turmas tiveram que ser liberadas das aulas regulares de outras disciplinas e outras puderam participar durante as próprias aulas de Educação Física. Só se conseguiu a liberação do Laboratório de Informática Educativa (LIED) da Unidade Escolar Humaitá I (UEHI), onde os tratamentos foram aleatoriamente distribuídos entre turmas que hoje estão no 3^o, 4^o e 5^o. anos. Eles receberam diferentes tratamentos (métodos de ensino) que consistiram na aplicação da Realidade Virtual + aula prática juntas (G₄), Realidade Virtual separada + aula prática (G₅) e Grupo Controle (G₀). Na Unidade Escolar São Cristóvão II, foram pesquisados alunos de turmas de 6^o e 7^o anos, que receberam os seguintes tratamentos: Aula prática (G₁), Material didático com RA (G₂) e RA com projeção (G₃). Contudo os métodos de ensino foram aleatoriamente distribuídos dentre as turmas com que se pode trabalhar em cada unidade escolar. Os grupos formados não são uma amostra tirada aleatoriamente de um percentual de toda a população de alunos do Colégio Pedro II. Portanto eles podem ou não representar essa população de alunos. Todavia a quantidade de alunos que participaram do estudo e os resultados obtidos provêm maior segurança aos resultados encontrados e também a possíveis extrapolações.

Cabe lembrar que em todos os grupos havia alunos com conhecimento prévio em Judo, Jiu-jitsu e/ou Aikido (minoria) e também sem conhecimento prévio (maioria), segundo o que foi declarado na avaliação teórica.

III.3. Caracterização das variáveis:

Os cinco grupos experimentais (G₁, G₂, G₃, G₄ e G₅) receberam cinco diferentes tratamentos experimentais: os métodos de ensino (quadro 3). O grupo controle (G₀) não recebeu qualquer tratamento. Os métodos de ensino (causas) representam as **variáveis independentes**. A avaliação teórica, prática e da diversão representam as **variáveis dependentes** (efeitos).

QUADRO 3: Caracterização do delineamento experimental.

Grupo	Tratamento (métodos de ensino)	Observações (avaliações)
G ₀	Controle (nenhum tratamento foi aplicado)	teórica, prática
G ₁	Aula prática regular	teórica, prática e da aceitação
G ₂	Material didático com sistema de RA (livro aumentado)	teórica, prática e da aceitação
G ₃	Sistema de RA baseado em projeção	teórica, prática e da aceitação
G ₄	Realidade Virtual (livro digital) + aula prática juntas	teórica, prática e da aceitação
G ₅	Realidade Virtual separada (livro digital) + aula prática	teórica, prática e da aceitação

O conhecimento prévio sobre Judo, Jiu-jitsu ou Aikido representa uma variável categórica que precisa ser controlada para não afetar os resultados. Portanto a análise dos resultados foi feita em separado para os alunos que já possuíam conhecimento prévio e os que não possuíam.

III.4. Instrumentação

a) Termos de consentimento livre e esclarecido para participação em pesquisa

Foram elaborados termos de consentimento livre e esclarecido para participação em pesquisa visando tanto às direções das unidades quanto os pais dos alunos que participaram do estudo, pois eram menores (anexo 1).

b) Materiais

Os instrumentos usados nesse estudo variaram conforme o método de ensino aplicado, porém em todos os grupos foram utilizados os seguintes hardwares: filmadora digital Samsung MiniDV SC-D371 NTSC com *zoom* ótico de 34x, câmera fotográfica digital Samsung FE – 120 de 6.0 Megapixels, além dos seguintes materiais: tatames e carteiras.

Com o G_0 e G_1 foram usados apenas esses materiais. Porém o G_0 foi avaliado na sala de Educação Física da UEHI e o G_1 fez aula e foi avaliado na sala 413 da UESCII.

Com o G_2 foram usados: o material didático com a *historinha* para leitura com os marcadores fiduciais inscritos (figura 50), o telão e o software: MrPlanet lite com o arquivo contendo os modelos humanos virtuais animados (*biped*) associados aos marcadores fiduciais, executando todos os movimentos da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*. Os hardwares foram: *notebook* HP Pavilion dv6750BR com processador AMD Turion 64x2 Mobile technology TL-58, 1,90 GHz, 2,048 GB de RAM, 160 GB de HD, placa gráfica NVIDIA GeForce 7150M / nForce 630M, *desktop* com processador AMD Athlon 64x2 Dual Core 48000+, 2,51 Ghz, 1,93 GB de RAM, 74,5 GB de HD e placa gráfica NVIDIA GeForce 6100 / nForce 405 , projetor (*data-show*) Epson Powerlite S6 LCD. Sempre foram levados dois computadores com sistemas semelhantes e prontos para uso com o sistema de RA, pois se um falhasse haveria o outro de reserva. O ensino foi ministrado na sala 413 da UESCII.



FIGURA 50: Marcadores fiduciais, livro aumentado e *bipeds* animados.

📺 Com o G3 foram usados os marcadores fiduciais em tamanho grande, numa cartolina, para visualização à distância, o telão e o software: MrPlanet lite, rodando o arquivo *ushiro-ukemi* que contém os modelos humanos virtuais animados (*biped*) associados aos marcadores fiduciais, executando todos os movimentos da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*. Os hardwares foram: *notebook* HP Pavilion dv6750BR com processador AMD Turion 64x2 Mobile technology TL-58, 1,90 GHz, 2,048 GB de RAM, 160 GB de HD, placa gráfica NVIDIA GeForce 7150M / nForce 630M, *desktop* com processador AMD Athlon 64x2 Dual Core 48000+, 2,51 Ghz, 1,93 GB de RAM, 74,5 GB de HD e placa gráfica NVIDIA GeForce 6100 / nForce 405, projetor (*data-show*) Epson Powerlite S6 LCD. Sempre foram levados dois computadores com sistemas semelhantes e prontos para uso com o sistema de RA, pois se um falhasse haveria o outro de reserva. O ensino foi ministrado na sala 413 da UESCI (figura 51).



FIGURA 51: Computadores, webcam, telão, data-show, e biped.

Com o G4 e G5 foi usado o arquivo da Adobe Acrobat com a *historinha* e o *biped* animado executando todos os movimentos da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*. O ensino foi ministrado nos computadores do LIED, que possuíam processador Pentium IV com 2MB de RAM e na sala de Educação Física da UEHL.



a



b

FIGURAS 52: Livro digital aplicado no G₄ e G₅.

c) Teste escrito

O teste escrito consistia em apenas uma página (anexo 2), contendo 8 perguntas. As duas primeiras eram perguntas relativas ao conhecimento prévio, indagando se o

aluno já havia praticado Judo, Jiu-jitsu e Aikido, pois estas modalidades utilizam o mesmo rolamento para trás. Caso positivo, na segunda era perguntado qual era a cor da sua faixa, ou seja, seu nível de desempenho e conhecimento sobre Judô.

No mesmo teste escrito havia também 4 questões objetivas para verificar a aprendizagem teórica do *ushiro-ukemi*. Cada questão valia 2,5 pontos, fazendo com que as notas pudessem variar numa escala intervalar de zero a dez. Uma questão tratava da identificação da nomenclatura específica do rolamento para trás (*ushiro-ukemi*) dentre 4 alternativas. A segunda tratava da posição específica da cabeça durante o *ushiro-ukemi* e a pergunta subsequente do seu porquê. A quarta pergunta pedia para que fosse identificada a posição dos braços na hora de sua batida no chão dentre 3 opções de imagens.

As duas perguntas subsequentes pediam aos alunos que avaliassem o trabalho através de uma escala ordinal de conceituação:

() excelente () bom () razoável () ruim () péssimo

A primeira tratava da avaliação da *historinha* sobre o rolamento para trás no material didático impresso em formato de livro aumentado, aplicado no G₂ e do material didático em formato digital num arquivo Adobe Acrobat com *biped* animado, que foi aplicado no G₄ e G₅. A segunda pergunta visava avaliar o bonequinho virtual fazendo o rolamento para trás, usando a mesma escala ordinal de conceituação.

As duas últimas perguntas eram abertas. Na primeira, era pedido aos alunos que apontassem o que mais gostaram e na segunda do que menos gostaram e que dessem sugestões para melhorar.

O livro digital era aplicado no G₅ e logo após eram avaliados com o questionário (figura 53b). Já com o G₄ era aplicado o livro digital, em seguida eles iam para a sala de Educação Física para fazerem a aula prática e serem avaliados com o teste motor. Por último, o G₄ ia para a sala de aula e então avaliado com o questionário (figura 53a).



FIGURA 53: Aplicação do questionário no G₄ (a) e no G₅ (b).

d) Teste motor

Já o teste motor consistia na média da pontuação obtida em três execuções do *ushiro-ukemi* em pé, onde era usada uma escala ordinal com três estágios para avaliar o aluno:

TABELA 1: Sistema de pontuação usado no teste motor

Avaliação	Pontuação
Executou perfeitamente	10
Executou com erros	5
Não executou ou executou algo diferente não caracterizando o <i>ushiro-ukemi</i>	0

III.5. Coleta de dados:

Previamente à aplicação do tratamento experimental, se fez contato com as direções das Unidades Escolares Humaitá I e São Cristóvão II para pedir permissão para desenvolver este estudo. As respectivas direções deram essa autorização após lerem e assinarem um termo de consentimento livre e esclarecido para participação em pesquisa. Feito isso, foi entregue uma cópia do termo de consentimento aos pais. Estes foram elaborados, entregues e devolvidos devidamente assinados e arquivados, segundo as recomendações da Convenção de Helsink e a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que normatizam as pesquisas com humanos.



FIGURAS 54: Momentos da avaliação motora.

Passando para as avaliações, estas foram feitas após a aplicação dos métodos de ensino, com exceção do grupo controle. Os resultados da avaliação motora foram anotados no diário escolar de cada, com a permissão verbal do professor, e depois xerocados para transporte. Os alunos foram avaliados em grupos de quatro, segundo a ordem de chamada. Todos os quatro realizavam o *ushiro-ukemi* a primeira vez, depois repetiam esse procedimento mais duas vezes até que todos tivessem executado três vezes o *ushiro-ukemi* em pé. Só então os próximos quatro alunos assumiriam os seus lugares sobre o tatame (figuras 54).

A avaliação teórica utilizou um teste escrito (anexo 3). Todos os resultados foram digitados numa planilha para posterior tratamento estatístico.

III.6. Tratamento experimental:

Dias antes da pesquisa, o sistema era testado e retestado várias vezes e o colégio era visitado para arrumação da sala, transporte de tatames, equipamentos e verificação dos últimos detalhes para que a pesquisa pudesse ser feita com tranquilidade e sem eventuais problemas.

Feito isso, os alunos eram conduzidos aos respectivos locais conforme o grupo a que pertencia. Caracterizando os tratamentos dados aos grupos, pode-se dizer que:

- O G₀ não recebeu qualquer ensino, mas foi avaliado como todos os outros grupos experimentais de forma teórica e prática. Ele pertence à Unidade Escolar Humaitá I do Colégio Pedro II.

- G₁ fez uma aula prática regular com preleção inicial, demonstração e execução da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*, na Unidade Escolar São Cristovão II do Colégio Pedro II.
- O G₂ recebeu um material didático para leitura com marcadores fiduciais (livro aumentado), na Unidade Escolar São Cristovão II do Colégio Pedro II. Ao focalizar os marcadores fiduciais com a *webcam*, o sistema de RA os reconhecia e projetava no telão o humano virtual executando os estágios da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* sobre o marcador fiducial do livro aumentado. Os alunos executavam o *ushiro-ukemi* com o mínimo de interferência do professor, baseando-se na leitura e na visualização dos movimentos através do sistema de RA, fluindo no decurso do tempo.
- O G₃ fez uma aula prática aplicando o sistema de RA baseado em projeção como mídia auxiliar ao processo ensino-aprendizagem tradicional, na Unidade Escolar São Cristovão II do Colégio Pedro II. A aula teve a sua preleção inicial normal com o professor, mas foi o modelo humano virtual que fez a demonstração. A execução ocorreu pela imitação simultânea do boneco virtual.
- O G₄ fez aula teórica nos computadores do Laboratório de Informática Educativa, à Unidade Escolar Humaitá I, do Colégio Pedro II, onde foi utilizado o material didático em formato digital (livro digital), num arquivo Adobe Acrobat (.pdf), contendo um modelo humano virtual animado. Terminada a aula teórica, eles foram para a sala de Educação Física, onde fizeram uma aula prática regular. Somente após a aula teórica e a prática que foram aplicadas as avaliações. Portanto, verificou-se a somação do efeito do ensino teórico e prático sobre a avaliação teórica e também sobre a prática.
- Assim como o anterior, o G₅ também fez aula teórica nos computadores do Laboratório de Informática Educativa, à Unidade Escolar Humaitá I, do Colégio Pedro II, onde foi utilizado o material didático em formato digital (livro digital) num arquivo Adobe Acrobat (.pdf), contendo um modelo humano virtual animado. Terminada a aula teórica, foi imediatamente aplicada avaliação teórica separadamente para medir o efeito isolado do ensino teórico. Só então os alunos foram para a sala de Educação Física, onde fizeram uma aula prática regular e foi aplicada a avaliação prática. Portanto na avaliação prática foi mensurada a somação do efeito do ensino teórico e do prático, assim como ocorreu com a avaliação prática do G₄. Contudo a avaliação teórica do G₅ diferiu do tratamento aplicado ao G₄.

III.7. Tratamento estatístico

Durante o tratamento dos dados foi utilizado o software Statistical Package for Social Sciences – SPSS 14. Ele consistiu em análises exploratórias, onde foram calculadas: medidas de tendência central como média e mediana; medidas de dispersão como desvio padrão, quartis, máximo e mínimo valores, escores discrepantes (*ouliers*) e extremos nos boxplots. Após isso foram aplicados testes de comparação não paramétricos, em função também da escala usada nos testes aplicados. Foram usados o teste de ANOVA de Kruskal-Wallis e o teste de comparação múltipla da média dos *ranks* com nível de significância de alfa igual a 0,05 para aceitação da diferença entre grupos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Este item será subdividido de acordo com os objetivos específicos e operacionais traçados.

IV.1. Estudos preliminares

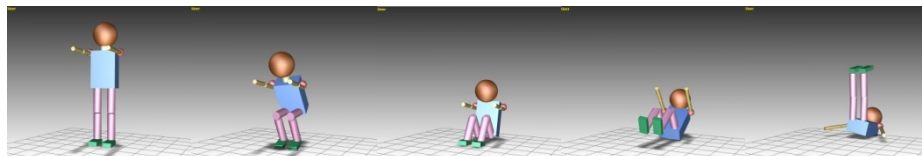
IV.1.1. Criação, animação e escolha do modelo humano virtual a ser usado no sistema de RA e RV

O primeiro humano virtual nesse estudo foi criado com formas primitivas e animado executando o *ushiro-ukemi* em pé no software Cosmo World como trabalho para a disciplina Introdução à Realidade Virtual, seu nome foi *Pinocchio* (figura 55). A fluência do movimento na linha do tempo era ajustada, salvando os quadros-chave (*key-frames*), segundo o conhecimento do professor sobre o *ushiro-ukemi* em pé.



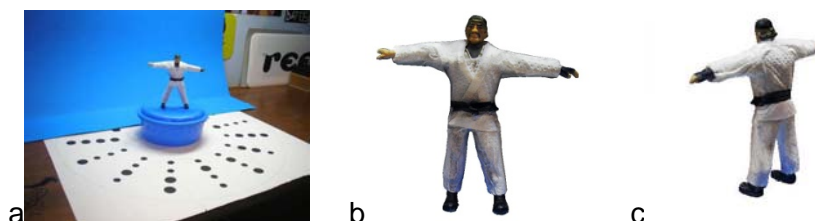
FIGURAS 55: *Pinocchio* executando o *ushiro-ukemi*.

Posteriormente, começou o trabalho com um software com mais recursos e mais complexo, o 3D Studio Max, onde foi desenvolvido o *Pinocchio 2* com formas primitivas e executando o mesmo movimento também. Assim como no primeiro *Pinocchio*, a fluência do movimento na linha do tempo também era ajustada, salvando os quadros-chave (*key-frames*), segundo o conhecimento do professor de Judô sobre o movimento (figuras 56).



FIGURAS 56: *Pinocchio 2* executando o *ushiro-ukemi*.

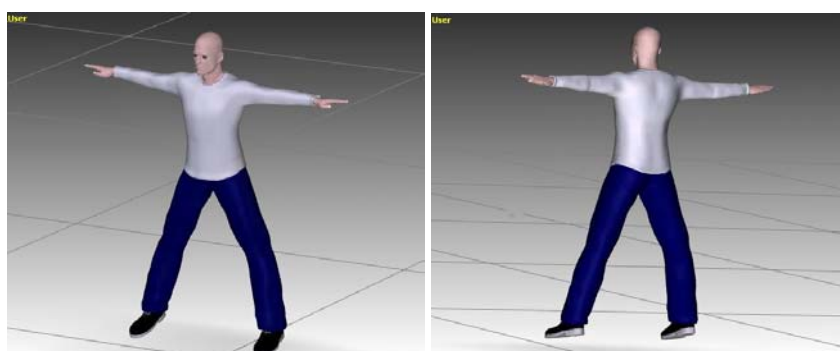
O humano virtual criado a partir do 3DSOM era um soldadinho de brinquedo, que foi envolvido e colado com papel toalha para simular o quimono. Na cintura, um pedaço de fita de cetim preto foi usado como faixa do Judô (figuras 57).



FIGURAS 57: Reconstrução 3D do modelo humano desenvolvido a partir do 3D SOM.

O 3DSOM é uma excelente ferramenta para criar facilmente modelos virtuais com formas orgânicas (arredondadas). Todavia houve problemas na criação da tangerina com a formação da superfície (precisão) e os furos das folhas e quando se tentou fotografar crianças sobre o marcador em tamanho grande com apenas uma câmera, pois elas não param quietas, sendo, portanto, necessário um sistema multicâmera.

Já o humano virtual criado no Poser, foi desenvolvido a partir de um modelo adolescente do seu default. Ele teve a textura da sua calça mudada para o azul marinho, a camisa ficou branca e o sapato preto como no uniforme do Colégio Pedro II, todavia seu cabelo não foi exportado para o 3DS Max, ficando careca o rapaz (figuras 58). Isso excluiu a possibilidade de se fazer um modelo feminino. O Poser permite que se faça animação, mas não houve como fazê-la de acordo com o filme do professor, como foi feito no 3DS Max com o *biped*.



FIGURAS 58: Humano virtual desenvolvido a partir do Poser.

A idéia original era importar esses modelos prontos e usá-los no 3D Studio Max, onde seriam associados ao *biped* através da função *Physique* para fazer a animação. Contudo essa associação acabou sendo deixada de lado, pois sempre que se movia o *biped*, parte do humano virtual não acompanhava o gesto gerando distorções na malha (figura 59).

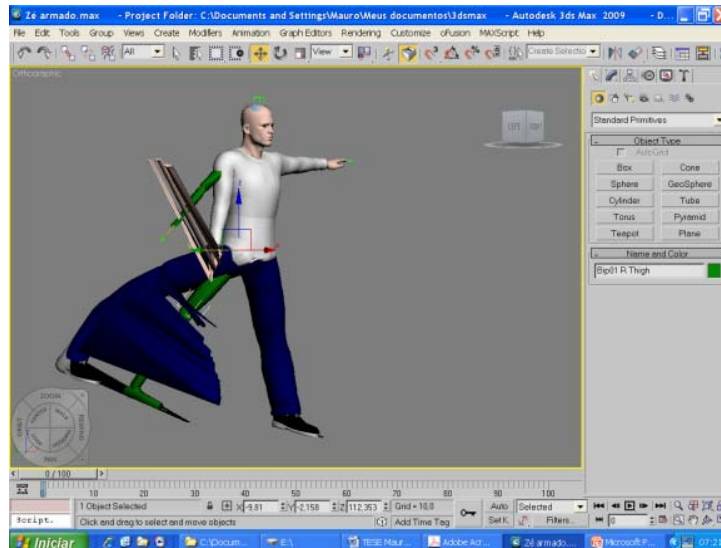


FIGURA 59: Movimentação do *biped* associado ao humano virtual com distorções.

Portanto o modelo humano virtual usado foi o *biped* do default do 3DS Max, pois já possuía as dimensões estruturais, sistema de articulações e funções necessárias à movimentação humana, porém não tem aparência realística ou sequer caricata de um judoca ou do professor (figura 60).

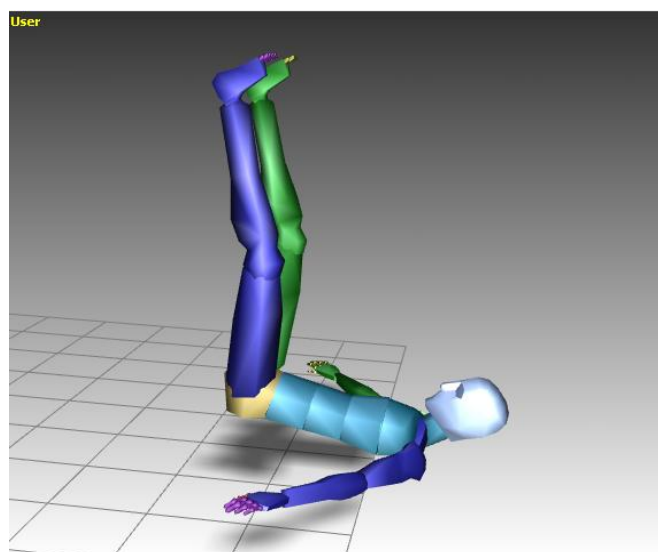
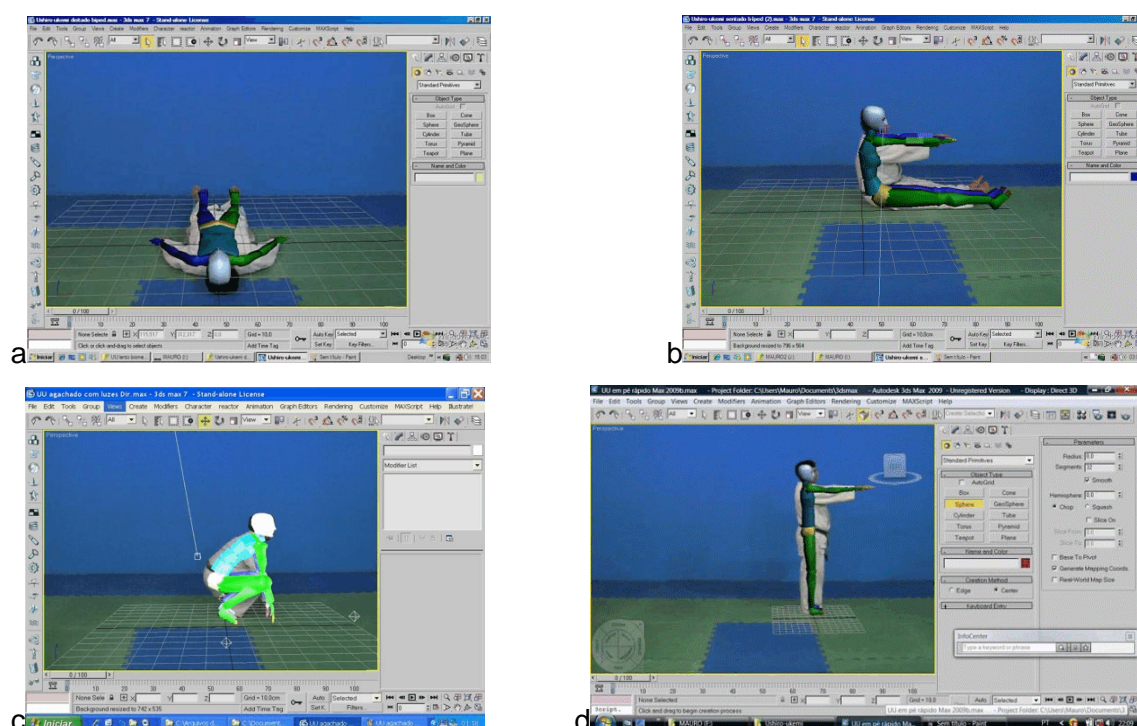


FIGURA 60: *Biped* o modelo humano virtual do default do 3DS Max.

Uma vez escolhido o modelo humano virtual, passa-se a tarefa de animá-lo executando o *ushiro-ukemi*. Para tal foi usada uma câmara digital Samsung *MiniDV* com zoom ótico de 34x e um tripé. A filmagem foi feita na academia do Professor Yano Hausen, sobre os tatames de Judô, a 7 metros de distância do professor de Judô que executou a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* de duas formas: lenta e também rápida.

Os vídeos gerados foram descarregados por um cabo *fire-wire* (IEEE1394) para MiniDV no notebook. Os vídeos foram aplicados como fundo de tela animada (*Viewport Background*) no 3DS Max. O tamanho e proporção do *biped* foram ajustados à imagem do professor no início do vídeo executando o *ushiro-ukemi*. A cada alteração importante de posição, a posição do *biped* também era alterada e gravada como quadro-chave (*key-frame*), acompanhando a movimentação do professor no vídeo ao fundo. Desse modo se fez a animação do *biped* no 3DS Max com o vídeo ao fundo (figuras 61).



FIGURAS 61: Processo de animação do *ushiro-ukemi* deitado (a), sentado (b), agachado (c) e em pé (d) no 3DS Max.

IV.1.2. Validação da animação

Feitas as animações, o próximo passo é identificá-las como efetivas representações do *ushiro-ukemi* através da opinião de especialistas em Judô com formação acadêmica, pois se as animações não exprimirem o gesto motor que se pretende ensinar de nada adiantaria levar o restante do trabalho adiante. Segundo Rowe & Mahar (2006), o primeiro estágio do processo de validação é o de definição. Chegou-se, portanto, ao momento de verificar se existe evidencia de validade para a definição de movimento adotado.

Várias são as definições disponíveis de validação (Sargent, 2000; Balci et al., 2000; DoD, 2006a) ou validade (Docherty 1996; Burton & Miller, 1998; Thrichler, 2003; Rowe & Mahar, 2006; Thomas & Nelson, 2007), variando segundo a abordagem e/ou aplicação usada. Os termos validação, verificação e certificação (*accreditation*), também chamados de VV&A, são comumente usados em ciências da computação e engenharia de software para atestar a fidelidade, funcionalidade e credibilidade do produto desenvolvido. No levantamento feito sobre validação, as referências das forças armadas ou relacionadas a softwares para uso militar, mostraram melhor nível de detalhamento e profundidade, quando tratam de VV&A.

O Departamento de Defesa (DoD, 2006b) e o Departamento de Marinha (DoN, 2004), ambos dos Estados Unidos da América, apresentam respectivamente um glossário e um manual com várias definições muito semelhantes relacionadas ao processo de Modelagem e Simulação (M&S), validação, verificação e certificação usado pelas forças armadas.

***“Verificação** é o processo de determinação, onde uma implementação de M&S e seus dados associados representam acuradamente a descrição conceitual do desenvolvedor e suas especificações. Um pergunta informal sempre aplicada sobre a verificação é: Foi a M&S desenvolvida corretamente?*

***Validação** é o processo de determinação do grau em que uma M&S e seus dados associados são uma representação acurada do mundo real a partir da perspectiva do uso pretendido da M&S. A pergunta informal sempre feita é: A M&S certa foi desenvolvida?*

***Certificação** é a determinação oficial que a aplicação de uma M&S e seus dados associados são aceitáveis para o uso específico pretendido. Certificação procura responder a pergunta: É essa a correta M&S para ser usada?”* (DoN, 2004).

Cook & Skinner (2005) apresentam também definições e listam 75 diferentes estratégias para desenvolver o processo de validação para Modelagem e Simulação (M&S). Eles dividiram as estratégias de validação em 4 grupos: **informal**, **estático**,

dinâmico e formal. Porém a abordagem é direcionada especificamente para os softwares desenvolvidos para as forças armadas.

A abordagem mais próxima dos objetivos desse estudo foi encontrada na página http://vva.msco.mil/Special_Topics/HBR-Validation/default.htm, onde o DoD (2001) discute especificamente as considerações para validação das Representações do Comportamento Humano (RCHs). Nela o DoD afirma que a estratégia de validação mais comumente usada é a validação aparente ou lógica (*face or logical validity*) conseguida através da opinião de especialistas, corroborando com a forma de tratamento usado no estudo preliminar de validação das animações 3D, representando a progressão pedagógica do *Ushiro-ukemi*. Contudo, enquanto DoD (op. cit.) afirma que esta técnica de validação é a menos confiável e completa, Cook & Skinner (op. cit.) contrapõem alegando que a validade aparente, classificada como informal, pode levar a uma má interpretação.

“Enquanto técnicas informais têm a vantagem de serem relativamente fáceis de executar e entender, sua aplicação pode ser qualquer coisa menos desestruturada. (...) Técnicas informais de VV&A podem ser muito efetivas se aplicadas com estrutura e diretrizes e elas tem custo relativamente baixo. Técnicas informais de VV&A são efetivas para examinar o modelo e a simulação também” (Cook & Skinner, op. cit.).

Durante o processo de animação foram tomadas algumas medidas para assegurar melhor representação do *ushiro-ukemi* e fortalecer o processo de validação:

- a. o movimento original foi executado por um professor de Judô, segundo as recomendações de Kano (1970) e, a partir dessa execução que simbolizava o padrão de referência (*gold standard*);
- b. foi desenvolvida a animação num dos melhores programas de modelagem e animação, o 3D Studio Max, que já possui um esqueleto semelhante ao humano, no seu default, para desenvolver as animações;
- c. o processo de validação aparente (ou lógica) da animação foi estruturado num site para facilitar o acesso;
- d. o site contém uma explicação introdutória aos especialistas sobre a tarefa que iriam desempenhar e também os objetivos propostos;
- e. três afirmativas e uma pergunta foram feitas sobre a animação de cada estágio da progressão pedagógica.
- f. as respostas eram automaticamente enviadas para três diferentes contas de e-mail para evitar extravio de dados.
- g. os resultados foram posteriormente tratados estatisticamente.

Posto que foi iniciado o processo de validação lógica com os peritos, pensou-se que seria interessante se eles vissem também como foi desenvolvido o processo de animação, apresentando-lhes uma imagem animada (.gif) do 3DS Max durante o processo. Portanto foram formuladas as seguintes perguntas para esta etapa do estudo: O conteúdo representado na movimentação do *biped* é o ushiro-ukemi? Ele pode ser visualizado por vários ângulos? Esse processo de animação serviu para ser aplicado nesses gestos esportivos especificamente? O *biped* pode ser ajustado ao tamanho da imagem do professor para que animação fosse feita? Foi possível ver o movimento do *biped* fluindo no decurso do tempo de acordo com o movimento do professor?

Para tal foi idealizado e construído o website do LaCiMovi – Laboratório de Ciências do Movimento e Realidade Virtual Aplicada (www.lacimovi.net), contendo o link de uma página para tratar dos assuntos da tese (www.lacimovi.net/Tese20%-20%index.htm). Nessa segunda página há um link para outra página, onde foi tratada a validação da animação 3D (www.lacimovi.net/validacaoanime/index.htm).

Uma vez apresentada a animação, chegava-se a parte onde quatro afirmativas eram julgadas, em escala ordinal, aplicando a escala Likert, conforme fizeram Carvalho (1995) e Tavares (1998). Nessa escala a resposta concordo plenamente vale 5 pontos, concordo vale 4, indeciso vale 3, discordo 2 e discordo plenamente 1.

<input type="checkbox"/> concordo plenamente	<input type="checkbox"/> concordo	<input type="checkbox"/> indeciso	<input type="checkbox"/> discordo	<input type="checkbox"/> discordo plenamente
--	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--

QUADRO 4: Escala Likert para avaliação das afirmativas.

Todavia cabe lembrar que a escala Likert só foi usada para as três primeiras afirmativas. Na quarta, se avaliou a qualidade da animação 3D e, portanto, foi usada uma escala semelhante a usada por Sim et al. (2006), onde excelente valeu 5, muito bom 4, bom 3, razoável 2 e ruim valeu 1.

<input type="checkbox"/> excelente	<input type="checkbox"/> muito bom	<input type="checkbox"/> bom	<input type="checkbox"/> razoável	<input type="checkbox"/> ruim
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------

QUADRO 5: Escala de avaliação da animação pelos peritos.

IV.1.2.1. Análise das respostas

1º item - afirmativa:

“Esta animação em 3D permite visualizar a execução do Ushiro-ukemi (...) por vários ângulos”.

Posto que se estava lidando com uma escala ordinal, optou-se por utilizar a mediana como medida de tendência central nessa análise para caracterizar a opinião do grupo. A mediana mostra que a resposta do grupo de especialistas foi concordo plenamente. Nitidamente a moda das opiniões também foi concordo plenamente.

TABELA 2: Níveis de concordância sobre a representação dinâmica do *ushiro-ukemi* deitado, sentado, agachado e em pé e sua visualização por vários ângulos pelos especialistas.

		1a. afirmativa deitado	1a. afirmativa sentado	1a. afirmativa agachado	1a. afirmativa em pé
N	Válidos	13	13	11	13
	Nulos	0	0	2	0
Média		4,54	4,62	4,55	4,62
Mediana		5	5	5	5
Moda		5	5	5	5
Concordo plenamente %		69,2	76,9	72,7	76,9
Concordo %		23,1	15,4	18,2	15,4
% de aceitação		91,3	92,1	90,9	92,1

A mediana e a moda em todos os estágios da progressão pedagógica foram 5, o que significa que a tendência central (mediana) da opinião dos especialistas é: *concordo plenamente*. Observou-se também que a média foi acima de 4,5. Portanto, está comprovado que a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* deitado, sentado, agachado e em pé foram representadas pelo *biped* com mais 90% de concordância.

2º item - afirmativa:

“Essa técnica de animação feita com a sobreposição do Humano Virtual (Biped) ao vídeo permite apresentar o Ushiro-ukemi (...) fluindo no decurso do tempo, conforme o movimento do professor”.

Essa afirmativa visa validar a técnica de animação de sobreposição no 3DS Max através da opinião dos especialistas.

TABELA 3: Níveis de concordância sobre a técnica de sobreposição do *biped* ao vídeo para representação dinâmica do *ushiro-ukemi* deitado, sentado, agachado e em pé, segundo os especialistas.

		2a. afirmativa deitado	2a. afirmativa sentado	2a. afirmativa agachado	2a. afirmativa em pé
N	Válidos	13	13	11	13
	Nulos	0	0	2	0
Média		4,54	4,46	4,55	4,62
Mediana		5	5	5	5
Moda		5	5	5	5
Concordo plenamente %		53,8	53,8	63,6	61,5
Concordo %		46,2	38,5	27,3	38,5
% de aceitação		100	92,3	90,9	100

Assim como aconteceu com a afirmativa anterior, a mediana e a moda foram 5 em todos os estágios da progressão pedagógica, o que significa que o valor obtido como mediana (medida tendência central da opinião dos especialistas) corresponde a: *concordo plenamente*. Observou-se que a média foi acima de 4,46. Portanto, a técnica de sobreposição da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* deitado, sentado, agachado e em pé foi avaliada com mais 91% de concordância, sendo que nos casos do *ushiro-ukemi* deitado e em pé a concordância foi de 100%.

3º item - afirmativa:

“Esta técnica de animação 3D permite posicionar o Biped, ajustando a proporção do seu movimento a cada quadros-chave, segundo Ushiro-ukemi (...) executado pelo professor no vídeo”.

Essa afirmativa visa validar o ajuste da proporção do movimento do *biped* a cada quadro-chave fazendo com que ele flua no tempo segundo a movimentação do professor no filme.

TABELA 4: Caracterização dos níveis de concordância dos especialistas sobre o ajuste da posição do *biped* as proporções do movimento do professor no vídeo em cada quadro-chave.

		3a. afirmativa deitado	3a. afirmativa sentado	3a. afirmativa agachado	3a. afirmativa em pé
N	Válidos	13	13	11	13
	Nulos	0	0	2	0
Média		4,38	4,23	4,45	4,38
Mediana		5	4	5	5
Moda		5	5	5	5
Concordo plenamente %		61,5	46,2	63,6	53,8
Concordo %		23,1	38,5	27,3	38,5
% de aceitação		84,6	84,6	90,9	92,3

Para tal, verificou-se que a mediana e a moda foram 5 em todos os estágios da progressão pedagógica, menos para o *ushiro-ukemi* sentado que obteve 4 de mediana. Conforme explicado anteriormente, a tendência central usada para caracterizar a opinião dos especialistas é a mediana e o valor óbito corresponde a *concordo plenamente* para todos os estágios, menos para o estágio sentado que foi: *concordo*. A média foi acima de 4,23.

Portanto, para avaliar o grau de concordância, apenas as respostas: *concordo* e *concordo plenamente*, serviriam para validar a movimentação do *biped* fluindo no decurso do tempo conforme a do professor. Os seguintes percentuais de concordância foram atingidos: 84,6% para o estágio deitado, 84,6% para o sentado, 90,9% para o agachado e 92,3% para o estágio em pé.

O próximo item do questionário não é uma afirmativa, mas uma pergunta que visa avaliar a animação 3D desenvolvida.

4º item - pergunta:

“Como você avalia essa animação 3D do *Ushiro-ukemi* (...)”?

Nesse item, os especialistas tinham também cinco opções de resposta que variavam entre excelente e ruim, conforme explicado anteriormente. O conceito mais votado pelos especialistas (moda) foi *excelente* (=5) em todos os estágios da progressão pedagógica. A mediana obteve o conceito 5 (*excelente*) no estágio deitado, 4,5 no estágio agachado e, para o estágio sentado e em pé, foi alcançado o conceito 4, correspondente a *muito bom*. A média variou entre 4,17 e 4,38, ou seja, entre 4 (*muito bom*) e 5 (*excelente*).

TABELA 5: Avaliação da qualidade da animação 3D dos estágios da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* por especialistas.

		4º item - pergunta deitado	4º item - pergunta sentado	4º item - pergunta agachado	4º item - pergunta em pé
N	Válidos	13	13	12	13
	Nulos	0	0	2	0
Média		4,31	4,38	4,17	4,31
Mediana		5	4	4,5	4
Moda		5	5	5	5
Excelente %		53,8	53,8	50,0	46,2
Muito bom %		23,1	30,8	25,0	38,5
Bom %		23,1	15,4	16,7	15,4
% de aceitação		100	100	91,7	100

Vale ressaltar que bastariam ser alcançados os conceitos *concordo* e *bom* nesta avaliação para que a animação pudesse ser aplicada no processo de ensino-

aprendizagem do *ushiro-ukemi* proposto aqui neste estudo. Foram obtidos conceitos iguais ou superiores a esses, portanto a validade aparente deste processo de animação foi sustentada pelas evidências encontradas na opinião dos especialistas. Tais evidências permitem afirmar que, através da técnica de sobreposição e ajuste do *biped*, foram criadas animações 3D, que puderam ser visualizadas por vários ângulos e caracterizaram a progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*, segundo a movimentação do professor no vídeo em termos de espaço e tempo.

IV.1.2.2. Comentários dos especialistas para cada estágio da animação do *ushiro-ukemi*

IV.1.2.2.1. *Ushiro-ukemi* deitado

Após responderem os quatro itens do questionário sobre o *ushiro-ukemi* **deitado**, os especialistas fizeram os seguintes comentários:

1) “Gostaria de salientar a importância dessa técnica para futuros estudos de movimentos técnicos no Judô” (LESM).

O especialista percebe a relevância e a perspectiva que se abre com este trabalho para o Judô.

2) “Talvez seria interessante definir a aplicação do *ushiro-ukemi* para crianças e para adultos, pois o movimento é mostrado com a flexão do pescoço, e para as crianças, eu particularmente, não forço esse tipo de movimento, visto que a cabeça ainda é um órgão muito pesado para a execução desse movimento, e a estrutura muscular do pescoço é exigida demais” (NM).

3) “Na primeira animação me parece que o *biped* coloca a cabeça no solo, após a finalização do exercício. O movimento não seria o de manter o queixo no peito após a finalização, a fim de evitar o impacto da cabeça no solo” (DS).

Os especialistas que fizeram as observações 2 e 3 falam a posição da cabeça durante este movimento. Realmente é difícil para crianças manterem tal posição fora do chão durante a tarefa, por isso, na animação, o *biped* tira a cabeça do chão, executa a batida de braços e depois a deita fechando um ciclo que se repetirá na próxima execução ao invés de deixá-la fora do chão o tempo todo.

4) *“Deveria se aperfeiçoar o movimento inicial e final do lado esquerdo de braços e pernas”* (LJMS).

Apesar do especialista ter observado esses detalhes, a animação foi revisada, mas não foi alterada, pois não se observou qualquer detalhe que descaracterizasse a animação do *ushiro-ukemi* como tal.

5) *“A pergunta A permite visualizar por varios ângulos. Não foi possível movimentar a animação, portanto a pergunta parece mais um questionamento sobre o sistema 3D. A outra pergunta a C também não foi possível ajustar a proporção do movimento”* (PAC).

Possivelmente este especialista tinha a versão 7 ou anterior do programa Adobe Acrobat Reader no computador, que permitiam apenas visualizar o modelo 3D estático, mas não a sua animação ou manipular a sua proporção. Apenas a versão 8 ou superior permitiam a visualização e controlar a animação, assim como alterar a iluminação, a cor do fundo e a aparência do *biped*. Talvez este tenha sido o motivo dele ter discordado da primeira afirmativa.

6) *“No movimento do ushiro-ukemi a velocidade no trajeto dos braços ao executarem o impacto no solo me parece variar no professor, enquanto na animação pareceu ser constante esta velocidade. Minha sugestão de reflexão neste trabalho se resume em uma verificação dos propósitos pedagógicos e funcionais do ushiro-ukemi para o iniciante, sobretudo nesta primeira etapa do aprendizado do movimento. Creio que o principal objetivo do ukemi, de maneira geral, seja a absorção de impacto do tronco através dos braços e, para isso, deve existir um aprendizado, inclusive, do controle da potencia com que se executa este movimento”* (GCS).

A animação da batida de braços acompanhou o movimento do professor num ritmo quadro-a-quadro do filme. Todavia o aspecto abordado pelo especialista foi levado em consideração durante o ensino do *ushiro-ukemi* para os alunos e eles foram informados sobre a função dos braços e a potencia necessária ao movimento, para todos os métodos de ensino aplicados, menos para o Material Didático com RA, pois neste a influencia do professor era a menor possível.

IV.1.2.2.2. *Ushiro-ukemi* sentado

Passando ao ***ushiro-ukemi* sentado**, os especialistas fizeram os seguintes comentários após responderem os quatro itens do questionário:

1) *“Talvez fosse interessante também, desenvolver a apresentação em câmera-lenta, para uma melhor observação e fixação dos movimentos, com opção de pause para estudo de detalhes”* (NM).

Essa animação rápida foi utilizada com os grupos 4 e 5 que receberam ensino teórico pelo sistema de Realidade Virtual antes da Aula Prática. Porém os grupos 2 e 3 utilizaram apenas os sistemas de RA como fonte de ensino. Para lhes facilitar a execução dos movimentos foram desenvolvidas outras animações feitas a partir da mesma técnica de sobreposição e ajuste do *biped* as imagens do mesmo professor, executando o *ushiro-ukemi* mais lentamente em outros vídeos.

2) *“Deve-se aperfeiçoar a parte posterior de tronco que apresenta variação no momento final do movimento quando se executa o ato de deitar para a batida da mão”* (LJMS).

Essa animação foi revista, mas não se observou qualquer variação ou erro de execução que pusesse ser corrigido. Os demais avaliadores não fizeram qualquer crítica sobre esse movimento.

3) *“As perguntas A e C tanto visualizar por vários ângulos e ajustar a proporção do movimento eu não tive controle, por isso discordei”* (PAC).

Com certeza a versão do programa Adobe Acrobat Reader deste especialista era anterior a oitava e, portanto, não conseguiu ver ou controlar a animação 3D.

4) *“Reforço minha sugestão de reflexão acerca da variação de velocidade do corpo com que executam esses movimentos”* (GCS).

Nesse filme, o professor executou o *ushiro-ukemi* rapidamente, contudo a animação 2D está em câmera lenta para melhor visualização do processo de

animação no 3DS Max. A animação 3D segue a velocidade de movimento originalmente apresentada pelo professor no filme e não está em câmera lenta.

IV.1.2.2.3. Ushiro-ukemi agachado

No Ushiro-ukemi agachado, foram feitos os seguintes comentários:

1) *“Não houve execução”* (DQ).

A animação 2D e 3D do *ushiro-ukemi* agachado foram as que exigiram mais memória. Pode ter acontecido um *bug* e o download tenha sido muito lento ou travado. Felizmente foi o único caso relatado.

2) *“Entendo que o movimento dos braços após a batida não são relaxados no chão, devem voltar a posição esticada na frente do corpo. Mas existem professores que utilizam esta forma apresentada”* (NM).

Essa forma de ser apresentar a finalização do *ushiro-ukemi* agachado foi adotada para que o aluno pudesse visualizar por mais tempo e fixar a posição dos braços no final do movimento.

3) *“Esta animação me parece um pouco rápida em relação a segunda. Me parece que o professor Mauro tem o controle por sua experiência na queda de não bater com a cabeça no tatame. Acredito que na hora da execução se houvesse uma maior inclinação a frente retardaria mais o movimento e proporcionaria uma maior proteção na cabeça”* (PAC).

Alguns professores recomendam que o aluno faça a flexão da cervical, encostando o queixo no peito, logo na posição inicial (agachada). Porém, nesse estudo, foi recomendado que os alunos fizessem a flexão da cervical conforme fossem encostando as costas no chão, acompanhando o movimento de flexão da coluna torácica e lombar, conforme apresentado no movimento do professor.

4) *“O movimento inicial do modelo humano apresenta erro de execução do movimento inicial pois inicia-se na ponta dos pés e não com o calcanhar apoiado sobre o solo. A angulação de flexão dos joelhos é exagerada e deve ser corrigida, conforme recomendado no manual da Kodokan. Melhorar a parte posterior de tronco em relação ao contato com o solo”* (LJMS).

Segundo o livro clássico: Kodokan Judo Illustrated, os calcanhares ficam elevados e não encostados no chão, assim como na animação apresentada. Para facilitar o equilíbrio das crianças, o *ushiro-ukemi* agachado começava na posição de “sapinho”, com os joelhos afastados.

5) *“Eu sugiro que no início do movimento seja feito com as coxas um pouco mais paralelas. não alteraria a excelente execução mas trabalharia mais o equilíbrio”* (KP).

A posição das pernas com os joelhos abertos se deve a uma adaptação da forma inicial especificamente para crianças. Elas iniciam na posição de “sapinho” que permite maior equilíbrio, conforme apresentado na animação. De outro modo, a forma tradicional começa com os joelhos juntos e o braço a frente dificultando o equilíbrio de quem está aprendendo o *ushiro-ukemi*, ou seja, além de ter que se preocupar com a execução de um movimento novo, o aluno também tem que se preocupar em se equilibrar logo no início do movimento.

IV.1.2.2.4. Ushiro-ukemi em pé

Seguindo para as observações dos especialistas para o *ushiro-ukemi* em pé:

1) *“A perna esquerda do modelo virtual apresenta destaque aumentado no momento sequencial do início do movimento”* (LJMS).

A animação foi vista e revista, mas ela seguiu o movimento do professor no filme e nenhum erro foi contatado nem no filme e nem na perna esquerda da animação.

2) *“Discordo por motivos antes justificados”* (PAC).

Ele não conseguiu ver nenhuma das animações 3D.

3) *“Um valioso instrumento do processo ensino aprendizagem que facilitará a vida de discentes e docentes. Ressalto que o judô necessita de avanços desta natureza para desta forma emergir do processo consuetudinário neste esporte”* (JDLBJ).

O especialista percebeu o valor potencial da aplicação da animação 3D para o ensino de Judô.

Esse processo de verificação da evidencia de validade da animação 3D do Ushiro-ukemi em pé resultou num trabalho apresentado no III Euro-American Congresso of Human Kinetics, realizado na cidade de Murcia, Espanha, em outubro de 2009 (Carvalho et al., 2009c) e em outro aceito para ser apresentado no WAMS 2010 (Carvalho et al., 2010a).

IV.1.3. Conversão do arquivo do *biped* animado em arquivo compatível ao sistema de RA:

IV.1.3.1. Conversão do *biped* animado em arquivo da Right Hemisphere (.RH), para depois ser convertido em arquivo compatível com o DART e com o *Mr Planet lite*: .w3d (Shockwave 3D) e .3ds (3D Studio), respectivamente.

O arquivo do 3DS Max (.max) que continha a animação do *biped* precisou ser convertido. A animação precisou ser convertida em arquivo Shockwave 3D (.w3d) para poder funcionar na plataforma DART, onde foi montado o sistema de RA. Essa conversão se fez inicialmente no próprio 3DS Max, contudo o *biped* ficou invisível, pois o *biped* é apenas um esqueleto invisível a ser associado a malha de um modelo humano virtual. Feito isso a malha e o *biped* poderiam ser animados, mas não foi essa a metodologia para animação adotada nesse estudo conforme afirmado anteriormente no item destinado a criação e animação do modelo humano virtual.

Quando a conversão era feita apenas no 3DS Max, várias tentativas de conversão de arquivos foram feitas para que o *biped* pudesse ser visualizado num arquivo Shockwave 3D, mas essas conversões causavam distorções na forma e no movimento do *biped* (figura 62).

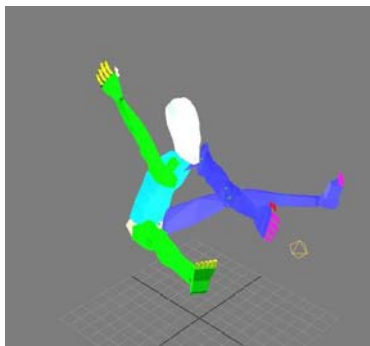


FIGURA 62: *Biped* com distorções.

Contudo, após várias experimentações, apenas algumas sequências de conversão funcionaram perfeitamente. O DART é compatível com arquivos com animações **.w3d**, porém foi necessária uma conversão prévia do arquivo **.max** para um arquivo **.3ds**, usando o 3DS Max. Outra possibilidade encontrada foi converter o arquivo **.max** em arquivo binário **.RH**, no Deep Exploration, para posterior conversão em **.w3d** no 3DS Max mesmo.

TABELA 6: Conversão de arquivos do *biped* para posterior aplicação em sistemas de RA e no Adobe Acrobat Reader.

Formato inicial	Formato	Formato	Formato	Resultado
.max	➡ .w3d*			Biped invisível
.max	➡ .wrl* ou outro*	➡ .w3d*		Visualização com distorção do biped
.max	➡ .3ds*			Funcionou perfeitamente
.max	➡ .3ds*	➡ .w3d*		Funcionou perfeitamente
.max	➡ .RH**	➡ .w3d*		Funcionou perfeitamente
.max	➡ .RH**	➡ .pdf***		Funcionou perfeitamente
.max	➡ .RH**	➡ .u3d**	➡ .pdf***	Funcionou perfeitamente

Conversor: *3DS Max, **Deep Exploration, ***Adobe Acrobat Reader.

IV.1.3.2. Converter o biped animado em arquivo da Right Hemisphere (.RH), para depois ser convertido em arquivo Universal 3D (.u3d) e então aplicado no Adobe Acrobat (.pdf).

A conversão do biped (**.max**) em arquivo no formato binário da Right Hemisphere (**.RH**) ocorreu no programa Deep Exploration. Após essa conversão, ele pode ser convertido diretamente para arquivo com terminação (**.pdf**) no programa Adobe Acrobat 3D versão 8 e ser associado ao material didático. Outra opção que funcionou, porém mais trabalhosa, foi converter o arquivo da Right Hemisphere (**.RH**) em arquivo da Universal 3D (**.u3d**), para finalmente convertê-lo em formato Adobe (**.pdf**).

IV.1.4. Criação do material didático interativo (livro digital) para o ensino do *ushiro-ukemi*, em formato de arquivo Adobe Acrobat Reader (.pdf)

O desenvolvimento de animação 3D já atingiu níveis industriais e comporta uma série de profissionais envolvidos como: animador, diretor técnico, supervisor de animação, especialista em trilhas, artista de *layout*, desenhista de *storyboard*, diretor de arte, escritor (roteirista) e o diretor (Armstrong, 2001). Todavia este estudo não é um produto industrializado, mas é uma tese e, portanto, sequer dispôs de tantos recursos financeiros e profissionais envolvidos dando suporte.

Nessa etapa, o primeiro passo foi criar o roteiro de uma estória que pudesse promover o ensino e aprendizagem do *ushiro-ukemi*, despertando o interesse e prendendo a atenção do aluno durante a sua leitura. O transcorrer da estória deveria ocorrer dentro do contexto escolar, respeitando o discurso dos alunos e as questões cotidianas que eles vivem do 3º ao 7º anos do Primeiro e Segundo Segmentos do Ensino Fundamental.

A estória mostra um aluno machucado chegando ao ambiente escolar com um atestado médico na mão e um bilhete da sua mãe para o professor de Educação Física, que aproveita a oportunidade da situação para ensinar um jeito de cair sem se machucar. Consequentemente os personagens são: o aluno machucado, o professor de Educação Física e seus colegas de sala. Com falas comuns as aulas de Educação Física, o professor apresenta um breve histórico desse movimento. Utilizando-se do método de descoberta dirigida, ele segue fazendo pequenas perguntas para provocar a participação dos alunos que respondem e mostram comportamentos típicos durante a aula.

As ilustrações da estória caricaturaram o professor e utilizaram traços e desenhos bem simples para facilitar a identificação pelo alunado, conforme fora recomendado. Essas ilustrações feitas a lápis em papel foram digitalizadas por um *scanner 2D HP Officejet 4255 all-in-one* e convertidas em arquivos bitmap (.bmp). Os arquivos de imagens foram coloridos no Adobe Photoshop e inseridos os balões de diálogo entre o professor e os alunos.

Todavia, cabe lembrar que os detalhes da execução do *ushiro-ukemi* não foram desenhados, pois era necessária precisão maior do que um desenho a mão livre permitiria. Posto que a animação 3D desenvolvida nesse estudo apresenta evidência de validade lógica (Carvalho et al., 2009b), foram utilizados arquivos de imagem 2D (.jpg), obtidos através da tecla *print screen* de momentos-chave da animação 3D para ressaltar pontos importantes na execução do *ushiro-ukemi*. Todos esses arquivos de imagem foram convertidos em formato Adobe Acrobat (.pdf) e associados na sequência da estória.

Finalmente, o personagem “professor” apresenta os estágios da progressão pedagógica tradicional usada para ensinar o *ushiro-ukemi*. Nesse momento houve o cuidado de serem postas frases curtas e bem diretas, respeitando a quantidade máxima de 7 ± 2 novas informações ao apontar os detalhes do movimento em cada estágio (Miller, 1956, APUD Schmidt & Wrisberg, 2007). A manipulação do boneco 3D interativo, que demonstra o movimento deveria ser feita imediatamente após a leitura

das novas informações, pois a memória de curta duração só retém essas informações, no máximo, por 30 segundos.

Depois de serem apontados os detalhes de cada estágio no livro digital, era inserida a animação 3D interativa. O arquivo em formato Universal 3D (.u3d), que continha o respectivo *biped* animado, foi convertido em formato Adobe Acrobat e associado a estória. Feito isso foi possível manipular a animação do modelo humano virtual 3D, controlando a velocidade da animação, a iluminação, a aparência, o tamanho do *biped* e a sua posição na tela, assim como a cor de fundo e o ângulo de visualização, graças as facilidades encontradas no default do Adobe Acrobat versão 8 ou superior.

IV.1.5. Criação do livro aumentado (material didático interativo com marcador) para o ensino do *ushiro-ukemi*

O livro digital foi convertido em arquivo PowerPoint (.ppt). Cada uma das animações 3D foi substituída por um marcador fiducial diferente. Esta apresentação do Power Point foi impressa em papel A4, contendo dois slides por página. As imagens e os balões com as falas foram ajustados para permitirem boa leitura dos alunos em função das novas dimensões dos slides apresentados em papel. O livro aumentado consiste no material didático impresso com marcadores e associado ao sistema de RA. Tanto o processo de criação, aceitação e validação de material didático digital interativo quanto do material didático impresso com marcadores associado ao sistema de RA (livro aumentado) resultou num trabalho apresentado no III Congresso Nacional de Ensino Fundamental (Carvalho et al., 2009b; Carvalho et al., 2010c).

IV.1.6. Criação do sistema de RA

Desenvolver sistemas de RA pode ser feito de vários modos Wang et al. (2009) dividem os pacotes de ferramentas de autoria de sistemas de RA em dois grupos, os pacotes para programadores e não programadores (quadro 7).

Quadro 7: Tipos de pacotes de ferramentas para autoria de sistemas de RA.

	Programadores	Não-programadores
Baixo Nível	<ul style="list-style-type: none">• ARToolkit• arTag	<ul style="list-style-type: none">• DART• ComposAR
Alto Nível	<ul style="list-style-type: none">• Studierstube• osgART	<ul style="list-style-type: none">• AMIRE• MARS

Algumas perguntas precisam ser respondidas antes de se começar a fazer um sistema de RA: o sistema de RA vai servir para Educação Física ou Esporte? Sua utilização será para visualização, ensino ou treinamento? Outro ponto que se deve saber de antemão é o tipo de mídia que será introduzida no sistema de RA. Será ela: som, foto, filme, animação 2D, 3D ou várias? Por fim, Carvalho (2010a) alega que um sistema de RA pode ser feito de 4 modos:

1. programando em C ou C⁺⁺ - como se fez nos primeiros trabalhos,
2. usando um Toolkit para programadores (ARToolkit),
3. usando plataformas para designers (DART),
4. ou usando visualizadores/players ou programas de código aberto (Mr. Planet).

A Plataforma DART – Designer Augmented Reality Toolkit funciona sobre o Macromedia Director MX2004. O site da Georgia Tech (www.cc.gatech.edu/dart/), que criou o DART, apresenta uma definição para a plataforma:

“O Designers Augmented Reality Toolkit é um jogo de ferramentas de software que apóiam desenho rápido e implementação de experiências de realidade aumentadas e aplicações. DART é projetado para facilitar o desenho completo e o processo de desenvolvimento, desde o conceito inicial por experiência e testagem do conteúdo até para entrega de produto final. DART enfatiza a criação rápida e informal do conteúdo e testagem da experiência inicial, promovendo desenho interativo inicial no processo de criação.”

No DART existem arquivos pré-programados, pelos seus criadores, com extensão **.dir**. Esses arquivos mostram diferentes aplicações do DART, dentre eles o MarkerTracking.dir e o TrackerCues.dir mostram aplicações 3D de Realidade Aumentada com marcadores fiduciais. Esses arquivos foram alterados, eliminando as antigas funções e inserindo novas ao sistema para posterior utilização nessa tese.

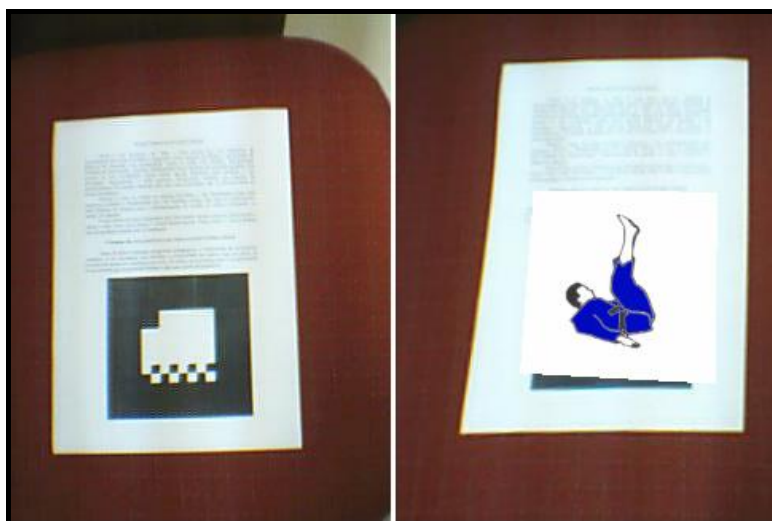
IV.1.6.1. Estudo com animação 2D

O processo de desenvolvimento do sistema de RA no DART seguiu os seguintes passos:

- Para que a animação 2D (em pé.gif), em formato **.gif**, pudesse ser usada no DART, ela foi transformada em arquivo no formato flash (em pé.swf).
- O arquivo GRVa-FlashMarkerTracking.dir foi utilizado neste estudo. Esse arquivo é o MarkerTracking.dir adaptado pelo GRVa – Grupo de Realidade Virtual Aplicada (WWW.lamce.ufrrj.br).

- Essa nova animação 2D em flash foi inserida no *Cast*.
- No *Score* do DART, o *Actor* foi selecionado.
- O *behavior FlashActor* foi selecionado um modelo 3D: o plano.
- Ainda no *FlashActor*, no item *Non-interactive*, *Animated Flash texture* foi selecionado o arquivo em pé em formato flash para servir de textura para plano. Foram também ajustados os parâmetros dimensionais da imagem.
- No *Score*, o *Video* foi selecionado e ajustados os seus parâmetros em relação a câmera, modo de cor, quadros por segundo, resolução de imagem e etc..
- Por último foram configurados os parâmetros de “*tracking*” para associar os marcadores fiduciais do default do DART ao plano com textura animada.

Como resultado desse processo de desenvolvimento, este estudo foi apresentado no I Congresso de Ciências do Deporto (Carvalho et al., 2005), em formato de pôster, onde a audiência pareceu ter boa receptividade (figura 63).



FIGURAS 63: Animação 2D associada a um marcador fiducial num material didático.

IV.1.6.2. Estudos preliminares com animação 3D

Os primeiros ensaios com o DART, utilizando animações 3D, resultaram em três estudos publicados (Carvalho et al., 2006; Carvalho et al., 2007). Nesses estudos foram usados os arquivos anteriormente citados no item de criação de modelos humanos virtuais 3D chamados: Pinocchio e Pinochio2, que foram construídos a partir de formas primitivas no 3D Studio Max. O arquivo do DART previamente programado usado nesses estudos foi o TRackerCue.dir. Os procedimentos de desenvolvimento dos seus respectivos sistemas de RA foram semelhantes ao descrito no estudo com animação 2D, pois também foram inseridos os modelos humanos

virtuais 3D animados, os parâmetros de vídeo foram configurados e o modelo associado a um marcador fiducial.

IV.1.6.3. Criação do sistema de RA usado com o G₂ e G₃

Dentre todas as opções levantadas e testadas, o *software Mr. Planet lite* se mostrou o mais estável, leve e simples para ser usado nas próximas nove turmas da Unidade Escolar São Cristóvão II.

O *Mr. Planet lite*, assim como o *Mr. Planet (full version)* foram baixados no site: <http://planet.urv.es/planetrv/>. No site há uma definição sobre o programa:

“Mr. Planet é um software de Realidade Aumentada com uma interface simples para os usuários. O Usuário é capaz de associar modelos 3D feitos pelo seu editor preferido (AutoCAD, 3D Studio, ...) com uma grande variedade de padrões de Realidade Aumentada (RA). Essa ferramenta permite modificar o tamanho, girar ou transladar o modelo em relação ao padrão através de uma interface com menu de opções.”

O *Mr. Planet lite* tem manual é fácil de ler e vídeo explicativo, possui botões que facilitam o ajuste do modelo 3D e também permite melhor visualização por abrir uma janela mais ampla do que as conseguidas pelo DART, mesmo quando era criado o arquivo executável, pois este seguia a resolução da *webcam* usada (320x240).

Outro ponto a favor do *Mr. Planet lite* é a sua leveza. Todo o programa pesa apenas 3,13 Mb descompactado, sem contar os arquivos do *Ushiro-ukemi* a serem inseridos. As únicas desvantagens identificadas no *Mr. Planet lite* são: o retardo na animação e a aparência fosca do *biped*. O *Ushiro-ukemi* parece ficar um pouco mais lento do que quando modelado no 3D Studio Max ou visualizado no Deep Exploration. Todavia esse retardo não atrapalhou ou a aprendizagem do *Ushiro-ukemi*. A aparência do *biped* perde em qualidade, pois o *Mr. Planet lite* parece não importar o brilho e as sombras do *biped*, deixando-o fosco (figura 64).

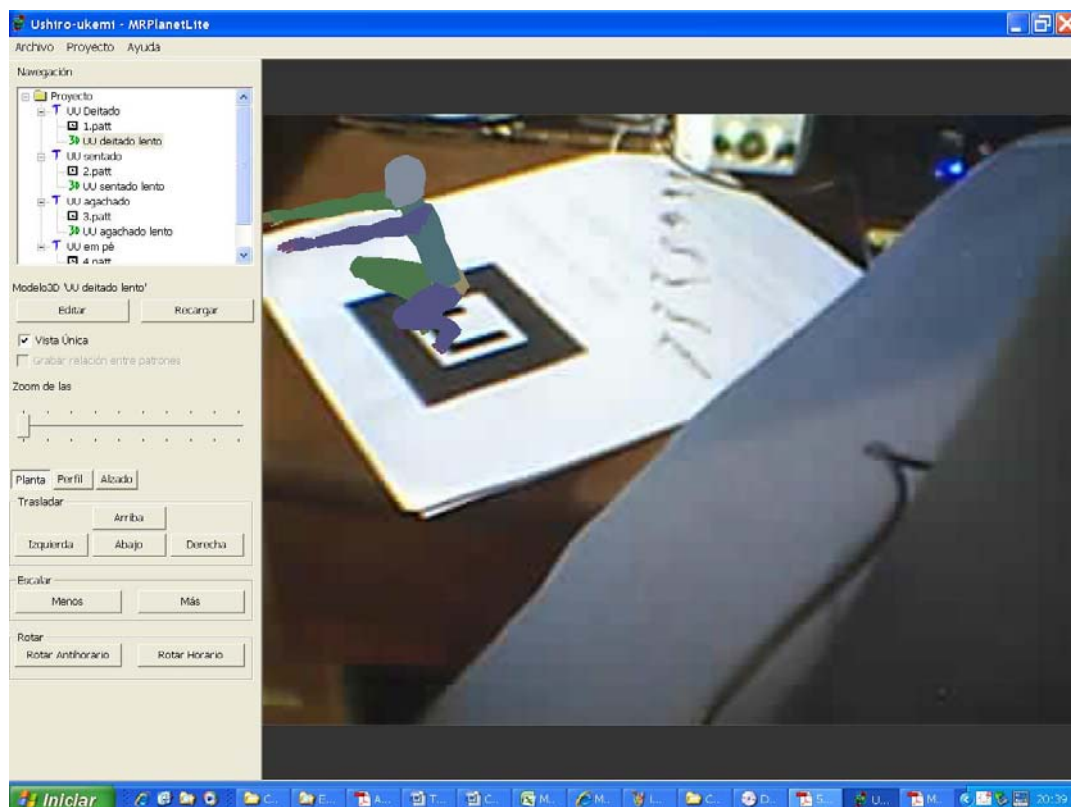
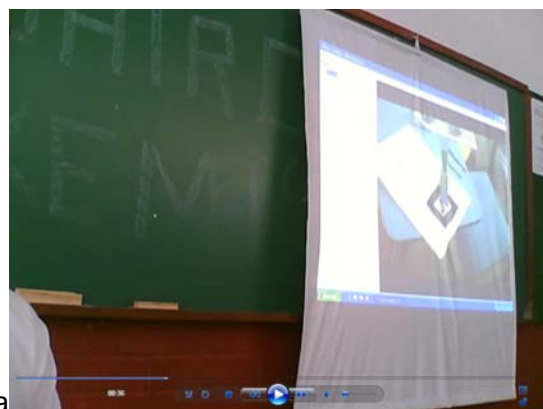


FIGURA 64: *Mr. Planet lite* mostrando Realidade Aumentada com o *Ushiro-ukemi*.

Os modelos 3D usados com o grupo que usou o livro aumentado (G_2) foram escalonados no *Mr. Planet* para que pudessem ser adequadamente vistos quando os alunos manipulassem o material didático impresso (figura 65).



FIGURAS 65: Manipulação do material impresso com Realidade Aumentada (a, b).

No caso do G_3 , os modelos foram aumentados usando os botões na interface do *Mr. Planet lite* para ficarem aproximadamente do tamanho dos alunos (figuras 66).



FIGURAS 66: *Biped* ajustado para ficar do tamanho aproximado dos alunos.

IV.1.7. Validade, fidedignidade, dificuldade e discriminação de instrumentos para avaliar a aprendizagem teórica e prática do *ushiro-ukemi*

Um das preocupações deste estudo foi elaborar um questionário e um teste prático, onde fosse possível avaliar com qualidade e autenticidade científica a respectiva aprendizagem teórica e prática do *ushiro-ukemi*. Se não fosse observada evidência de validade nesses instrumentos de medida e avaliação, não seria possível, num momento posterior, determinar se as novas metodologias usadas (RV e RA) puderam promover de fato a aprendizagem dos alunos. Portanto, nessa verificação de evidência de validade dos instrumentos de medida e avaliação, apenas os membros do grupo controle (n=18) e o grupo que fez aula prática (n=75) que não tinham conhecimento prévio foram comparados. Consequentemente os que tinham conhecimento prévio foram detectados antes do processo de avaliação começar e separados. Sua avaliação ocorreu após a dos que não tinham conhecimento prévio para evitar a observação e o possível efeito de uma aprendizagem por imitação daqueles que nada sabiam ainda.

a) Questionário:

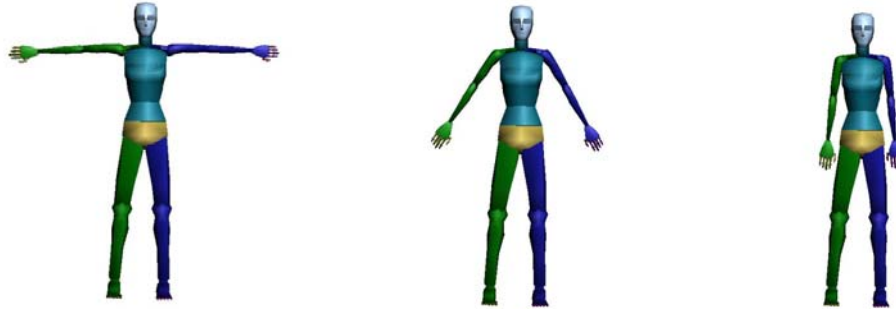
No questionário foram avaliados aspectos essenciais para aprendizagem do *ushiro-ukemi* como: reconhecimento da nomenclatura específica e o correto posicionamento do corpo para execução com segurança, através das seguintes perguntas:

- Qual é o nome em japonês do rolamento para trás do Judô?
- () *Zempo-kaiten-ukemi* () *Yoko-ukemi* () *Ippon-seoi-nage*
- () *O-soto-gari* () *Ushiro-ukemi*

- Ao executar o rolamento para trás, você precisa por o queixo no peito?
() sim () não

- Por que? _____

- Como devem ficar os braços na hora de batida de braços? Faça um círculo na figura certa.



São quatro perguntas, onde cada item valeu 2,5 pontos, somando 10 pontos. Optou-se por transformar a soma dos resultados para uma escala de zero a dez como num ambiente escolar para facilitar a compreensão dos alunos.

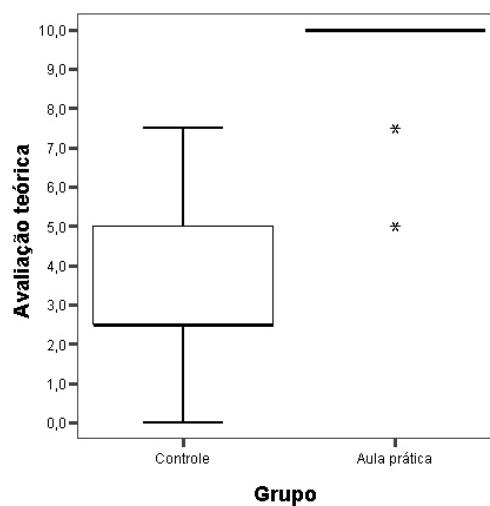


GRÁFICO 3: *Boxplot* dos resultados do questionário e diferença entre os alunos do grupo controle e grupo da aula prática que não tinham conhecimento prévio.

No estudo de validação, observou-se que 50% do G_0 tirou nota igual ou inferior a 2,5 e 75% tirou nota 5 ou menor. 100% do G_1 , que fez aula prática tradicional, tirou nota 10. O teste não-paramétrico de Mann-Whitney comprovou a existência de

diferença significativa ($U = 21$; Z ajustado = 7,851; $p < 0,0001$) entre os grupos avaliados. Deste modo o questionário apresentou evidência de validade quando os alunos que tiveram instrução através de uma aula prática tradicional apresentaram resultados significativamente superiores aos que não tiveram.

Com os resultados do questionário foi verificada sua reprodutibilidade (fidedignidade). Durante a análise da fidedignidade foi aplicado o Método de Equivalência Racional de Kuder-Richardson (KR-21), cujo coeficiente representa a **mínima estimativa de fidedignidade** (Baungartner, 2006; Thomas & Nelson, 2007), pela fórmula:

EQUAÇÃO 1:

$$KR-21 = [(k) (s^2_x) - (M) (k-M)] / [(k-1) (s^2_x)]$$

Nesse cálculo, cada indivíduo teve os seus escores certos somados. A letra **k**, na fórmula, representa o número de itens (questões) do teste, **M** a média dos escores certos entre os sujeitos, e **s** a variância dos escores certos entre os sujeitos. Este método de análise requer **um único momento de avaliação** e é usado para analisar as respostas certas e erradas de forma dicotômica. Cada questão foi avaliada pelo sistema de **certo ou errado**, atribuindo **zero** ou **1** para errado ou certo, respectivamente, na *plotagem* dos resultados do questionário. O coeficiente KR-21 encontrado foi **0,80**, denotando **bom** nível de reprodutibilidade do questionário.

Também foram calculados o **índice de discriminação** e o **índice de dificuldade** de cada item do questionário. Para tal foram usados os escores mais altos e os mais baixos apresentados pelos alunos. Posto que o grupo controle (G_0) possui 18 indivíduos representando 19,4% do total, optou-se por utilizar os resultados do G_0 como escores mais baixos e os 18 melhores escores do G_1 no cálculo desses índices, ou seja, os 19,4% melhores escores e os 19,4% piores escores. Foram aplicadas as seguintes fórmulas nesses cálculos:

EQUAÇÃO 2:

$$\text{Índice de discriminação} = (\text{respostas certas } G_1 - \text{respostas certas } G_0) / n$$

EQUAÇÃO 3:

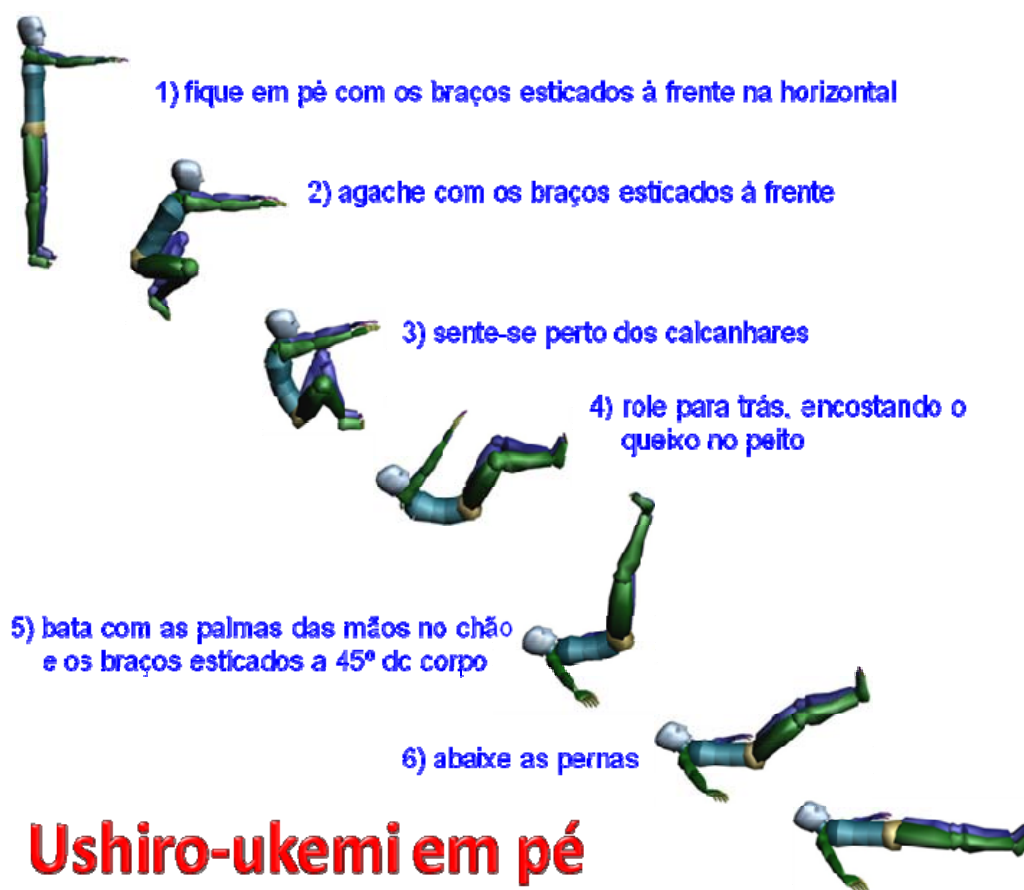
$$\text{Índice de dificuldade} = \text{respostas certas } (G_0 \text{ e } G_1) / n.$$

TABELA 7: Índices de discriminação e de dificuldade de cada item do questionário.

Questão	Assunto	Índice de discriminação	Índice de dificuldade
1	conhecimento da nomenclatura	0,83	0,58
2	posição da cabeça	0,61	0,69
3	justificativa da questão 2	0,78	0,61
4	posicionamento dos braços	0,50	0,75

b) Avaliação motora:

Na avaliação prática o aluno tinha que executar apenas o ushiro-ukemi em pé três vezes - último estágio da sua progressão pedagógica. Os critérios adotados para a execução correta eram os seguintes (figura 67):



FIGURAS 67: Critérios adotados para a execução correta do ushiro-ukemi em pé.

Relembrando a pontuação, se o aluno executasse o movimento perfeitamente conforme os critérios apontados, ele ganharia nota dez. Se errasse um ou mais deles ganharia nota cinco. Se não executasse ou executasse algo diferente não

caracterizando o *ushiro-ukemi*, sua nota seria zero. A nota final do aluno foi determinada pela média das três tentativas feitas.

Os alunos que não receberam instrução (G_0) tiraram nota 0. No grupo que fez aula prática tradicional (G_1), 100% tirou nota igual ou superior a 7,0, sendo que 50% deles tirou nota 10. Nessa análise também foi aplicado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney e este comprovou também a existência de diferença significativa entre os grupos avaliados ($U=0,0$; Z ajustado= 7,187; $p < 0,0001$).

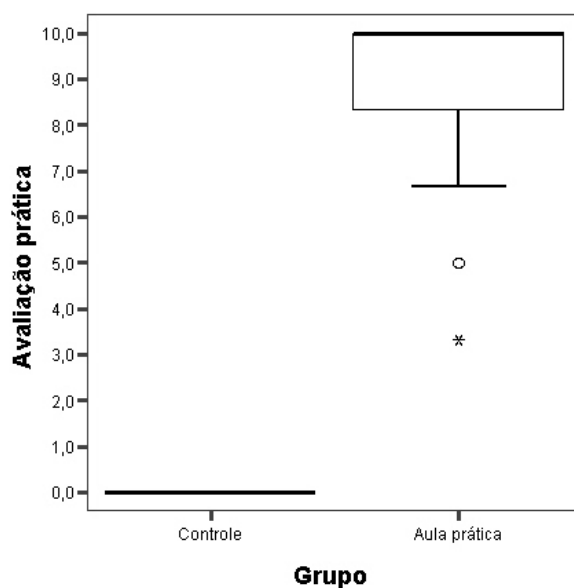


GRÁFICO 4: *Boxplot* dos resultados da avaliação prática e diferença entre os alunos do grupo controle e grupo da aula prática que não tinham conhecimento prévio.

Deste modo, a forma de avaliação prática adotada apresentou evidência de validade quando os alunos que tiveram instrução através de uma aula prática tradicional ($n=75$) apresentaram resultados significativamente superiores aos que não tiveram ($n=18$).

O estudo da fidedignidade (reprodutibilidade) da avaliação prática começou pela análise da reprodutibilidade das 3 tentativas de execução do *ushiro-ukemi* entre si, aplicando o coeficiente Alfa de Cronbach, pela fórmula:

EQUAÇÃO 4:

$$\alpha = [(k / (k - 1))] [(s^2_x - \Sigma s^2_j) / s^2_x],$$

onde k é a quantidade de tentativas, s_x^2 é a variância para a soma ou média das tentativas em 1 dia, $\sum s_j^2$ é a soma das variâncias das tentativas.

O estudo da fidedignidade (reprodutibilidade) da avaliação prática também começou pela análise da reprodutibilidade das 3 tentativas de execução do *ushiro-ukemi* entre si. O coeficiente Alfa de Cronbach foi igual a **0,96**, denotando **excelente** reprodutibilidade entre as tentativas. Também foram calculados os índices de discriminação e o de dificuldade de cada tentativa no teste motor.

TABELA 8: Índices de discriminação e de dificuldade de cada tentativa do teste de avaliação motora.

Tentativa	Índice de discriminação	Índice de dificuldade
1	1,00	0,50
2	1,00	0,50
3	1,00	0,50

IV.1.8. Estudo piloto

IV.1.8.1. Verificação da aprendizagem:

O estudo piloto ocorreu na Unidade Escolar Humaitá I. Ele consistiu na aplicação de mídia digital (material didático com Realidade Virtual) e de aula prática para 9 turmas, com respectivas avaliações teóricas e práticas. O G_4 foi formado por 114 alunos, onde 75 não tinham conhecimento prévio e 39 tinham. O G_5 foi composto por 77, onde 53 não tinham conhecimento prévio e 24 tinham.

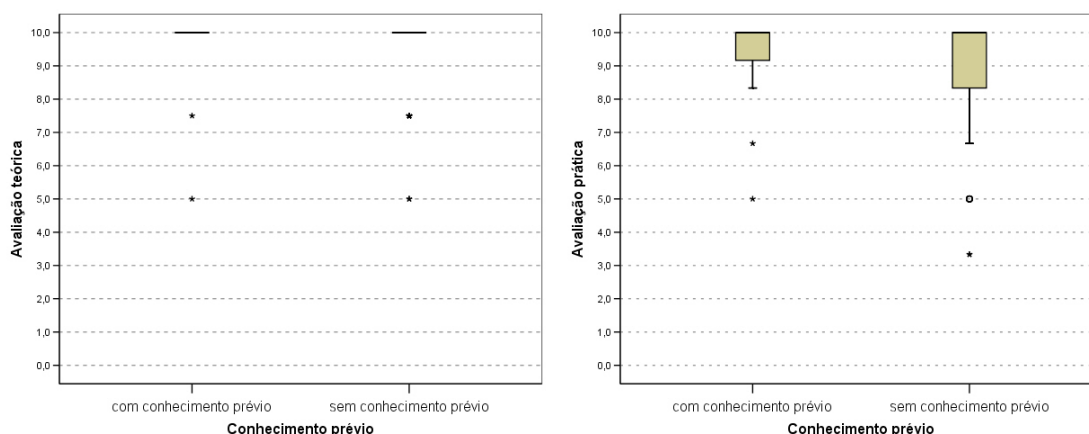
Após o ensino e avaliação do *ushiro-ukemi* foi possível fazer a aplicação preliminar do sistema de RA com projeção, com 3 dessas turmas. A aceitação do sistema de RA com projeção foi avaliada através de uma escala ordinal, indo de excelente a ruim.

Observação: Cabe lembrar que independentemente do aluno ter conhecimento prévio ou não, todos receberam a instrução contida no material didático digital com Realidade Virtual e foram avaliados.

IV.1.8.1.a. Análise dos resultados do estudo piloto com o G₅

O G₅ permitiu verificar o efeito isolado da aplicação do material didático digital com Realidade Virtual sobre a aprendizagem teórica dos alunos, pois o teste teórico foi aplicado logo após o ensino no Laboratório de Informática Educativa (LIED).

O resultado da avaliação teórica do G₅ mostrou que os alunos que não tinham conhecimento prévio alcançaram a nota 10 de mediana e a nota mais baixa foi 5, assim como os que tinham conhecimento prévio. O teste de Mann-Whitney provou que após a aplicação do material didático digital com Realidade Virtual os alunos que não tinham conhecimento prévio se equipararam aos que tinham conhecimento prévio ($p = 0,191$). Portanto a aplicação desse material permitiu que os grupos se nivelassem obtendo notas satisfatórias que evidenciaram o aprendizado dos alunos sem conhecimento prévio.



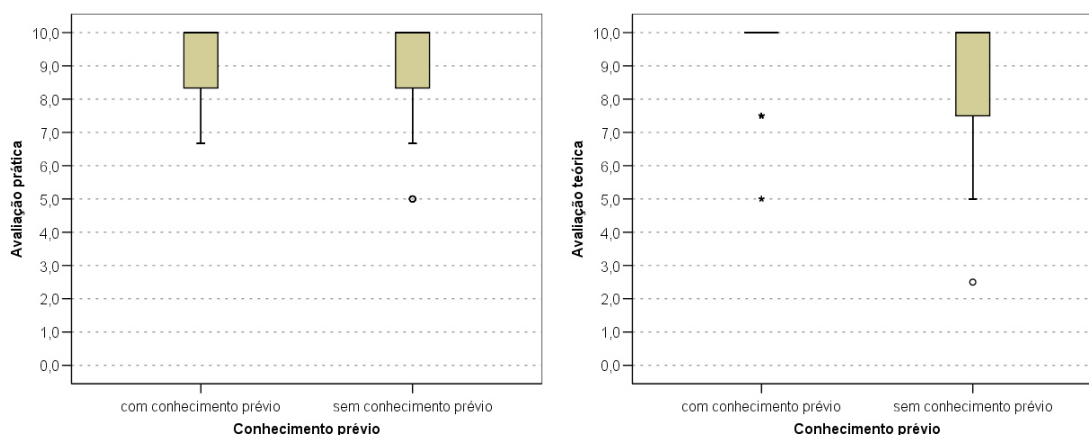
GRÁFICOS 6: Resultados da avaliação teórica e prática do G₅.

Ao analisar o resultado da avaliação prática, nota-se que a mediana foi 10 para os alunos com conhecimento prévio e também para os sem. O teste de Mann-Whitney provou não existir diferença significativa ($p = 0,113$) entre os alunos com conhecimento prévio e os sem, mostrando que a soma da aplicação do material didático e a aula prática provocaram um efeito de aprendizagem satisfatório nos alunos sem conhecimento prévio.

IV.1.8.1.b. Análise dos resultados do estudo piloto com o G₄

No caso específico do G₄, foi avaliado o efeito somado da aplicação do material didático digital com Realidade Virtual e da aula prática, pois tanto a avaliação teórica, quanto a prática ocorreram após ambas as formas de ensino serem aplicadas. Logo após os alunos terem feito participado da aula prática ele fizeram a avaliação prática,

ainda na sala de Educação Física. Por último, na sala de aula regular, ocorreu após a avaliação teórica.



GRÁFICOS 7: Resultados da avaliação teórica e prática do G₄.

A somação dos dois meios de ensino apresentou também resultados satisfatórios, onde a nota foi 10 (mediana) na avaliação prática e na teórica, tanto para os alunos que já tinham conhecimento prévio, quanto para os que não tinham. O teste de Mann-Whitney provou que, após a aplicação do material didático digital com Realidade Virtual e da Aula Prática, os alunos que já tinham conhecimento prévio não apresentaram diferença significativa dos que não tinham, seja na avaliação prática ($p = 0,096$) ou na teórica ($p = 0,264$).

IV.1.8.2. Aceitação do sistema de Realidade Aumentada com projeção no estudo piloto

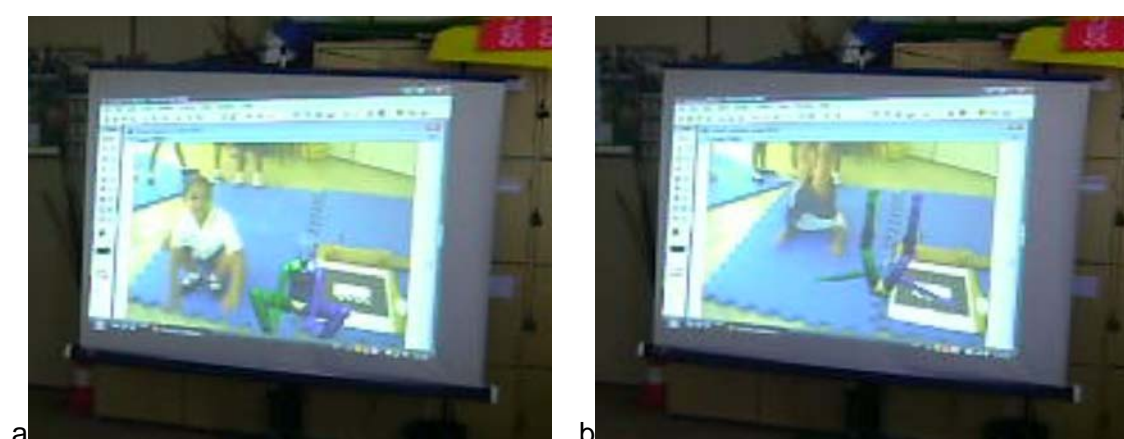
Nesse estudo piloto foi utilizado o DART. Houve a inserção do modelo animado 3D, ajuste dos parâmetros de vídeo e associação do modelo ao marcador fiducial. O sistema de RA foi montado usando o *biped* animado executando apenas o *Ushiro-ukemi* em pé, pois os alunos já tinham aprendido a executar o movimento. O tamanho do *biped* foi ajustado de forma aproximada as dimensões do aluno para que ele pudesse “vesti-lo” durante a execução do movimento, ou ficasse ao seu lado, se assim o desejasse. Além disso, o grau de transparência da cabeça do *biped* foi aumentado para que os alunos pudessem “vestir” o *biped* e verem seus próprios rostos por trás do *biped* (figuras 68).



FIGURAS 68: Sistema de RA com projeção (a e b).

Após todos esses procedimentos o sistema de RA com projeção foi apresentado aos alunos e eles puderam experimentar executar o movimento junto com o *biped*, vendo seu próprio movimento e o do *biped* na tela (figuras 69). Essa atividade com o sistema de RA não visava promover aprendizagem, posto que os alunos já houvessem aprendido o movimento. Contudo ela foi avaliada apenas para medir o seu grau de aceitação junto aos alunos.

Motivos administrativos determinaram que algumas turmas do G₄ e G₅ fossem escolhidas para participarem desse estudo. Os alunos receberam instrução teórica através da aplicação do material didático digital em formato Adobe Acrobat, praticaram o *Ushiro-ukemi* através de sua progressão pedagógica durante a aula prática e foram avaliados através de um questionário e de uma avaliação motora.



FIGURAS 69: Execução do *Ushiro-ukemi* junto com o *biped* (a e b).

Para avaliar a aceitação do sistema de RA com projeção criado no DART, optou-se por aplicar uma questão simples, onde se pedia a opinião do aluno sobre a atividade com o sistema de RA, através de uma escala ordinal adaptada d Métrica do sorriso (Smileyometer) usado por Read & MacFarlane (2006), que usa uma escala Likert discreta (figura 70).



FIGURA 70: Métrica do sorriso.

Analisando as três turmas em grupo, observou-se que 65,1% dos alunos avaliaram a atividade como **excelente (mediana e moda)**, 14,3% como **muito bom**, 3,2% como **bom**, já totalizando 82,5%. Nessa faixa de **razoável** para acima os valores somaram 92,1%. A execução do *ushiro-ukemi* com o sistema de RA deu uma motivação a mais aos alunos que aguardavam ansiosamente pela sua vez de ir executar. A sua aceitação foi evidenciada pelas respostas dadas, onde a mediana da turma M e T1 foram iguais a **excelente** e a mediana da turma T2 foi **muito bom**. Através da ANOVA de Kruskal-Wallis foi constatado que não houve diferença significativa ($p = 0,452$) entre as respostas dadas pelas três turmas avaliadas.

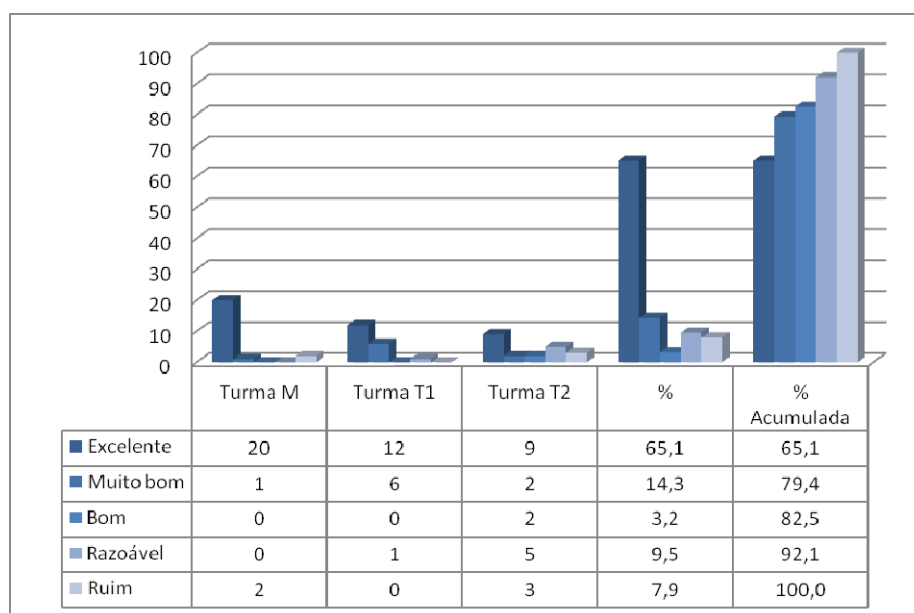


GRÁFICO 7: Aceitação da atividade com o sistema de RA.

Cabe lembrar que durante a atividade com a turma T2, o sistema de RA parou inesperadamente de funcionar por um período de um a três minutos aproximadamente, mas, mesmo com essa falha técnica, a turma T2 avaliou a atividade como **muito bom**. O fato do sistema ter parado inesperadamente não afetou a avaliação dos alunos a respeito da atividade desenvolvida com o sistema de RA com projeção. Esses resultados foram fundamentais para que se ousasse, num próximo momento. A idéia foi então aplicar o sistema de RA com projeção como material de apoio ao professor em um grupo de alunos e em outro grupo o livro aumentado como principal meio de ensino para aprendizagem do ushiro-ukemi em alunos sem conhecimento prévio.

IV.2. Estudo experimental

Após a aplicação dos métodos de ensino (variável independente – causa) verificou-se se a aprendizagem (variável dependente – efeito) teórica e prática ocorreram de fato. Nessa análise, os alunos com conhecimento prévio foram excluídos para assegurar apenas o efeito dos métodos de ensino.

IV.2.1. Promoção do ensino teórico e prático do *ushiro-ukemi*

Numa visão geral, os procedimentos de ensino usados na aplicação do material didático digital com RV, da aula prática, do material didático associado ao Sistema de RA (livro aumentado), do sistema de RA com projeção nos diferentes grupos de alunos já foi explicado previamente no capítulo de metodologia e revisão de literatura.

QUADRO 5: Caracterização do ensino teórico e prático.

Grupo	Tratamento	Métodos de ensino
G ₀	Controle (nenhum tratamento foi aplicado)	Nenhum
G ₁	Aula prática regular	Verbal (explicação do professor), Visual (demonstração do professor) e Parcial Progressivo (progressão pedagógica)
G ₂	Material didático com sistema de RA	Visual (livro aumentado) e Parcial Progressivo (progressão pedagógica)
G ₃	Sistema de RA com projeção	Verbal (explicação do professor), Visual (demonstração do sistema de RA) e Parcial Progressivo (progressão pedagógica)
G ₄	Realidade Virtual + aula prática juntas	Verbal (explicação do professor), Visual (material didático com RV no LIED e do professor) e Parcial Progressivo (progressão pedagógica)
G ₅	Realidade Virtual separada + aula prática	Verbal (explicação do professor), Visual (material didático com RV no LIED e do professor) e Parcial Progressivo (progressão pedagógica)

O quadro 5 discrimina os métodos de ensino e sua forma de aplicação em cada um dos grupos. Nenhum método foi aplicado no grupo controle (G_0). A explicação do professor (método verbal) ocorreu em todos os grupos, menos no que usou o material didático com sistema de RA (G_2), pois a explicação se fez apenas pelo livro aumentado.

A demonstração do movimento (método visual) foi feita pelo professor (G_1 , G_4 e G_5), sistema de RA (G_3), material didático digital com RV (G_4 e G_5) e pelo livro aumentado (G_2). A progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* (método parcial progressivo) foi aplicada em todos os grupos experimentais.

IV.2.2. Aprendizagem prática

A ANOVA de Kruskal-Wallis mostrou existir diferença significativa ($p < 0,001$) entre os grupos. Através da comparação múltipla da média dos *ranks*, observou-se que o grupo controle (G_0) diferiu significativamente de todos os outros ($p < 0,001$ em todas as comparações), mostrando que de fato os alunos do G_0 não sabiam executar o *ushiro-ukemi* e que os dos outros grupos aprenderam efetivamente.

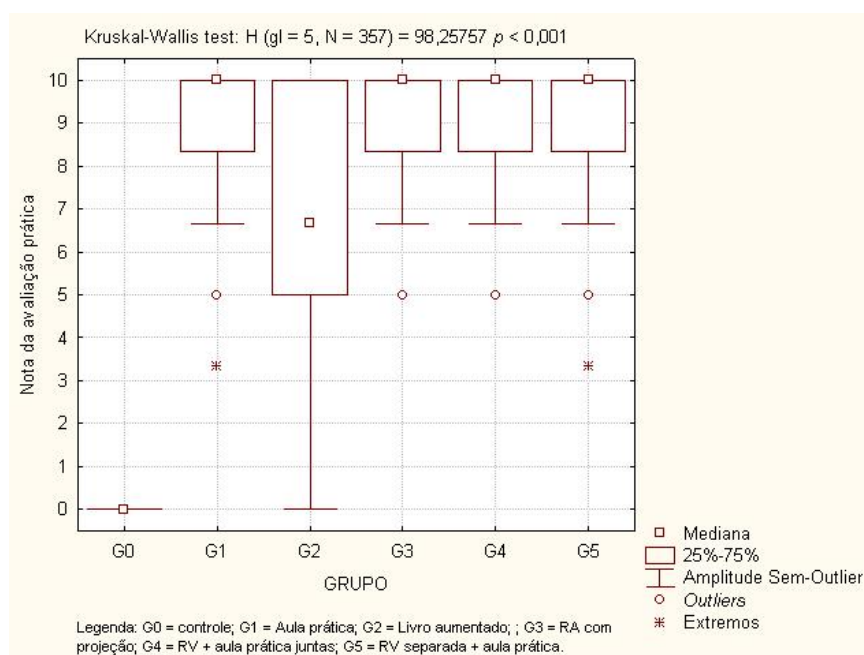


GRÁFICO 8: *Boxplot* das notas da avaliação prática por grupos e ANOVA de Kruskal-Wallis.

O grupo que usou o livro aumentado (G_2) também diferiu de todos os outros na comparação múltipla ($p < 0,05$ em todas as comparações). A aplicação do livro aumentado pode promover aprendizagem prática efetiva, onde 75% dos alunos

alcançaram nota igual ou superior a 5 e nota 6,7 de mediana. Cabe lembrar que o G_2 foi o grupo que teve mínima influência do professor durante o processo de ensino, posto que o objetivo era promover a aprendizagem através de sua leitura apenas. Já os demais grupos experimentais (G_1 , G_3 , G_4 e G_5) não diferiram significativamente entre si e alcançaram excelentes níveis de aprendizagem.

Todos os grupos experimentais promoveram aprendizagem prática de fato e mostraram que a participação do professor nesse processo pode levar à melhor aprendizagem. Portanto os métodos experimentais mostraram evidência de validade para promover o processo ensino-aprendizagem prático do *ushiro-ukemi*.

IV.2.3. Aprendizagem teórica

Através da ANOVA de Kruskal-Wallis observou-se diferença significativa entre os grupos. A comparação múltipla da média dos *ranks* mostrou que o grupo controle (G_0) diferiu significativamente de todos os demais grupos experimentais.

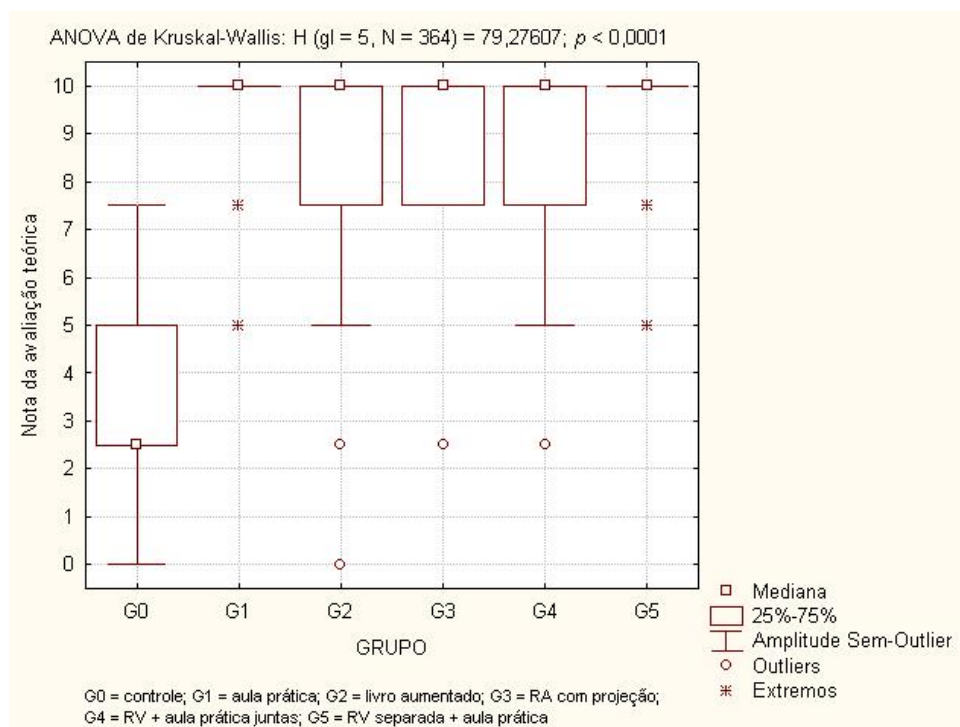


GRÁFICO 9: *Boxplot* das notas da avaliação teórica por grupos e ANOVA de Kruskal-Wallis.

A ANOVA de Kruskal-Wallis mostrou existir diferença significativa entre os grupos ($p < 0,0001$). Através da comparação múltipla da média dos *ranks*, verificou-se que os grupos experimentais não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$), demonstrando que a aprendizagem teórica ocorreu de fato e com nota 10 (mediana).

Todos os grupos experimentais promoveram aprendizagem teórica de fato. Portanto os métodos experimentais mostraram evidência de validade para promover o processo ensino-aprendizagem teórico do *ushiro-ukemi*, enquanto o grupo controle mostrou não ter se apropriado do tema. Tal achado denota que o resultado da aprendizagem teórica difere da prática, pois uma coisa é entender a forma de realização de um movimento, outra coisa é conseguir executá-lo. Essa diferença precisa ser levada em consideração quando lidamos com o processo ensino-aprendizagem para a Educação Física e Esporte, onde a aprendizagem efetiva do movimento é a essência do processo.

IV.2.4. Aceitação da história em quadrinhos sobre o rolamento para trás – para tal foi aplicada a pergunta: como você avalia a história em quadrinhos sobre o rolamento para trás? A resposta utilizou uma escala ordinal de cinco estágios, variando de excelente a bom, razoável, ruim e péssimo. Optou-se por esta escala ordinal por que ela é mais equilibrada do que a usada por Read & MacFarlane (2006) e também aqui, de forma adaptada, no estudo piloto.

Serão apresentados os percentuais obtidos com os conceitos: excelente e bom, porém o critério de aceitação adotado foi obtido somando os percentuais com resultados acima de razoável. Essa avaliação será aqui analisada separadamente por grupos:

G₀ , G₁, G₃ – a história em quadrinhos não foi apresentada.

G₂ – a história em quadrinhos apresentada foi bem aceita pelos alunos.

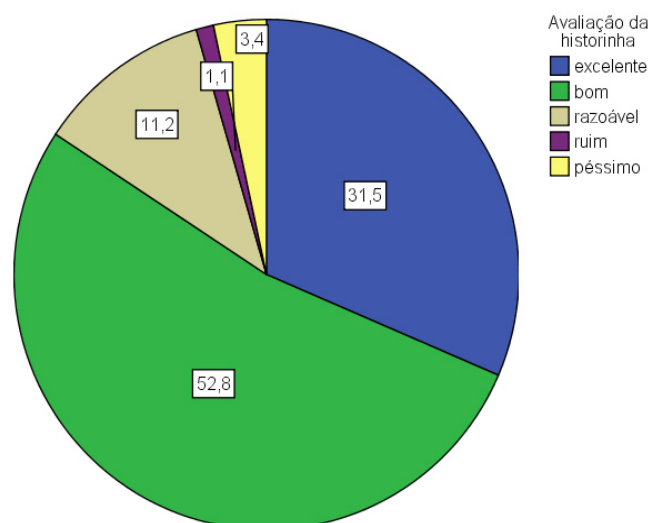


GRÁFICO 10: Aceitação da história em quadrinhos pelo G₂.

84,3% dos alunos deram avaliação positiva (excelente e bom) e 95,5% aprovaram a história em quadrinhos.

G₄ – a história em quadrinhos apresentada foi bem aceita pelos alunos.

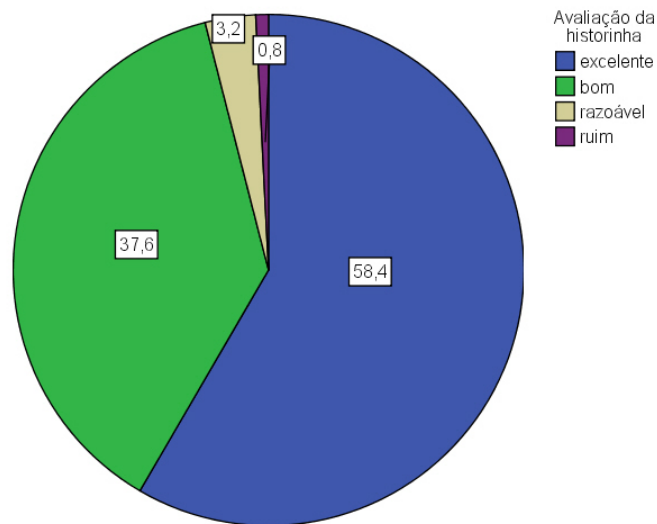


GRÁFICO 11: Aceitação da história em quadrinhos pelo G₄.

96% dos alunos deram avaliação positiva (excelente e bom) e 99,2% aprovaram a história em quadrinhos.

G₅ – a história em quadrinhos apresentada foi bem aceita pelos alunos.

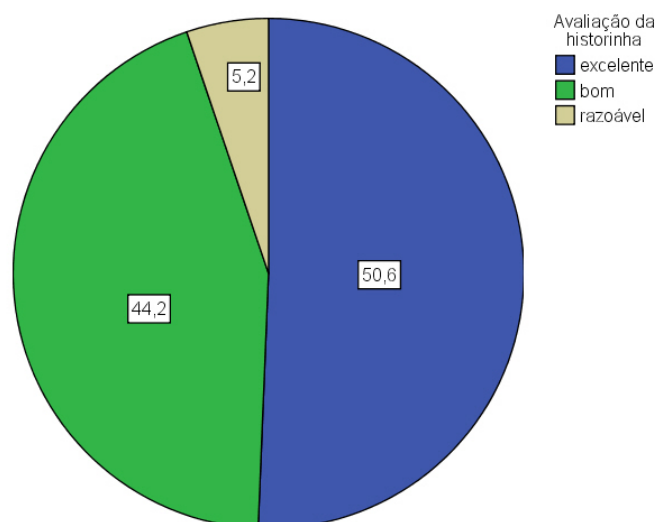


GRÁFICO 12: Aceitação da história em quadrinhos pelo G₅.

94,8% dos alunos deram avaliação positiva para a história em quadrinhos (excelente e bom) e 100% a aprovaram.

G2, G4 e G5 juntos – a história em quadrinhos apresentada foi bem aceita pelos alunos.

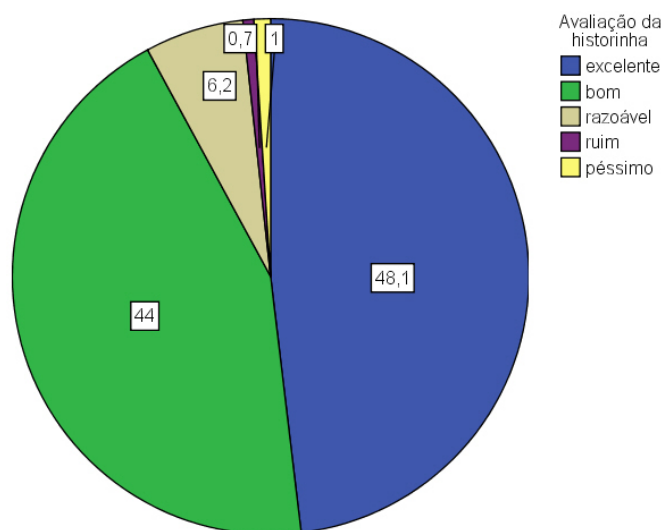


GRÁFICO 13: Aceitação da história em quadrinhos pelo G₂, G₄ e G₅ juntos.

92,1% dos alunos deram avaliação positiva para a história em quadrinhos (excelente e bom) e 98,3% a aprovaram.

IV.2.5. Aceitação do humano virtual fazendo o rolamento para trás – para tal aplicou-se a seguinte pergunta aos alunos: como você avalia a o humano virtual fazendo o rolamento para trás? Para responder os alunos tinham a mesma escala ordinal de valores que variava de excelente a muito ruim. Essa avaliação será aqui analisada separadamente por grupos:

G₀, G₁ – o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* não foi apresentado.

G₂ – o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* foi bem aceito pelos alunos.

89,9% dos alunos deram avaliação positiva para o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* (excelente e bom) e 97,8% o aprovaram.

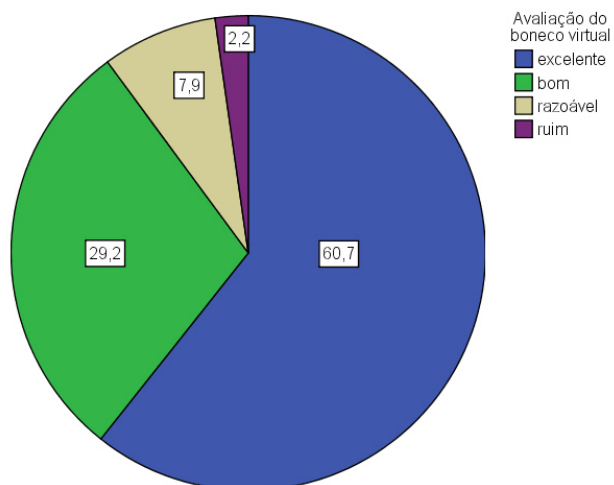


GRÁFICO 14: Aceitação do humano virtual executando o ushiro-ukemi pelo G₂.

G₃ – o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* foi bem aceito pelos alunos.

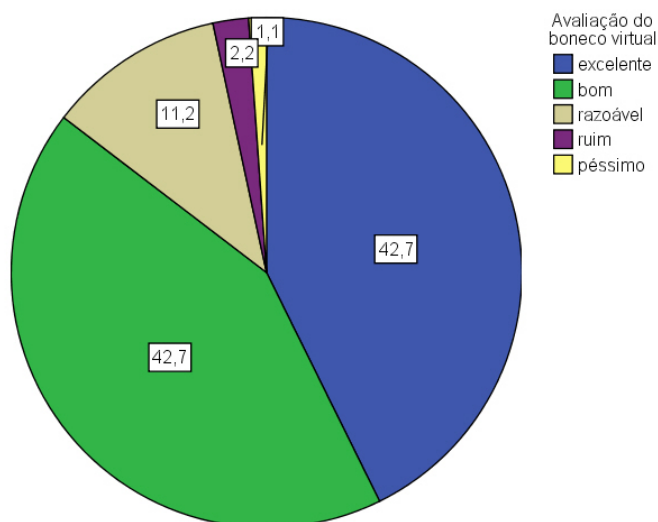


GRÁFICO 15: Aceitação do humano virtual executando o ushiro-ukemi pelo G₃.

85,4% dos alunos deram avaliação positiva para o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* (excelente e bom) e 96,6% o aprovaram.

G₄ – o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* foi bem aceito pelos alunos.

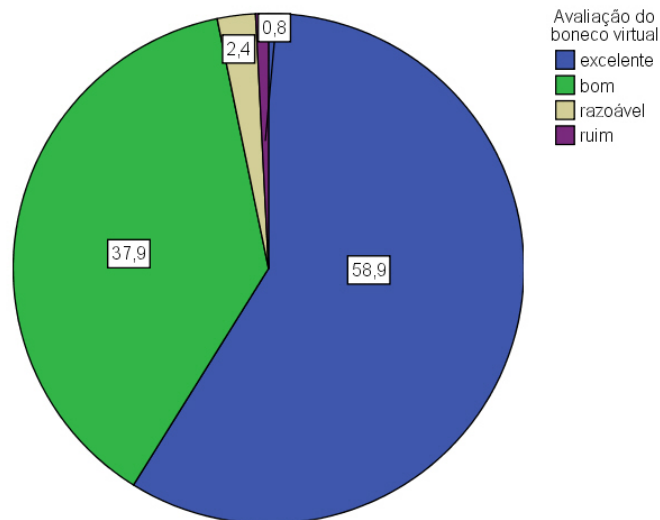


GRÁFICO 16: Aceitação do humano virtual executando o ushiro-ukemi pelo G₄.

96,8% dos alunos deram avaliação positiva para o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* (excelente e bom) e 99,2% o aprovaram.

G₅ – o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* foi bem aceito pelos alunos.

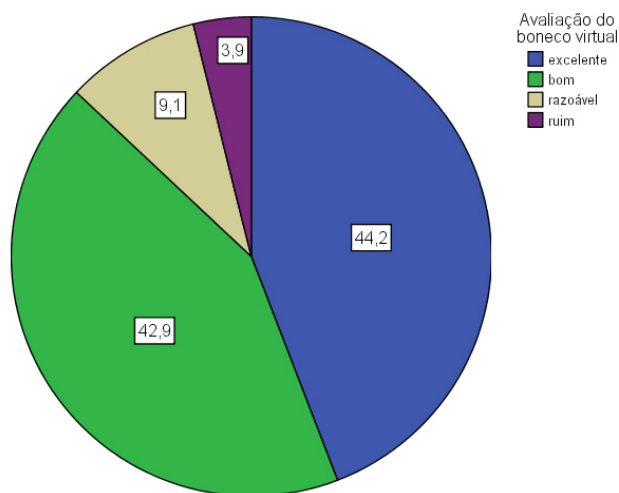


GRÁFICO 17: Aceitação do humano virtual executando o ushiro-ukemi pelo G₅.

89,1% dos alunos deram avaliação positiva para o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* (excelente e bom) e 98,2% o aprovaram.

G₂, G₃, G₄ e G₅ juntos – o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* foi bem aceito pelos alunos.

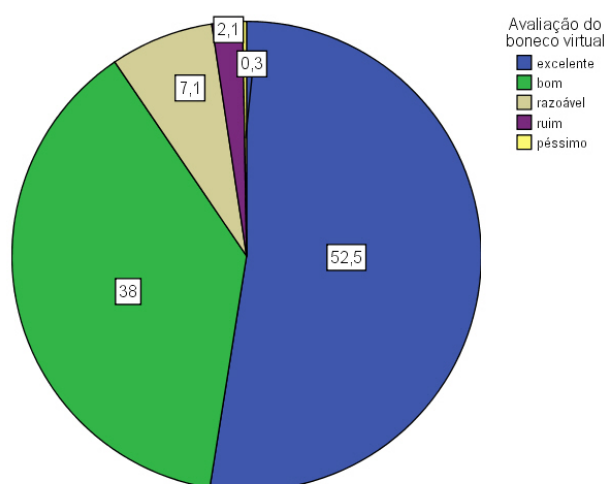


GRÁFICO 18: Aceitação do humano virtual executando o ushiro-ukemi pelo G₂, G₃, G₄ e G₅.

90,5% dos alunos deram avaliação positiva para o humano virtual fazendo o *ushiro-ukemi* (excelente e bom) e 97,6% o aprovaram.

IV.2.6. Opiniões positivas

Essa análise ocorreu de acordo com os grupos por eles terem recebido métodos de ensino diferentes. Posto que esta é uma parte de respostas subjetivas, nem sempre as opiniões coincidem. Contudo quando as opiniões permitiam interpretações semelhantes, elas foram reunidas num mesmo grupo com diferentes subgrupos.

No G₁, houve predomínio absoluto dos aspectos relacionados ao movimento sobre os demais. As opiniões em branco foram 5 e nulas 3 totalizando 8. Cabe lembrar que esta turma fez a aula prática, portanto suas respostas se ativeram a funcionalidade do *Ushiro-ukemi*, e ao contexto da aprendizagem e execução dos movimentos da progressão pedagógica. Alguns alunos apontaram mais de um aspecto.

No G₂, os aspectos tecnológicos e do movimento foram os que mais se sobressaíram com 40,2 e 36,3%, respectivamente das opiniões. As opiniões nulas foram 5. Cabe lembrar que este grupo aprendeu com o livro aumentado, portanto suas respostas puderam ir além da funcionalidade do *Ushiro-ukemi*, e do contexto da aprendizagem e execução dos movimentos da progressão pedagógica. As respostas

versaram também sobre a tecnologia, o humano virtual, sua animação, os programas, a história em quadrinhos com seus desenhos e caricatura.

TABELA 9: Aspectos que os alunos mais gostaram por grupo.

	G ₁ f	%	G ₂ f	%	G ₃ f	%	G ₄ f	%	G ₅ f	%
1. Aspectos do movimento	76	75,2	37	36,3	46	49,5	34	27,4	19	26,4
<i>Ushiro-ukemi</i> (em geral)	19	18,8	12	11,8	15	16,3	13	10,5	8	11,1
<i>Ushiro-ukemi</i> em pé	29	28,7	13	12,7	17	18,5	8	6,5	5	6,9
<i>Ushiro-ukemi</i> sentado	5	5,0	1	1,0	1	1,1	2	1,6	0	0,0
<i>Ushiro-ukemi</i> deitado	6	5,9	2	2,0	4	4,3	1	0,8	0	0,0
<i>Ushiro-ukemi</i> agachado	1	1,0	2	2,0	5	5,4	7	5,6	0	0,0
Batida de braços	8	7,9	2	2,0	2	2,2	1	0,8	1	1,4
Segurança ao cair	8	7,9	5	4,9	1	1,1	2	1,6	1	1,4
Movimento de pernas					1	1,1				
Nomenclatura									4	5,6
2. Aspectos metodológicos	6	5,9	11	10,8	15	16,1	8	6,5	2	2,8
Praticar/aprender o movimento	3	3,0	10	9,8	9	9,8	6	4,8	2	2,8
Metodologia de ensino	1	1,0	1	1,0	5	5,4	1	0,8		
Tatame / Dojô	3	3,0			1	1,1				
Avaliação	1	1,0								
Assistir os colegas	1	1,0								
Professor							1	0,8		
3. Aspectos tecnológicos			41	40,2	18	19,4	52	41,9	39	54,2
Humano virtual animado			37	36,3	9	9,8	35	28,2	32	44,4
Tecnologia			4	3,9	8	8,7	1	0,8		
Visualização do próprio movimento					1	1,1	1*	0,8*		
Controlar a animação							15	12,1	7	9,7
4. Aspectos da história em quadrinhos			5	4,9	0	0,0	10	8,1	10	13,9
Livro digital ou aumentado			5	4,9	0	0,0	10	8,1	10	13,9
5. Aspecto geral	16	15,8	8	7,8	13	14,1	20	16,1	6	8,3
Gostei de tudo	16	15,8	8	7,8	13	14,1	20	16,1	6	8,3
Total	101	100	102	100	92	100	124	100	72	100

* aluno que participou do estudo piloto com o sistema de RA com projeção.

No G₃, cerca de 50% dos aspectos apontados versaram sobre o movimento. As opiniões em branco foram 3 e nula 1 totalizando 4. O grupo 3, além da funcionalidade do *Ushiro-ukemi*, e do contexto da aprendizagem e execução dos movimentos da progressão pedagógica, mostrou ter gostado também da novidade tecnológica enquanto método de ensino e da possibilidade de ser ver executando os movimentos junto com o boneco.

No G₄ foram separadas as respostas “controlar animação” de “animação” por que se interpretou que a primeira refere ao ato de controlar a animação e a segunda, diferentemente, a simples existência e observação da animação. Se fossem unidas essas duas respostas, elas representariam a resposta mais evidente dentre as demais, com 50 alunos opinando – quase 40,3% das opiniões. Segundo a tabela 9, 41,9% e 27,4% das respostas apontadas evidenciaram que os alunos gostaram mais dos aspectos tecnológicos e do movimento respectivamente.

De forma semelhante ao encontrado no G₄, no G₅ as respostas mostraram que os aspectos tecnológicos (54,2%) e do movimento (26,4%) foram os que mais agradaram os alunos.

IV.2.7. Aspectos que os alunos menos gostaram

Neste item do questionário foram levantados os aspectos que os alunos **menos gostaram** em função dos métodos usados. Essa análise também foi feita de acordo com os grupos por eles terem recebido métodos de ensino diferentes na tabela 10.

No G₁, 62% dos alunos não apontaram qualquer aspecto que tivessem gostado menos, pois responderam “nada”, “gostei de tudo” ou deixou em branco este item.

Alguns alunos reclamaram de aspectos do movimento, do espaço, da quantidade de tatames disponível, da forma de avaliação prática e da exposição que sofreram. Infelizmente numa instituição pública de ensino o fato de possuímos de uma pequena quantidade de tatames já é uma grande conquista e faz uma grande diferença.

O G₂ que usou o “livro aumentado” afirmou que dentre as respostas coincidentes, 51 alunos não apontaram qualquer aspecto sujeito a crítica negativa, ou seja, os alunos que afirmaram gostar de tudo, mais os alunos que responderam “nada” ou deixaram em branco totalizaram 56,7%.

Conforme dito anteriormente, a aplicação do livro aumentado foi uma abordagem em que o professor menos interferiu na aprendizagem em termos de instrução, *feedback* positivo ou negativo e correção de movimentos. As poucas intervenções feitas diziam respeito a disciplina e a prevenção de possíveis acidentes durante o processo de aprendizagem. A aplicação do livro aumentado desse modo visava nos dar uma noção aproximada do que uma pessoa poderia sentir se tivesse comprado um livro aumentado na banca e fosse tentar executar os movimentos por conta própria em casa.

TABELA 10: aspectos que os alunos do G₁ menos gostaram

	G ₁ f	%	G ₂ f	%	G ₃ f	%	G ₄ f	%	G ₅ f	%
Aspectos do movimento	21	22,11	19	21,1	19	20,0	11	8,7	4	5,3
<i>Ushiro-ukemi</i> (em geral)	0	0,0	3	3,3	0	0,0	1	0,8	1	1,3
<i>Ushiro-ukemi</i> em pé	10	10,5	5	5,6	8	8,4	0	0,0	1	1,3
<i>Ushiro-ukemi</i> sentado	1	1,1	1	1,1	1	1,1	0	0,0	0	0,0
<i>Ushiro-ukemi</i> deitado	3	3,2	1	1,1	3	3,2	1	0,8	0	0,0
<i>Ushiro-ukemi</i> agachado	4	4,2	5	5,6	4	4,2	7	5,6	0	0,0
Batida de braços	2	2,1	1	1,1	1	1,1	1	0,8	1	1,3
Segurança ao cair	1	1,1	1	1,1	2	2,1	1	0,8	1	1,3
Movimento de pernas	0	0,0	2	2,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Nomenclatura	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Aspectos metodológicos	9	9,5	13	14,4	9	20,5	9	7,1	2	2,6
Praticar/aprender o movimento	0	0,0	4	4,4	0	0,0	3	2,4	1	1,3
Metodologia de ensino	1	1,1	3	3,3	5	5,3	6	4,8	1	1,3
Tatame / Dojô	5	5,3	1	1,1	2	2,1	0	0,0	0	0,0
Avaliação	1	1,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Comportamento dos colegas	2	2,1	3	3,3	1	1,1	0	0,0	0	0,0
Professor	0	0,0	2	2,2	1	1,1	0	0,0	0	0,0
Aspectos tecnológicos	2	2,1	4	4,4	13	13,7	5	4,0	5	6,6
Humano virtual animado	1	1,1	3	3,3	12	12,6	4	3,2	4	5,3
Tecnologia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,3
Visualização do seu movimento e dos colegas	1	1,1	1	1,1	1	1,1	0	0,0	0	0,0
Controlar a animação	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,8	0	0,0
Aspectos da história em quadrinhos	0	0,0	3	3,3	0	0,0	3	2,4	9	11,8
Caricatura e desenhos	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	5,3
livro digital ou aumentado	0	0,0	3	3,3	0	0,0	3	2,4	5	6,6
Aspecto geral	63	66,3	51	56,7	54	56,8	98	77,8	56	73,7
Gostei de tudo	13	13,7	23	25,6	20	21,1	6	4,8	2	2,6
Em branco	35	36,8	14	15,6	15	15,8	22	17,5	4	5,3
Nada	14	14,7	14	15,6	16	16,8	66	52,4	48	63,2
Não sei	1	1,1	0	0,0	1	1,1	3	2,4	1	1,3
Não gostei	0	0,0	0	0,0	2	2,1	1	0,8	1	1,3
Total	95	100,0	90	100,0	95	100,0	126	100,0	76	100,0

De acordo com as respostas, 21% criticaram aspectos do movimento ensinado, onde 3 apontaram o *Ushiro-ukemi* em geral, 5 respostas apontaram o *ushiro-ukemi* em pé como movimento de que tivesse gostado menos, 5 o agachado, 1 apontou o sentado e 1 o deitado.

Apenas 3 criticaram a história em quadrinhos (3,3%) e 3 o humano virtual (3,3%). 13 deles (14,4%) criticaram a metodologia usada e a pouca quantidade de tatames. Pareceu que esperavam uma aula mais dirigida, onde o professor exerceria

maior controle do processo de ensino e da disciplina também, pois eles ficaram mais soltos e alguns quase atrapalharam os colegas.

Cabe lembrar que uma das turmas mais agitadas e bagunceiras do colégio foi sorteada para ficar no grupo 2. Possivelmente a aplicação de uma abordagem menos diretiva nessa turma possa ter causado alguns dos transtornos relatados.

No G₃, que usou o Sistema de RA com projeção, 21,1% das respostas alegaram gostar de tudo, juntando com as respostas em branco (15,8%) e as que afirmaram não terem gostado menos de nada (16,8%), totalizaram 53,3% das respostas que não mostraram qualquer desgosto.

Os aspectos negativos relacionados ao movimento totalizaram 20% das respostas. 3 delas apontaram o *Ushiro-ukemi* deitado, 2 a flexão do pescoço (incluída como fator de segurança), 1 a batida de braços, 1 o *Ushiro-ukemi* sentado, 4 do agachado e 8 do *Ushiro-ukemi* em pé.

Dentre os aspectos virtuais negativos (13,7%), o humano virtual foi apontado em 12 respostas, sendo que 7 criticaram a visualização do humano virtual, sendo 5 em função da qualidade da imagem e 2 ao tamanho, apesar dele ter sido dimensionado de acordo com os alunos. A velocidade de execução dos movimentos também foi criticada em outras 4 respostas, todavia essa certa lentidão facilita a visualização, compreensão, aprendizagem e segurança, principalmente quando se está executando o movimento pelas primeiras vezes. Conforme foi exposto anteriormente, foi usado o *Biped* nesse estudo, todavia nos estudos futuros será possível usar modelos humanos virtuais melhor elaborados e o tempo de execução variado.

Dentre as críticas feitas a metodologia de ensino usada (20,5%), 2 respostas apontaram os tatames, sendo uma crítica para a qualidade do tatame para amortecer a queda e outra para a quantidade. Devido a sua limitada quantidade houve a necessidade de serem formados grupos de 4 alunos para executarem os movimentos, que se revezavam nos tatames. Dois alunos acharam que o *Ushiro-ukemi* não foi ensinado de forma completa. O fato é que alguns professores ensinam o *Ushiro-ukemi* seguido de uma cambalhota para trás, mas este não é a forma tradicional apresentada pelo clássico livro de Jigoro Kano (1970), fundador do Judô.

No G₄, que usou o Realidade Virtual + Aula Prática juntas, cerca de 74,6% dos alunos deixaram essa pergunta em branco, ou escreveram “nada”, ou gostaram de tudo. Outros dois não sabem do que gostaram menos. Esses dados mostram que o G₄ pouco criticou a abordagem de ensino usada. O *Ushiro-ukemi* agachado foi o que menos agradou os alunos do G₄.

A atividade parece ter despertado o interesse dos alunos pela atividade de luta, pois 2 pediram para aprender mais movimentos e 2 pediram prática totalizando. Apenas dois não gostaram de participar.

O G₅ que usou o Realidade Virtual separada + Aula Prática (n = 79), mais de 70% dos alunos ou deixaram essa pergunta em branco (5,3%), ou escreveram “nada” (62,3%), ou gostaram de tudo (2,6%). Apenas um não sabe do que menos gostou e outro não gostou de nada.

Alguns alunos criticaram a história em quadrinhos digital e o fato de terem que lê-la, totalizando 6,6%. O humano virtual também foi criticado (5,3%), mas outros dois criticaram o vídeo apresentado com Realidade Aumentada do estudo piloto e o momento do humano virtual ter sumido durante a atividade. Outros criticaram aspectos isolados do movimento e também aspectos da metodologia de ensino.

IV.2.8. Comentários e sugestões

Nessa análise os grupos também foram separados para permitir melhor compreensão em função do tratamento dado.

G₀ – não fez qualquer sugestão

G₁ – comentários e sugestões do grupo que fez aula prática:

No G₁, 73,2% não fizeram qualquer sugestão, 12,4% teceram elogios. Outros 13 alunos deram sugestões quanto ao espaço, ao tempo, a organização, aos movimentos ensinados e outras possibilidades de movimentação. Algumas até bem “interessantes” como a de cair em pé ou na posição de sapinho. Seria bom se a gravidade permitisse, mas na imaginação de crianças e adolescentes, tudo é possível.

G₂ – comentários e sugestões do grupo que fez aula usando o Material didático com Realidade Aumentada:

Cinquenta alunos (56,2%) deixaram a parte de sugestões em branco. Outros 18 alunos (20,2%) elogiaram e/ou alegaram não ter sugestão a dar, totalizando 76,4% de alunos que nada sugeriram para melhorar.

Foram obtidas 21 sugestões (23,6%) que versaram sobre diferentes aspectos. Cinco alunos pediram maior atuação do professor durante o processo de ensino, contudo a proposta era prover mínima interferência do professor, usando apenas o “livro aumentado”. Houve sugestões também a respeito dos movimentos em si, espaço para prática, diversão obtida, o material didático impresso, o humano virtual e o tamanho do telão.

G₃ – comentários e sugestões do grupo que fez aula usando o Sistema de Realidade Aumentada com projeção:

Sessenta alunos (64,5%) deixaram a parte de sugestões em branco. Outros 18 alunos (20,2%) elogiaram e/ou alegaram não ter sugestão a dar, totalizando 76,4% de alunos que nada sugeriram para melhorar. Treze alunos (14%) não têm sugestões a dar e/ou teceram elogios a abordagem feita.

Outros 17 (18,3%) sugeriram aumentar dos tatames, as opções de movimento e de atividades, além de melhorias no humano virtual.

G₄ – comentários e sugestões do grupo que fez aula usando a Realidade Virtual e Aula Prática juntas:

O grupo 4 não fez qualquer sugestão, deixando em branco essa opção.

G₅ – comentários e sugestões do grupo que fez aula usando a Realidade Virtual separada da Aula Prática:

No grupo 5 apenas dois alunos fizeram sugestões:

1. *“sugiro bater na perna*
2. *por faixa nele”*

Ao repensar sobre as respostas dadas as duas últimas perguntas, foi possível levantar aspectos críticos que os alunos menos gostaram e sugestões para sua melhoria. Num outro momento, onde as metodologias poderão ser comercializadas no mercado educacional da Educação Física e dos Esportes, essas informações serão de extrema relevância. Contudo os resultados da aprendizagem foram muito bons, para esse momento específico de investigação científica da validade das abordagens metodológicas usadas.

CAPÍTULO V

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esse estudo trata do processo de criação e validação de diferentes estratégias metodológicas voltadas para o ensino de uma habilidade motora: o ushiro-ukemi. Para tal, diferentes estudos preliminares foram desenvolvidos, apresentados em eventos científicos e publicados nos seus anais para proverem uma fundamentação adequada ao objetivo principal da tese.

V.1. Estudos preliminares

V.1.1. Modelagem e animação humana virtual

O primeiro estudo preliminar versou sobre a criação do **modelo humano virtual** através de diferentes métodos e também sobre a sua animação. Ele foi publicado nos anais e apresentado no EPAD 2009 (Carvalho et al., 2009a). Nele foram apresentadas as diferentes áreas de aplicação e os principais métodos de modelagem humana 3D de forma ordenada, dos mais caros que exigem mais sofisticada aparelhagem para os mais baratos que demandam instrumentação mais simples. Os métodos mais caros produzem modelos mais realistas, com maior qualidade e detalhamento, porém é possível criar modelos humanos virtuais 3D usando métodos mais baratos. Porém, quanto mais detalhado for o modelo em termos de quantidade de polígonos e qualidade de texturas, maior será o seu tamanho em termos de *kilobytes* (kb). Os modelos mais leves demandam menos memória para rodarem as suas animações em sistemas de RA e na internet, por exemplo. Durante o estudo foram desenvolvidos diferentes modelos:

a. Modelos 3D estáticos:

- “Tangerina7-8-2008.wrz” (274kb), “Panda.wrl” (324kb), “Lutador 4 A3.wrz” (375kb), construídos no 3D SOM,
- “Zé.3ds” (1905kb) o adolescente careca construído no Poser, que permitiu maior detalhamento do modelo, porém o deixou mais “pesado”.

b. Modelos 3D animados usados nos estudos preliminares no DART:

- “Pinocchio1.wrl” (443kb), desenvolvido no Cosmo World e posteriormente convertido em arquivo Shockwave 3D “uu 10-09-07.w3d” (98,8kb) para poder rodar no DART,
- “Pinocchio2.max” (205kb), posteriormente convertido em “BONECO 17-09-07.w3d” (71,4kb).

- c. *Biped* usado no estudo piloto com o DART: “UU em pé rápido.max” (355kb), posteriormente convertido em formato shockwave 3D, chamado “em pé.w3d” (97,8kb).
- d. *Biped* usado no website no processo de validação da animação: os quatro modelos 3D animados foram desenvolvidos no 3D Studio Max, segundo a filmagem do professor executando o *ushiro-ukemi* em velocidade normal.
- e. *Biped* usado no estudo completo com o MrPlanet Lite: O estudo piloto alcançou muito boa aceitação junto aos alunos, porém observou-se também que seria mais fácil acompanhar a movimentação do *biped* se ele executasse o movimento mais lentamente. Portanto foram desenvolvidos no 3D Studio Max mais quatro modelos 3D animados para serem aplicados com os alunos iniciantes, segundo outras filmagens do mesmo professor executando o *ushiro-ukemi* deitado sentado, agachado e em pé um pouco mais lentamente. Essa estratégia de desenvolver os modelos 3D executando o *ushiro-ukemi* mais lentamente, visava facilitar a execução dos alunos iniciantes e, principalmente, evitar acidentes. Eles foram convertidos em arquivos da Right Hemisphere (.RH) e posteriormente em formato 3D Studio (.3ds) para poderem rodar no Mr Planet Lite. O tamanho dos modelos animados desenvolvidos nesse estudo variou entre 125 e 263 kb.

Cabe lembrar que todo o processo de modelagem e animação foi desenvolvido em função de alguns aspectos: qualidade, custo e disponibilidade de hardware, software, de pessoal envolvido e de tempo para aprender e desenvolver os sistemas, aplicá-los nos alunos, tratar e analisar seus resultados, escrever artigos e entregar a tese. Vale dizer que a pouca e/ou nenhuma experiência prévia do recém desenvolvedor serviu como mais como desafio a ser alcançado e não como um obstáculo intransponível.

V.1.2. Validação da animação

Os resultados obtidos apresentaram evidências de validade da fidelidade, funcionalidade, credibilidade e qualidade dessas animações para que elas pudessem ser aplicadas nos sistemas de RA e RV. Nesse sentido foi produzido um artigo agregando o conhecimento apresentado na parte de revisão de literatura sobre modelagem humana virtual 3D e os resultados obtidos. Esse trabalho foi publicado nos anais e apresentado no III Congresso Euro-Americano de Motricidade Humana, na Espanha (Carvalho et al., 2009c).

V.1.3. Livro digital

O **material didático interativo (livro digital)** para o ensino do *ushiro-ukemi*, em formato de arquivo Adobe Acrobat Reader foi criado e aplicado no G₄ e G₅. Esse livro digital foi montado em formato de história em quadrinhos (HQ), com partes contendo animação 3D interativa para facilitar a visualização e o controle da execução do movimento esportivo que se estava ensinando.

Contar história através de desenhos é coisa antiga, o Homem já vinha contando histórias através de inscrições rupestres nas paredes das cavernas (Alves, 2001). Hoje em dia vemos as pichações, grafites, histórias em quadrinhos, livros e materiais digitais e outras mídias sendo usadas para expressarem o pensamento do Homem. No caso específico das HQ, elas se utilizam de dois códigos: o linguístico e o das imagens.

O código das imagens representa uma característica fundamental nas HQ (Oliveira, 2008), contextualizando a história no tempo e no espaço. Os desenhos mostram situações concretas que estruturam as configurações mentais do leitor (Bim, 2001). De outro modo, a palavra escrita *per si* representa uma linguagem abstrata, exigindo que o leitor imagine o que está acontecendo, podendo promover diferentes leituras em diferentes momentos. Portanto, pode-se dizer que a literatura se relaciona mais a “alta cultura”, enquanto as HQ estão mais relacionadas a “cultura popular” (Almeida e Crippa, 2009).

Com o tempo, cada vez mais as HQ têm rompido a barreira do preconceito e sido utilizadas como material de apoio ao ensino formal. A utilização de histórias em quadrinhos para facilitar a aprendizagem de diferentes matérias do currículo escolar tem produzido resultados satisfatórios para o ensino de Matemática (Tonon, 2009), Ciências e Saúde (Caruso et al., 2002; Caruso et al, 2005; Kamel, 2006; Oliveira, 2008; Oliveira et al., 2009), Física (Crosier, 2000; Braz & Fernandes, 2009), Química (Araújo, 2007), Geografia (Tussi & Martins, 2009), História (Langer, 2009), por exemplo. No caso específico da Educação Física, Mohnsen (2003) faz um levantamento das aplicações de Realidade Virtual na Educação Física. Ele aponta trabalhos relacionados ao ciclismo (*mountain bike*), esportes coletivos (*hockey*, basquetebol e vôlei), esportes individuais (tênis de mesa, tênis de campo, golf), esportes ao ar livre (*snowboard*, caiaque, *rafting*, hang gliding, *bobsledding* e *windsurf*), conceitos de biomecânica (Leis de Newton, Física Virtual, análise de esportes) e atividade física (sistemas usando esteira,

bicicleta ergométrica e step). Há também jogos sobre Judô também, conforme dito anteriormente.

Portanto, as HQ podem ser convertidas em formato digital contendo modelos animados em 3D e serem aplicadas para o ensino de Educação Física e Esportes. O presente estudo foi aproveitado esse apelo lúdico e pedagógico que as HQ podem assumir, juntamente com a nova tecnologia de modelagem e animação 3D e sua conversão para um formato Adobe Acrobat que permite a visualização e controle da animação 3D.

Conforme exposto no capítulo de resultados, esse material didático interativo foi aplicado no G₅ mostrou evidência de validade enquanto instrumento de apoio para o **ensino teórico** de uma habilidade motora (*Ushiro-ukemi*). Ele foi publicado nos anais e apresentado no III Congresso Nacional de Ensino Fundamental - III CONEF (Carvalho et al., 2009b).

O G₂, G₄ e G₅ avaliaram qualitativamente a história em quadrinhos através de uma escala ordinal equilibrada que variava de excelente, bom, razoável, ruim até péssimo. A medida de tendência central usada para caracterizar as várias respostas de cada grupo foi a **mediana** em função da escala ordinal adotada. A mediana do G₂ foi **bom**. A frequência acumulada entre excelente e bom totalizou 84,3%, chegando a 95,5% com o nível razoável. Para G₄ e G₅ a mediana foi **excelente** e a frequência acumulada foi de 96% (G₄) e 94,8% (G₅) somente para as respostas: excelente e bom.

TABELA 11: Distribuição percentual das respostas sobre a avaliação da HQ.

Grupos	G2		G4		G5	
	%	% cumulada	%	% cumulada	%	% cumulada
Excelente	31,5	31,5	58,4	58,4	50,6	50,6
Bom	52,8	84,3	37,6	96,0	44,2	94,8
Razoável	11,2	95,5	3,2	99,2	5,2	100,0
Ruim	1,1	96,6	0,8	100,0	0,0	100,0
Péssimo	3,4	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0



Os grupos que utilizaram o material didático interativo digital (G₄ e G₅) avaliaram a história melhor do que o grupo que usou o livro aumentado, pois através da ANOVA de Kruskal-Wallis constatou-se existir diferença significativa na distribuição percentual entre os grupos (gl = 2, N = 291, H = 19,12713, $p = 0,0001$). Através do teste de comparação múltipla das médias dos *ranks* para todos os grupos revelou-se que a distribuição percentual do G₂ diferiu significativamente do

G₄ ($p = 0,0003$) e do G₅ também ($p = 0,03$) e mostrou que G₄ e G₅ não diferem significativamente ($p = 1,0$), mostrando que a o livro digital teve melhor aceitação do que o livro aumentado.

Ao analisar a história em quadrinhos (HQ), independentemente da mídia usada, ou seja, juntando as respostas do G₂ com G₄ e G₅, sua aceitação foi plenamente evidenciada quando 48,1% a consideraram como **excelente (moda)**, 44% como **bom (mediana)**, totalizando 92,1%. Apenas esses valores já evidenciam a sua alta qualidade, sem levar em consideração os 6,2% que a consideraram como razoável e que também poderiam ser considerados nessa contagem.

V.1.4. Livro aumentado





O **livro aumentado** para o ensino do *ushiro-ukemi* (material didático impresso interativo com marcador fiducial) foi criado e aplicado no G₂. Durante o processo de criação do livro aumentado, alguns pressupostos precisaram ser levados em consideração. Bruegge & Smailagic (2006) sugerem aspectos a serem controlados durante o ensino de habilidades motoras nos grupos experimentais. Tais aspectos descritos foram respeitados durante o delineamento deste estudo. São eles:

-  *“adaptabilidade – se o aprendiz não está familiarizado com a habilidade, o sistema deve se adaptar ao aprendiz.”* Para tal o Ushiro-ukemi foi ensinado segundo a progressão pedagógica tradicional do Judô que tem provado a sua eficiência ao longo das décadas durante a parte prática em todos os grupos, facilitando a aprendizagem. Além disso, a visualização do humano virtual foi ajustada ao tamanho do dos alunos durante a aplicação do sistema de RA com projeção (G₃). Na utilização do material didático com sistema de RA (G₂), o aluno pode ainda mover o marcador no livro aumentado para visualizar o movimento por vários ângulos. No caso da aplicação do material didático com Realidade Virtual, o aluno pode controlar a animação, mudar a aparência do humano virtual, seu tamanho, posição e também a iluminação sobre ele e a cor do ambiente virtual.
-  *“Não-interferência – o sistema não deveria interferir se o aprendiz tentar fazer por si só. Em particular o sistema não deveria interromper os seus esforços a menos que ele desligar ou sair do traçado”.* Nos grupos 2 e 3, cada marcador fiducial neste estudo se destinou a um dos processos da progressão pedagógica. No G₂ o aprendiz pode usar o marcador fiducial que desejasse para manipular e praticar. Todavia foram aconselhados a seguirem a

progressão mesmo para os mais avançados, posto que ela também serviu como aquecimento, onde cada processo inicial preparava o corpo para a execução do processo seguinte. No caso dos grupos 5 e 6, a *história em quadrinhos* virtual contada para ensinar o *ushiro-ukemi* tem um fim, mas o aluno pode voltar às páginas que desejar.

Grupos	adaptabilidade	Não-interferencia	Suporte para tentativa-e-erro	Feedback	Anotações	Verificação da aprendizagem
G ₀	-	-	-	-	✓	✓
G ₁	✓	✓	3 – 5 tentativas	✓	✓	✓
G ₂	✓	✓	3 – 5 tentativas	Mínimo possível	✓	✓
G ₃	✓	✓	3 – 5 tentativas	✓	✓	✓
G ₄	✓	✓	3 – 5 tentativas	✓	✓	✓
G ₅	✓	✓	3 – 5 tentativas	✓	✓	✓

QUADRO 12: aspectos a serem controlados, segundo Bruegge & Smailagic (2006).

-  **Suporte para tentativa-e-erro** – Os alunos repetiram em torno de 3 a 5 movimentos da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi*, em função da disponibilidade de tatames, do tempo e do movimento da progressão pedagógica.
-  **Feedback** – O professor proveu reforço e correção aos alunos durante a aula prática para o G₁, G₃, G₄ e G₅. Cabe lembrar que o G₃ recebeu feedback constante do sistema de RA, pois os alunos puderam ver o próprio movimento no telão e compará-lo com o do humano virtual, que eles imitavam, mas o professor também provia feedback. O G₂ teve o mínimo de influência do professor possível e o feedback ficou quase exclusivamente por conta do material didático com o sistema de RA associado (livro aumentado).
-  **Anotações** – não foram anotadas quaisquer observações escritas, mas houve registro por filmagem de partes do processo de ensino e avaliação de todos os grupos.
-  **Aprendizagem** – A aprendizagem foi verificada ao se aplicar uma avaliação sobre conhecimentos teóricos do *ushiro-ukemi* e outra avaliação prática apenas do último estágio da progressão pedagógica em todos os grupos – o *ushiro-ukemi* executado em pé.

Ao se tratar da criação de um livro aumentado, cabe lembrar que há estudos sobre:

- a. delineamento (*design*) de softwares (Kafai, 2003; Ramei et al, 2008),

- b. delineamento de interfaces tangíveis (O'Malley & Fraser, 2004; Mazzone, 2007; Zaman et al., 2009),
- c. avaliação de usabilidade (Xu et al., 2006; Xu, 2007; Mazzone et al., 2007),
- d. sistemas de RA voltados para crianças (McKenzie & Darnell, 2003; Kirner & Ferraz, 2006; Bogen et al., 2006; Scherrer et al., 2008),
- e. promoção de aprendizagem através deles (Shelton & Hedley, 2002; Koskela et al., 2005; Chen, 2006; Tan et al., 2008, Irawati et al., 2008).

É notório que RA apresenta uma gama de possibilidades para facilitar a aprendizagem, porém boa parte dos estudos tem focado aspectos técnicos enquanto poucas pesquisas têm sido desenvolvidas para explorar o seu potencial educacional (Pemberton & Winter, 2009).

No caso específico da Educação Física, este estudo apresenta o primeiro livro aumentado para o ensino de uma habilidade esportiva. Mas ele não ficou somente nas questões técnicas ou pedagógicas. Cabe lembrar que nessa tese foram alcançadas várias etapas onde foi desenvolvido:

- um processo de captura de movimento e sua validação,
- um processo de modelagem,
- um processo de animação e sua validação,
- uma HQ,
- um sistema de RA e RV,
- inserção dos modelos animados nos sistemas criados e em outros já desenvolvidos por outros (Mr Planet e Adobe Acrobat),
- aplicação dos sistemas de RA e RV no processo de ensino-aprendizagem com os alunos do Colégio Pedro II,
- comparação das diferentes abordagens metodológicas de ensino,
- avaliação dos resultados obtidos,
- verificação da aceitação do modelos 3D animados, da HQ, e do sistema de RA do estudo piloto,
- e os processos de validação desenvolvidos em cada etapa.

O estudo sobre o livro aumentado mostrou evidência de sua validade enquanto material didático como método de ensino do Ushiro-ukemi. Ele foi publicado nos anais e apresentado no III Congresso Nacional de Ensino Fundamental - III CONEF (Carvalho et al., 2009b).

V.1.5. Sistema de RA com projeção

Sistemas de RA têm sido aplicados em 5 principais áreas:

1. Técnicas de rastreamento (*tracking*) - 20.1%, ou seja, são 63 trabalhos dentre 313 apresentados no ISMAR nos últimos 10 anos.
2. Técnicas de interação - 14.7%.
3. Calibração e registro (*registration*) - 14.1%.
4. Aplicações em RA - 14.4%.
5. Técnicas de apresentação (*display*) - 11.8% e também outras seis áreas emergentes:
 - a. Avaliação/testagem - 5.8%.
 - b. RA Móvel/portátil - 6.1%.
 - c. Autoria de RA (*authoring*) - 3.8%.
 - d. Visualização - 4.8%.
 - e. RA Multimodal - 2.6%.
 - f. Renderização - 1.9% (Zhou et al., 2008).

Ao observar especificamente a área que trata das aplicações de RA, há os estudos sobre o ensino de diferentes disciplinas e conteúdos Matemática e Geometria (Kaufmann & Schmalstieg, 2003; Kaufmann & Meyer, 2008), Ciências (Arvanitis et al, 2009), línguas (Jung & Lee, 2008), Literatura (Dünser & Hornecker, 2007c) e Química (Chen, 2006), por exemplo. Eles têm sido desenvolvidos em sistemas baseados em HMD e handhelds, principalmente, mas há trabalhos baseados em monitor (*display*) e projeção (Azuma, 2004).

Três estudos preliminares criaram os sistemas de RA baseado em monitor utilizando o DART (Carvalho et al. 2005; Carvalho et al. 2006; Carvalho et al. 2007). O primeiro apresentou uma animação 2D do *ushiro-ukemi* associado a um marcador fiducial. No segundo estudo preliminar foi utilizado o boneco virtual 3D Pinocchio, que foi criado no software de modelagem e animação Cosmo World com formas primitivas. No terceiro, o Pinocchio II foi concebido no 3D Studio Max também usando formas primitivas e apresentando dois comportamentos de parar e mover associados a duas letras do teclado.

O presente estudo levou em consideração a disponibilidade de materiais de apoio (*hardware*) normalmente encontrados em escolas, especificamente no Colégio Pedro II. Aplicações baseadas em HMD não foram desenvolvidas, por que este é um material que dificilmente pode ser encontrado em escolas brasileiras de Ensino Fundamental e Médio e tão pouco em quantidade suficiente para atender a turmas de 30 a 35 alunos. Outro motivo para evitar o HMD são os relatos do “mal

dos simuladores” (*simulator sickness*) gerado pelo aparelho. O “mal dos simuladores” pode provocar enjôo, tontura, dor de cabeça e irritação nos olhos, por exemplo (Kaufmann & Dünser, 2007). Ele passou a ser estudado nos anos 60 pela Goodyear Aerospace Corporation (Miller & Goodson, 1960; Barret & Thronton, 1968) e pelas forças armadas (Pausch & Crea, 1992) para o treinamento com simuladores de vôo, por exemplo. A indústria dos jogos gerou uma grande demanda para o desenvolvimento de estudos sobre esse tema também, até comparando as formas de apresentação em monitor, HMD em 2D e HMD em 3D (Häkkinen et al., 2006).

Além desses pontos negativos em relação a utilização do HMD, há os pontos positivos dos sistemas baseados em monitor e projeção. As escolas muitas vezes possuem um laboratório de informática o que viabilizou a criação do livro digital com animação 3D. Já o sistema com projeção permite boa visualização do próprio aluno no telão ao executar o movimento junto com o modelo humano virtual 3D, conforme fez Nomura et al. (2006), quando apresentou um sistema de RA com projeção que contava uma história com modelos 3D interagindo com a platéia infantil através da imagem num telão. Foi a partir da idéia de interação com o modelo virtual apresentada nesse estudo de Nomura et al. (op. cit.) que foi idealizada abordagem metodológica aplicada no presente trabalho com o G₃, onde se utilizou o sistema de RA com projeção.

Através da visualização de si próprio e do boneco virtual no telão executando o *ushiro-ukemi*, era possível prover *feedback* imediatamente (em tempo real). Deve-se notar que o sistema de RA forneceu *feedback* a todos executantes simultaneamente, enquanto a observação de qualquer professor se limitava a apenas um aluno por vez. Essa visualização permitiu que o aluno, durante a própria execução, percebesse se a sua movimentação estava de acordo com a do boneco virtual, em termos espaciais e temporais, permitindo que ele ajustasse e corrigisse a proporção e o ritmo dos seus movimentos segundo a do *biped*.

Essa abordagem metodológica era uma grande novidade para os alunos que esperavam ansiosamente a sua vez de entrarem no tatame e fazerem a atividade. Consequentemente, o humano virtual obteve 90,5% de aprovação na avaliação, sendo que 38% o consideraram **excelente** e 52,5% como **bom**. Somando a resposta razoável, totalizam-se 97,6% de aceitação.

Portanto, quando o sistema de RA com projeção foi aplicado no G₃ como **material de apoio** ao professor, agregou-se um valor a mais no ensino do *ushiro-*

ukemi, produzindo resultados tão bons quanto ao de uma aula prática tradicional. O G₃ obteve nota 10 de mediana na avaliação teórica e prática.

V.1.6. Questionário e teste motor

V.1.6.a. Estudo de validade do questionário e teste motor

Por muito tempo os profissionais de Educação Física e Esporte buscaram conhecimento sobre o processo de validação de seus instrumentos de medida e avaliação em outras áreas como a Psicologia e a Educação, que possuem suas subáreas específicas de estudo como a Psicometria e a Edumetria. Além disso, elas também formaram organizações e revistas científicas específicas para tratarem da avaliação, como, por exemplo, a *Psychometrika*, *Educational and Psychological Measurement*, *Applied Psychological Measurement* e *Applied Educational Measurement*.

Com o tempo, a Educação Física e Esportes se apropriaram desse conhecimento e o adaptaram para responderem as suas questões específicas. Deste modo, passou-se a dispor de um corpo de conhecimento específico sobre medida e avaliação nas Ciências do Exercício (do Esporte, ou da Motricidade Humana, dependendo do referencial adotado). Contudo cada Ciência do Exercício possui suas questões próprias e respectivos instrumentos. Consequentemente o processo de validação dos seus instrumentos estava sendo desenvolvido de forma segmentada e sem inter-relação pelos profissionais da Biomecânica, Fisiologia do Exercício, Psicologia do Esporte e Cineantropometria, por exemplo.

Posto que já existia um corpo de conhecimento próprio formado, assim como organizações, congressos e revistas científicas que tratam de medidas e avaliações em Educação Física e Esporte, surgiu também a necessidade de se criar uma disciplina, um curso de pós-graduação e uma revista que tratassem especificamente das questões da medida e avaliação em Educação Física e Esporte: a Cinesmetria. Essa nova área de estudo possui uma revista específica desde 2000 (*Measurement in Physical Education and Exercise Science*) e curso de mestrado e doutorado, como o da Universidade de Illinois em Urbana-Champanhe.

Portanto, o referencial teórico adotado nessa tese frente ao processo de validação do teste teórico e da avaliação motora será o da Cinesmetria (*Kinesmetrics*). Segundo Zhu (2009), “*Cinesmetria é um disciplina que desenvolve e aplica a teoria da mensuração, análise estatística e matemática ao campo da Cinesiologia*” (estudo do movimento) ou do desempenho humano. Cinesmetria é um neologismo, alcunhado por Zhu (Rowe & Mahar, 2006), que foi formado pela

aglutinação de dois vocábulos: *kinein*, do grego, que significa movimento e a palavra *métrica*, que significa escala, quantidade, mensuração. A base do conhecimento e a fundamentação teórica da Cinesmetria são: a teoria da mensuração, métodos estatísticos e matemáticos, delineamento de pesquisa, características dos dados/aspetos da mensuração nas diferentes Ciências do Exercício, os aspectos éticos e legais da mensuração e pesquisa, e, também, computação e tecnologia.

O processo de validação dos instrumentos de medida e avaliação em Educação Física e Esporte procura evidências de validade.

“Quando um pesquisador elabora um teste ele tem a obrigação de estabelecer um modo para que o seu teste tenha sua autenticidade científica aceita. O homem de ciência precisa determinar se o instrumento que ele desenvolveu mede aquilo que ele foi criado para medir e não outra coisa qualquer” (Carvalho, 1995).

“Diz-se que um teste possui validade, se ele mede precisamente o que foi designado medir” (Hastad & Lacy, 1998).

“Validade é a adequação, significância e utilidade de inferências específicas feitas dos escores do teste” (Burton & Miller, 1998).

“A validade se refere a veracidade de um instrumento de avaliação. Um instrumento válido avalia de forma acurada o atributo para o qual ele foi proposto e permite que sejam feitas inferências significativas a partir dos resultados da avaliação” (Tritschler, 2003).

O conceito de validade pode ser compreendido em termos gerais, mas também em função do tipo de validade, ou seja, da forma em que o processo de validação estiver sendo desenvolvido.

Tipo de validade	Tempo	Questão	Exemplos de teste
1. Aparente ou lógica	?	O que os peritos acreditam que o teste esteja medindo?	Levantamento de opinião
2. Conteúdo	Passado	O conteúdo reflete o que se pretendia ensinar?	Prova escrita
3. Critério	Passado	As pessoas ensinadas executam melhor do que as outras não ensinadas?	Índice olímpico
4. Concorrente	Presente	O teste proposto pode substituir outro já validado?	Testes motores
5. Constructo	Presente	Os escores do teste relatam outras qualidades com as quais se pretendiam estar relacionadas?	Teste de velocidade de deslocamento
6. Preditiva	Futuro	Os escores do teste podem prever sucesso futuro?	Impressão digital

Quadro 13: tipos de validade.

Após definir o conceito de validade em termos gerais, cabe direcionar o discurso para o processo de validação de instrumentos que visem avaliar a aquisição de uma habilidade motora de forma qualitativa com posterior conversão para valores quantitativos (escores em escala ordinal).

“Validade em análise qualitativa tem dois importantes níveis. O primeiro nível é a validade lógica, a qual é estabelecida por consenso da literatura e da opinião de peritos sobre o movimento analisado. Um exemplo de validade lógica ou aparente seria se a análise qualitativa identificasse aspectos críticos do movimento analisado. (...) O nível importante seguinte é a validade referente a critério, ou a checagem da avaliação qualitativa e o diagnóstico de algum aspecto crítico do desempenho com um critério de mensuração desse aspecto” (Knudson & Morrison, 1997).

Como se pode notar não existe apenas uma forma de se validar os instrumentos, mas várias para atender aos diferentes momentos do processo de validação e também as funções de cada instrumento distintamente. Esses tipos de validade são usadas segundo uma forma de procedimentos, caracterizando o processo de validação como um método que possui etapas a serem cumpridas.

Mahar & Rowe (2008) apresentam uma estrutura piramidal de três etapas numa sequência progressiva de atribuições durante processo de validação.

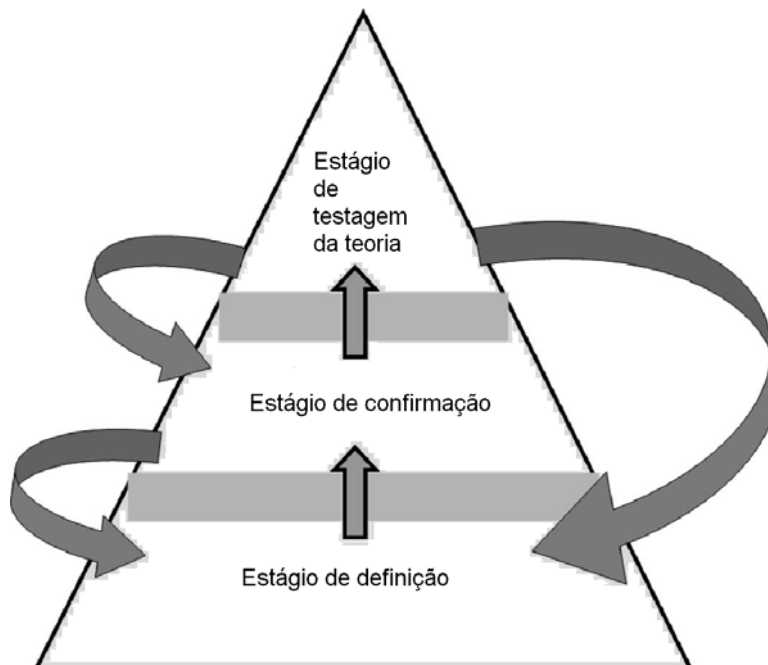


FIGURA 83: Processo de validação (Mahar & Rowe, 2008).

O primeiro é o estágio de definição que “envolve as tentativas iniciais de descrever a natureza do constructo, usando a teoria e evidências preliminares de

pesquisa” (Rowe & Mahar, 2006). O primeiro estágio deste estudo consistiu em duas partes:

- a. no levantamento bibliográfico sobre o *ushiro-ukemi* e sua progressão pedagógica em livros clássicos do assunto (Kano, 1970; Inokuma & Sato, 1986, Shinohara, 2001), onde foram apontadas as características dos movimentos. Através do suporte teórico, observou-se evidência da validade do conteúdo a medida que a animação representava os movimentos conforme a literatura específica,
- b. na avaliação dos peritos, foi encontrada evidência de validade lógica (ou aparente) das animações em 3D e do seu processo de criação.

Nesse estágio, o principal objetivo da tese, foi determinar se o *biped* estava realmente representando a execução da progressão pedagógica do *ushiro-ukemi* ou não, através da literatura consultada e da opinião de especialistas.

As características do *ushiro-ukemi* definidas nessa etapa foram usadas na elaboração do teste teórico, que inquiriu sobre a nomenclatura e posição do corpo, e na avaliação motora, onde se verificou a correta execução do movimento, segundo os padrões de comportamento motor levantados.

O segundo estágio é o confirmatório, onde são “*delineados estudos para confirmar ou negar a definição do constructo*” (Rowe & Mahar, 2006). No estágio confirmatório, diferentes estratégias são usadas para “*coletar dados para avaliar nossa definição do constructo*” (Rowe & Mahar, op. cit.). A estratégia usada para validar tanto o teste teórico quanto a avaliação motora foi a comparação de grupos diferentes, usando os resultados dos alunos sem conhecimento prévio (G_0) com os do grupo que fez apenas a aula prática (G_1). Nessa estratégia se comprovou a hipótese os grupos eram significativamente diferentes em relação ao constructo estudado tanto no teste teórico ($U = 21$; Z ajustado = 7,851; $p < 0,0001$) e na avaliação prática ($U=0,0$; Z ajustado= 7,187; $p < 0,0001$).

“*Estudos de comparação de grupos diferentes são bem adequados para avaliação de habilidades e atividades físicas*” (Rowe & Mahar, 2006).

O terceiro e último estágio é o de testagem da teoria. Nele podem ser usados métodos estatísticos mais complexos, como a modelagem de equações estruturais, para testar as teorias sobre o constructo estudado. Porém não pode ser usado nesse estudo, pois nos estágios iniciais a gama de informações e estudos inter-relacionados é limitada. Portanto o processo de validação do questionário e da avaliação prática conseguiu atingir o estágio confirmatório.

V.1.6.a. Estudo de fidedignidade do questionário e teste motor

Fidedignidade pode ser definida como a reprodutibilidade dos resultados de um instrumento de medida e avaliação. Pela perspectiva da Estatística, Baungartner (2006) afirma que *“fidedignidade é definida como a razão da variância do escore verdadeiro e a variância do escore obtido ou a proporção da variância do escore obtido que é explicado pela diferença real entre os indivíduos”*.

EQUAÇÃO 4:

$$\text{Se } s_x^2 = s_v^2 - s_e^2, \text{ então Fidedignidade} = s_v^2 / s_x^2 = (s_x^2 - s_e^2) / s_x^2.$$

Na fórmula, s_v^2 representa o escore verdadeiro, s_x^2 é o escore obtido e s_e^2 simboliza o escore de erro. A verificação da fidedignidade se expressa através do coeficiente de fidedignidade e pode ser desenvolvida através de diferentes métodos. O cálculo do coeficiente de fidedignidade depende de fatores como: tipo de dados (categórico, ordinal, intervalar e de razão), tipo de teste padronizado (referente a norma ou a critério), escore critério (média dos escores, melhor escore), tipo de coeficiente de fidedignidade (consistência interna, estabilidade), necessidades da fidedignidade e o tipo de teste.

Thomas & Nelson (2007) apontam três métodos de se estabelecer fidedignidade: **estabilidade, formas alternativas e consistência interna**. A estabilidade dos resultados do teste e do reteste aplicados em dias diferentes é verificada através do coeficiente de correlação intraclass (CCI).

As formas alternativas envolvem a construção de dois testes que representam o mesmo material. Neste caso, geralmente são formulados testes escritos e não motores.

A consistência interna pode ser determinada por diferentes métodos, por exemplo: teste-reteste aplicados no mesmo dia (CCI), ou split-half (CCI), o método de equivalência racional de Kuder-Richardson (Richardson & Kuder, 1939; Lenke et al., 1977) e a técnica do coeficiente alfa (Cronbach, 2004).

O questionário e o teste motor foram aplicados num mesmo dia demandando o estudo da **consistência interna**. Posto que os dados estavam em escala dicotômica no questionário e ordinal no teste motor, optou-se pelos métodos de Kuder-Richardson (KR-21) e coeficiente alfa, respectivamente. Os coeficientes encontrados foram KR-21 = 0,80 e $\alpha = 0,96$.

Não há um consenso na literatura a respeito do significado (valor) desses índices, contudo os níveis de aceitação dos coeficientes de reprodutibilidade tendem a

ser mais altos do que os de validade concorrente. A variabilidade dos dados é menor quando se estuda a repetição do mesmo teste no mesmo grupo de sujeitos, enquanto nos estudos de validade existe sim a correlação entre dois testes diferentes no mesmo grupo de sujeitos.

Diferentes autores sugerem diferentes significados para os coeficientes de fidedignidade em função da área de aplicação do estudo de reprodutibilidade. Aproveitando os dados de critérios levantados por Charter (2003) e acrescentando mais alguns específicos da Educação Física, montou-se o quadro a seguir.

Tabela 12: critérios de aceitação dos coeficientes de fidedignidade e comentários por autores.

Autor	R	Comentários
*Kelly (1927)	0,90	
*Gregory (1999), Guilford e Fruchter (1978), Hopkins, Stanley e Hopkins (1990), Salvia e Ysseldyke (1988)	0,90	para medição precisa em uso prático
*Nunnally e Bernstein (1994)	0,80	é adequado
	0,90	mínimo para importantes decisões
	> 0,90	desejável
*Aiken (1991), Rosenthal e Rosnow (1991), and Weiner e Stewart (1984)	0,85	Para fazer decisões clínicas
*Sternberg (1994)	0,80	Para teste diagnóstico
	$\geq 0,90$	<i>preferível</i>
*Cicchetti (1994)	< 0,70	<i>Inaceitável</i>
	$0,70 \geq r < 0,80$	<i>Razoável</i>
	$0,80 \geq r < 0,90$	<i>Bom</i>
	$\geq 0,90$	<i>Excelente</i>
**Mathews (1980)	0,90 - 0,99	Excelente
	0,80 - 0,85	Moderados
	0,70 - 0,79	Entre Fraca e Moderada
	0,60 - 0,69	Fraca
**Safrit e Wood (1995)	$\geq 0,90$	p/ n=30
**Knudson e Morrison (1997)	moderada	Análise qualitativa de movimentos
**Burton e Miller (1998)	$\geq 0,80$	Mínimo
**Trischler (2003)	< 0,70	Raro aceitar
	$\geq 0,80$	Diretriz geral

*autores citados por Charter, 2003, em preto.

**autores ligados a Educação Física em vermelho.

Numa visão geral, percebe-se que os autores entendem como desejáveis os coeficientes iguais ou acima de 0,90, mas coeficientes iguais ou acima de 0,80 também são considerados como aceitáveis, bons ou moderados. Burton e Miller (1998) concordam com Trischler (2003) em relação a coeficientes menores do que 0,70. Se $r = 0,70$, então o $r^2 = 0,50$, ou seja, apenas 50% da variabilidade dos dados

explicam a relação entre os momentos de aplicação do teste, se o coeficiente de determinação for igual a 0,70. *“Para coeficientes menores do que 0,70, a proporção da variância entre dois momentos de testagem atribuída ao erro excede a proporção atribuída aos escores verdadeiros”* (Burton & Miller, op.cit.). Um coeficiente de fidedignidade de 0,80 significa que 64% da variabilidade dos dados ($r^2 = 0,64$) explicam a relação entre os momentos de aplicação do teste.

Outro modo de se obter maior garantia de fidedignidade dos resultados seria calcular o erro padrão da medida e o intervalo de confiança do coeficiente, porém esse cálculo não foi usado nesse estudo por que os dados estão em escala dicotômica e ordinal. Tal cálculo necessitaria de dados em escala de razão, pois o desvio padrão é utilizado no seu cálculo.

Tratando especificamente de análises qualitativas de movimento, Knudson e Morrison (1997), ao observarem estudos em Cinesiologia (neo-logistimo para denotar a Educação Física nos EUA) e em Fisioterapia, afirmaram que pesquisas têm apresentado coeficientes de fidedignidade de nível moderado. Portanto o estudo de fidedignidade deste teste motor é uma forma de análise qualitativa de movimento que também demanda certa complacência.

Concluindo, os coeficientes encontrados neste estudo mostraram que o questionário e o teste motor possuem coeficientes de reprodutibilidade adequados (boa e excelente, respectivamente) para que possam garantir a autenticidade científica de sua aplicação.

V.1.6.a. Análise dos itens do questionário e teste motor

A análise dos itens serve para determinar quais são os itens no questionário que estão adequados ou precisam ser reestruturados. No caso das tentativas na avaliação motora, a dificuldade é a mesma, portanto essa análise pode servir para verificar se a quantidade de tentativas está adequada aos objetivos do teste motor, pois se houver variação de desempenho entre elas a quantidade de tentativas deve ser revista. Nesse caso, fatores como a fadiga ou a aprendizagem poderiam estar interferindo.

Durante a análise dos itens foram calculados o índice de dificuldade e o índice de discriminação. Durante o cálculo do índice de discriminação são usadas percentagens dos escores mais altos e mais baixos que podem variar entre 25%, 27%, 30% ou 33% (Thomas e Nelson, 2007). No presente estudo, já existiam dois grupos com diferentes quantidades ($G_1 = 75$ e $G_2 = 18$) e características (com ou sem conhecimento). Durante o cálculo do índice de dificuldade e de discriminação foram

computados os 18 indivíduos do G_0 (19,4%) que obtiveram os piores resultados e os 18 do G_1 que obtiveram os melhores, totalizando 38,7% dos 93 alunos. Caso contrário, essas diferenças entre os grupos poderiam interferir nos resultados dos índices.

Os índices de discriminação obtidos no questionário variam de 0,50 a 0,83. Thomas e Nelson (op. cit.) recomendam que o índice de discriminação seja igual ou maior que 0,20. O Office of Educational Assessment (2010) afirma que os valores do índice de discriminação raramente excedem 0,50, contudo nesse estudo os índices encontrados permitem inferir que o questionário discriminou os alunos que possuíam conhecimento prévio dos que não tinham. O teste motor apresentou um surpreendente índice de 1,00 para cada tentativa, mostrando que o teste motor permite discriminar aqueles que sabiam executar o *ushiro-ukemi* em pé dos que não sabiam.

TABELA 13: Índice de discriminação dos itens do questionário e das tentativas do teste motor.

	Questionário				Teste motor		
	1	2	3	4	1	2	3
Índice de discriminação	0,83	0,61	0,78	0,50	1,00	1,00	1,00

O índice de dificuldade apresenta a razão entre os itens respondidos corretamente com a quantidade de itens. Consequentemente, quanto maior for a quantidade de acertos no teste, maior será esse índice, porém menor será a dificuldade. Thomas & Nelson (2007) alegam que a maioria das autoridades de avaliação recomenda que:

- a. os índices se situem entre 0,10 e 0,90;
- b. as melhores questões estejam em torno de 0,50.

O índice de dificuldade de todas as tentativas do teste motor foi de 0,50, ou seja, os alunos do G_1 conseguiram executar corretamente o *ushiro-ukemi* em pé, enquanto os alunos do G_0 ou não executaram ou executaram outro movimento que não configurava o *ushiro-ukemi*.

No caso do questionário, havia 4 itens. O primeiro item era de múltipla escolha com cinco opções. Segundo Em função da quantidade de opções, os níveis de dificuldade desejáveis são ligeiramente maiores do que o 50%.

TABELA 14: Item do questionário, número de opções nos itens de múltipla escolha, índice encontrado e índice desejado em cada item, segundo o Office of Educational Assessment (2010).

Item	1	2	3	4
Nº de opções	5	2	*	3
Índice encontrado	0,58	0,69	0,61	0,75
Índice desejado	0,70	0,85	0,50	0,77

* Este item não é múltipla escolha, mas de resposta subjetiva curta.

No caso do questionário, observa-se que os valores obtidos para o índice de dificuldade se situam entre 0,10 e 0,90. Portanto não são nem fáceis demais e nem difíceis demais.

Os índices de dificuldade de todas as questões se apresentam próximos aos índices desejados e se mantiveram num nível praticamente ótimo. Esses valores mostram também que a dificuldade encontrada em cada questão pouco variou entre si, confirmando que o índice Kuder-Richardson (KR-21) pode ser adequadamente aplicado, pois ele demanda que as questões tenham o mesmo nível de dificuldade (Lenke et al., 1977).

Cabe lembrar que os itens apontados acima produziram resultados que foram apresentados e publicados em eventos nacionais e internacionais, mostrando que a comunidade acadêmica vem considerando positivamente a relevância dos estudos preliminares produzidos. Tais achados proveram a devida fundamentação conceitual, técnica e metodológica para que o objetivo principal dessa tese pudesse ser desenvolvido.

V.2. Estudo experimental e validade

V.2.1. Características do modelo experimental randômico

De acordo com Thomas e Nelson (2007), este estudo pode ser classificado como experimental verdadeiro com delineamento do tipo grupos-randômicos, onde há um grupo controle e grupos experimentais.

Cada grupo foi escolhido aleatoriamente, não houve pré-teste. Todos receberam tratamento menos o controle e todos foram avaliados da mesma forma. Apenas no grupo controle a aceitação não foi avaliada.

Grupos	Escolha randômica	Tratamento ou Método de Ensino	Avaliação
G ₀	R	Controle (nenhum tratamento foi aplicado)	teórica, prática e da aceitação
G ₁	R	Aula prática regular	teórica, prática e da aceitação
G ₂	R	Material didático com sistema de RA	teórica, prática e da aceitação
G ₃	R	Sistema de RA com projeção	teórica, prática e da aceitação
G ₄	R	Realidade Virtual + aula prática juntas	teórica, prática e da aceitação
G ₅	R	Realidade Virtual separada + aula prática	teórica, prática e da aceitação

QUADRO 14: modelo experimental verdadeiro do tipo grupos-randômicos.

Legenda: R = randômico, G = grupo.

A vantagem do estudo experimental verdadeiro é que ele parte da premissa que os grupos eram equivalentes no início da pesquisa. Para garantir essa igualdade, os alunos que já possuíam conhecimento prévio sobre o *ushiro-ukemi* foram excluídos do estudo. O critério de corte era responder no questionário que já haviam praticado Judô, Jiu-jitsu ou Aikidô no questionário e/ou declarando também a cor de sua faixa. Portanto quaisquer diferenças encontradas nos resultados das avaliações de cada grupo foram atribuídas ao tratamento (método de ensino) aplicado. Este delineamento experimental permite verificar evidência de validade para cada um dos métodos de ensino aplicados.

Estudos experimentais precisam analisar a sua validade por duas diferentes perspectivas: interna e externa. A validade interna está relacionada ao controle de variáveis intervenientes sem o que seria impossível interpretar os resultados e fazer qualquer afirmação decorrente deles.

“A obtenção de validade interna envolve o controle de variáveis para que o pesquisador possa eliminar todas as hipóteses como explicações para os resultados observados” (Thomas & Nelson, 2007).

A validade externa se refere a generalização dos resultados para a população em geral ou para grupos populacionais, quando uma amostra foi usada. Ainda que as variáveis intervenientes sejam controladas e a validade interna garantida, não há certeza de que a externa também estará. Para se conseguir validade externa é necessário que:

- ✚ o processo de amostragem seja bem conduzido para garantir a representatividade dos resultados para a população de onde a amostra foi coletada,
- ✚ o processo de tratamento (ensino neste caso) e siga um protocolo e seja reproduzível,
- ✚ o processo de testagem seja reproduzível

Todavia para se garantir a validade em estudos experimentais alguns fatores precisam ser controlados Thomas & Nelson (2007) apresentam alguns aspectos que podem ameaçar a validade do estudo.

QUADRO 15: Fontes de ameaça a validade interna e externa.

Interna	Valoração	Externa	Valoração
1. História	+	1. Testagem x tratamento	-
2. Maturação	+	2. Viés de seleção x tratamento	?
3. Testagem	+	3. Arranjos experimentais	?
4. Instrumentação	+	4. Tratamentos múltiplos	
5. Regressão estatística	+		
6. Viés de seleção	+		
7. Mortalidade experimental	+		
8. Seleção x maturação	+		
9. Expectativa	?		

<u>Legenda</u>	<u>Importância</u>
+	Forte
-	Fraca
?	Questionável

V.2.2. Procedimentos de controle das ameaças a validade interna

- O aspecto histórico e a maturação não ameaçaram a validade interna deste estudo por que ele foi transversal e só houve um momento de testagem após a aplicação dos diferentes tratamentos. Não houve possibilidade de ter acontecido algo ou o sujeito amadurecer entre o teste e o reteste.
- O aspecto referente a testagem também não afetou a validade interna desse estudo por que a avaliação só ocorreu uma vez e os mesmos instrumentos de medida e avaliação foram aplicados em todos os grupos. Além disso, os alunos que já haviam praticado Judo foram identificados antes do teste escrito e a avaliação prática serem aplicados no G₀. Os alunos sem conhecimento prévio poderiam ter sido ajudados pelos que já possuíam tal conhecimento, se os primeiros tivessem visto a avaliação prática ou teórica dos outros antes de serem avaliados. Outra variável, que foi controlada, foi ter sempre a presença de mais de um professor ajudando no processo com cada turma, onde, pelo menos, um deles era professor regular da turma. Com isso se evitou problemas com a receptividade da proposta e também com a disciplina das turmas.
- O aspecto referente a instrumentação também não afetou a validade interna posto que a testagem deles seguiu o mesmo protocolo de execução. O questionário e a avaliação prática apresentaram evidências de validade e a reprodutibilidade deles é excelente.
- O aspecto referente a regressão estatística é um problema particular em estudos que comparam grupos extremos em relação a alguma variável em, pelo menos, dois momentos de testagem. Isso não aconteceu nesse estudo e, portanto, não afetou a sua validade.

TABELA 15: Quantidade de alunos no estudo.

Casos		Válidos		Nulos		Total	
	Conhecimento prévio	N	%	N	%	N	%
Avaliação prática	com conhecimento prévio	126	97,7	3	2,3	129	100
	sem conhecimento prévio	350	94,9	19	5,1	369	100
Avaliação teórica	com conhecimento prévio	126	97,7	3	2,3	129	100
	sem conhecimento prévio	350	94,9	19	5,1	369	100

- A mortalidade não afetou a validade interna dos resultados. Foi necessário pedir o consentimento dos pais ao permitirem que seus filhos participassem, abrindo mão do direito de imagem e alguns raros não concederam. Também não houve problemas com a mortalidade dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem, pois ele aconteceu em apenas um dia, evitando a mortalidade entre teste reteste.

Mais de 90% dos alunos das turmas estavam presentes, participaram do estudo e o número de alunos envolvidos foi satisfatório para estudos de aprendizagem em ambiente escolar.

- A expectativa dos avaliadores que o grupo controle tivesse uma avaliação ruim, posto que não recebeu instrução, não afetou os resultados do questionário. Este é um instrumento de avaliação escrito com questões objetivas, onde a influência do avaliador tem pouco peso sobre o resultado encontrado. Na avaliação prática, parte dos alunos não conhecia o *ushiro-ukemi* e não executou o movimento, ganhando um zero. Outra parte dos alunos executou outro movimento que não tinha as características do *ushiro-ukemi*, também ganhou um zero.
- O aspecto referente ao viés de seleção não afetou a validade interna, por que se optou por analisar a aprendizagem dos alunos sem conhecimento prévio. A idéia de ensinar um movimento utilitário ainda desconhecido, de fácil aprendizagem através de sua progressão pedagógica, ajudou muito a controlar diversas variáveis que poderiam afetar a validade interna dos resultados. Assim, os alunos aprenderam um movimento esportivo que lhes permita preservar a integridade física e proveja maior segurança, se levarem um tombo de costas. O perfil motor e cognitivo de entrada foi nivelado – nenhum sujeito nesse estudo conhecia o *ushiro-ukemi* previamente. Além desses fatores relacionados a seleção, não houve necessidade dos alunos possuírem uma ampla bagagem motora prévia para o aprendizado do *ushiro-ukemi*, o que não aconteceria se fosse um movimento complexo de Ginástica Artística, como um duplo mortal grupado. A progressão

pedagógica tradicional vem comprovando a sua validade enquanto método de ensino ao longo de mais de uma centena de anos no Judô. Além disso, uma grande gama de alunos começa a aprender Judô nas escolas e academias entre os 7 e 15 anos.

Apesar desses aspectos terem sido devidamente controlados, houve uma limitação metodológica na aleatoriedade da seleção dos grupos em função do método utilizado. Este é o único aspecto que poderia ser criticado e talvez afetar a validade interna desse estudo.

Ocorreram 3 momentos de coleta de dados. No primeiro momento, a Unidade Escolar Humaitá I, permitiu que a coleta de dados ocorresse com 9 das suas turmas e também o sistema de RA não estava funcionando adequadamente. Então só foi possível aplicar o material didático interativo digital seguido da aula prática, como aconteceu com G₄ e G₅. Todavia a escolha das turmas que pertenceriam ao G₄ ou G₅ aconteceu aleatoriamente, onde um grupo foi formado com as turmas do turno da manhã e outro com as da tarde.

No segundo momento, a Unidade Escolar São Cristóvão II, disponibilizou outras 9 turmas que foram distribuídas aleatoriamente entre G₁, G₂ e G₃. O terceiro e último momento de coleta, aconteceu novamente na Unidade Escolar Humaitá I, onde apenas uma turma dentre 3 turmas disponibilizadas, compôs o G₀ por sorteio. Portanto o processo aleatório ocorreu de fato em cada momento da coleta na hora de determinar que turmas formariam os diferentes grupos.

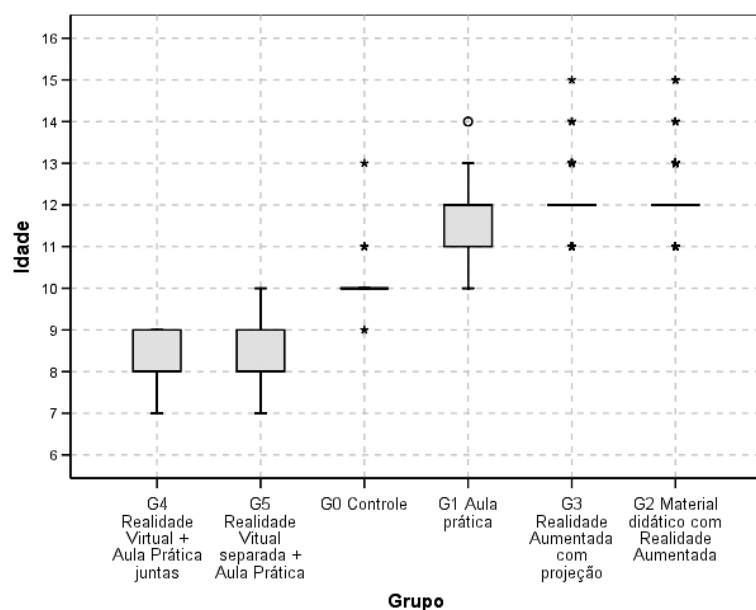


GRÁFICO 19: Médias de idade por grupos.

Legenda: o = escore discrepante (*oulier*); * = escore extremo

- O aspecto referente a interação entre seleção e maturação trata de diferenças nos estágio de maturação entre os grupos. De fato os grupos diferiram significativamente em idade ($p < 0,0001$), segundo a ANOVA de Kruskal-Wallis.

Supostamente os alunos mais velhos deveriam ter maior bagagem motora prévia, contudo a idade não afetou os resultados, pois os alunos mais novos do G_4 e G_5 obtiveram resultados semelhantes aos do G_1 e G_3 que eram mais velhos, tanto no teste teórico, quanto na avaliação motora. O G_2 , que é mais o velho de todos, teve nota significativamente inferior a dos demais grupos experimentais ($p < 0,05$) na avaliação prática. A idade isoladamente ou associada ao método de ensino não influenciou nos resultados de qualquer avaliação, segundo as análises de regressão feitas ($R^2 < 0,1$). Portanto a interação seleção-maturação não afetou a validade interna do estudo.

Concluindo, as ameaças apontadas por Thomas & Nelson (2007) foram controladas do melhor modo possível para não afetarem a validade interna.

Interna	Controlada	Observação
História	✓	
Maturação	✓	
Testagem	✓	
Instrumentação	✓	
Regressão estatística	✓	
Viés de seleção	✓	Controlada com limitações
Mortalidade experimental	✓	
Seleção x maturação	✓	Controlada com limitações
Expectativa	✓	

QUADRO 16: Controle das ameaças a validade interna.

V.2.3. Procedimentos de controle das ameaças a validade externa

A pergunta-chave desse momento é a seguinte: será que o modo com que foi feito o processo de amostragem, tratamento, situações e testes permitirá que os resultados sejam extrapolados para a população ou para uma amostra maior? Esses procedimentos se não forem bem planejados e/ou conduzidos podem afetar a validade externa.

V.2.4. Controle do processo de amostragem

No caso específico desse estudo, o processo de amostragem teve limitações em função de fatores como:

1. a boa vontade e flexibilidade dos diretores ao acreditarem na proposta de trabalho e disponibilizarem as turmas das Unidades Escolares envolvidas,
2. as coletas só puderam ocorrer em períodos específicos do ano em função do calendário letivo (provas e etc.),

3. a boa vontade dos colegas professores de abrirem mão de seus tempos de aula e liberarem os alunos para esse estudo,
4. a disponibilidade de tempo dos pesquisadores,
5. o correto funcionamento dos sistemas.

Porém, foram avaliadas todas as turmas de 2º. e 3º. anos do Primeiro Segmento do Ensino Fundamental da Unidades Escolar Humaitá I na primeira coleta, ou seja, um **senso** para essa unidade. Portanto esses grupos são representativos dos alunos desses anos dessa unidade nessas series e faixas etárias. Esperava-se completar o estudo nessa primeira coleta, porém o sistema de RA não funcionou como deveria e novas coletas tiveram que ser feitas. A primeira coleta ocorreu bem no final do ano letivo de 2008 e as demais logo no início do ano letivo de 2009, portanto os alunos do 2º. e 3º. anos de 2008 são praticamente os mesmos do 3º. e 4º. anos de 2009.

Na segunda coleta, foram avaliados os alunos de três turmas de 6º. ano e seis turmas de 7º. ano, que correspondem a 25% e 50%, respectivamente do total das turmas de 6º. e 7º. anos na Unidades Escolar de São Cristóvão II. Esses são percentuais muito altos e tem boa chance de poderem representar o montante dos alunos dos seus respectivos anos. Cabe lembrar que o sorteio distribuiu as nove turmas nos grupos (G_1 , G_2 e G_3) equilibradamente conforme o seu ano escolar, onde cada grupo ficou com uma turma de 6º. ano e duas 7º. ano.

Na última coleta, foram avaliados os alunos de uma turma sorteada dentre as três disponibilizadas de 5º. ano. Cabe lembrar que apenas três dentre cinco turmas de 5º. ano foram disponibilizadas para essa terceira coleta. O número de aluno que compuseram o grupo controle correspondeu a 20% do total de cinco turmas do 5º. ano da Unidade Escolar Humaitá I. Essa foi a menor representação percentual encontrada, porém ela representou suficientemente bem a sua função como grupo controle, pois os resultados das avaliações mostraram o seu desconhecimento sobre o *ushiro-ukemi*.

V.2.5. Controle do processo de ensino (tratamento)

O G_1 , G_4 e o G_5 fizeram aula prática ministrada pelo mesmo professor de Judo, seguindo sempre a mesma progressão pedagógica. Nessa aula, os alunos puderam executar cerca de 3 a 5 vezes o *ushiro-ukemi*. Tal procedimento padronizado garantiu a validade interna do estudo durante a comparação entre os grupos e garantiu também a validade externa para futuros estudos que usem o mesmo procedimento padronizado, mostrando que a aprendizagem ocorreu de forma significativa. O G_3 usou o sistema de Realidade Aumentada como material de apoio a aula prática

ministrada pelo mesmo professor e seguiu a mesma padronização de procedimentos, obtendo resultados significativos de aprendizagem.

O G₂, que usou o livro aumentado, foi o grupo que teve o mínimo de intervenção do professor durante o processo de ensino-aprendizagem. A idéia era simular o processo ensino-aprendizagem através da utilização do livro aumentado, num momento futuro, por outra uma criança ou adolescente que viesse adquiri-lo e usá-lo, mas cabe dizer que houve alguma intervenção do professor, pois eram muitos alunos a serem organizados num mesmo espaço e o controle do fator segurança se fazia fundamental. Cabe lembrar que a aplicação do livro aumentado resultou em aprendizagem significativamente muito boa no aspecto teórico (mediana = 10) e boa no prático (mediana = 6,7). Tal achado sugere que a participação do professor no processo possa prover uma melhora significativa na aprendizagem e menor variabilidade nos resultados da aprendizagem.

V.2.6. Controle das situações

Conforme já fora dito anteriormente o sistema de RA não funcionou adequadamente como deveria e, portanto, toda a pesquisa teve que ser reformulada momentos antes de iniciar. Infelizmente nem tudo ocorre do jeito que se deseja. Contudo o material didático interativo com HQ e RV em formato Adobe Acrobat (livro digital) estava funcionando perfeitamente e a sala de EF estava com seus tatames a disposição. Rapidamente se reestruturou a organização logística dessa pesquisa e aconteceu a coleta de dados do G₄ e G₅. Em dois dias foram aplicadas essas abordagens metodológicas. A aplicação das outras abordagens metodológicas de ensino do ushiro-ukemi só pode acontecer no ano seguinte, após por o sistema funcionando adequadamente e também depois das negociações com as respectivas direções e professores das unidades escolares envolvidas.

V.2.7. Controle dos testes

O aspecto referente a instrumentação também não afetou a validade externa desse estudo por que o questionário e a avaliação prática apresentaram evidências de validade e de fidedignidade, podendo ser utilizados em outros estudos.

Concluindo, as ameaças a validade externa foram controladas do melhor jeito possível para que os resultados desse estudo pudessem ser plenamente aceitos e extrapolados para a população em geral e outros estudos futuros. Há limitações no processo de amostragem, porém a quantidade absoluta e percentual de sujeitos permite conjecturar que eles poderão representar certos segmentos etários e anos

letivos das unidades escolares do Colégio Pedro II ao invés do oposto. Além do aspecto da amostragem, o processo de tratamento, de testagem e o controle de situações foram adequadamente controlados para que os resultados pudessem gozar de validade externa.

A partir do momento em que praticamente todas as ameaças a validade interna e externa foram adequadamente controladas e poucas ameaças parcialmente controladas, pode-se inferir que o modelo experimental aqui adotado esteja garantindo a qualidade dos resultados e a generalização. Este é, portanto, o primeiro estudo sobre a utilização de sistema de RA e RV para o ensino de gestos esportivos, que compara seus efeitos ao de uma aula tradicional, através de um delineamento experimental, com grupo controle.

“Modelos experimentais em pesquisa podem ser definidos como a materialização de uma parte da realidade, por meio da representação simples de uma ocorrência recente ou antiga. Para tanto, deve apresentar uma precisão adequada, por meio de comprovação prévia e também pela demonstração das limitações em relação à realidade que irá representar. O desenvolvimento de modelos experimentais torna-se importante na medida em que estes auxiliam na compreensão dos fenômenos naturais. (...) Nesse sentido, o modelo experimental deve ser, funcionalmente, o mais semelhante possível ao que se objetiva estudar” (Ferreira et al., 2005).

O modelo experimental usado no presente estudo pretendeu ser o mais fiel possível para garantir sua aprendizagem futura durante uma aula sobre o ensino do *ushiro-ukemi* utilizando diferentes abordagens metodológicas.

V.2.8. Resultados obtidos a luz da aplicação de novas tecnologias

É notório avanço tecnológico das últimas décadas sobre a utilização de computadores como ferramenta de apoio ao processo ensino-aprendizagem. Tal suporte pedagógico tem gerado interesse de pesquisadores e evidências que confirmam a sua eficácia de sua aplicação (Gulek & Dermitas, 2006), assim como no presente estudo. Pode-se dizer que nesse processo de produção de conhecimento, os *“educadores e psicólogos infantis têm uma tradição de examinar efeitos de aprendizagem em crianças”* (Zaman et al., 2009).

Ao fazer um levantamento de trabalhos sobre Ciência da Computação e Educação publicados nos jornais e conferências, Joy et al. (2009) mostra a quantidade produzida.

TABELA 16: Quantidade de publicações e trabalhos levantados relacionando Ciências da Computação e Educação (Joy et al., 2009).

	publicações	trabalhos
Jornais	21	517
Conferencias	21	3081
Total	42	3598

Portanto muito tem sido produzido em geral, mas, ao focar a discussão sobre a aplicação de RV e RA ao ensino de movimento, observa-se que o fato de lidar com uma novidade tecnológica e a inclusão da ludicidade podem interferir positivamente no processo ensino-aprendizagem. Associando o prazer com o ensino, Ke (2009) aponta 89 jogos de computador usados como ferramentas de ensino.

“A principal idéia por trás da RV é atrativa e plausível, notadamente ela pode prover uma variedade de ambientes prazerosos nos quais os pacientes podem sustentar a motivação para a prática por longos períodos de tempo e responderem a componentes específicos de feedback de erros. Na essência, os pacientes estão jogando um vídeo-game que premia a recuperação com pontos” (Krakauer, 2006).

Como se pode perceber a Educação Física saiu atrás da Fisioterapia no estudo da aprendizagem motora através de RV e RA. Holden (2005) faz um estudo de revisão sobre o assunto e constata o seguinte:

*“(1) pessoas com deficiências parecem capazes de aprender movimento em ambientes virtuais;
 (2) movimentos aprendidos por pessoas com deficiência em RV transferem para o mundo real a tarefa motora equivalente na maioria dos casos e em alguns casos generalizam para outras tarefas não treinadas;
 (3) em poucos estudos (n = 5) que comparam a aprendizagem motora em ambiente virtual com o real, algumas vantagens para o treinamento com RV foram encontradas em todos os casos;
 (4) não foram relatadas ocorrências do mal dos simuladores nas populações de deficientes até então (2005) em estudos onde VR foi usada para treinar habilidades motoras.”*

No campo da Medicina, o Haque e Srinivasan (2006) fazem um estudo de meta-análise sobre a efetividade do treinamento cirúrgico com simuladores de RV. Portanto já estava passando da hora para surgir o primeiro estudo aplicando RA e RV no ensino do esporte escolar com um delineamento experimental.

V.2.9. Resultados obtidos a luz do ensino do *ushiro-ukemi*

O *ushiro-ukemi* é um método desenvolvido pelos guerreiros japoneses (samurais) para amortecerem o impacto das quedas sem se machucarem, e assim poderem continuar a lutar. A partir dos anos 90, muito se tem estudado sobre a terceira idade e, especificamente, sobre as quedas que os idosos sofrem (Granata & Lockhart, 2006; Kangas et al., 2009), sobre a influência de medicamentos causando quedas (Woolcott et al., 2009), intervenções em geral para sua prevenção (Chang et al., 2009) e prevenção através de exercício (Sherrington et al., 2008). Com as quedas, vêm os riscos de fratura de quadril (Majumder et al., 2007), de punho (DeGoede & Ashthon-Miller, 2003) e de bater com a cabeça (Wu, 2007).

Surgiram então estudos sobre formas de diminuir o impacto sobre a articulação do quadril (Kroonenberg et al., 1996; Sabick et al., 1999; Robinovitch et al., 2004). As formas de amortecimento de quedas japonesas (*ukemi*) ganharam um novo interesse acadêmico na prevenção de lesões de quedas, mas sua utilidade foi questionada (Leavitt, 2003) e tiveram que ser avaliadas com o rigor da metodologia científica e provar a sua eficiência. A execução do *ukemi* reduz as forças de impacto sobre o quadril em 27,5 a 30%, quando executado por judocas experientes, em comparação com a queda em que a mão é usada para aparar a queda – no reflexo de paraquedismo (Groen et al., 2007). Também foi estudada a sua aplicação e respectivos ganhos nos amortecimento de quedas com indivíduos sem conhecimento prévio (leigos). Houve um ganho de aproximadamente 7% da utilização do *ukemi* em relação a queda aparada com a mão (Weerdesteyn et al., 2008).

Dentre os artigos que tratam do ensino e análise do *ushiro-ukemi*, observa-se que a aprendizagem prévia do rolamento da Ginástica Artística pode facilitar significativamente ($p < 0,05$) a aprendizagem do rolamento do Judô (Cavalcante Filho & Nascimento, 1999), todavia não foi possível trabalhar essa habilidade junto com a progressão pedagógica em função da escassez de tempo, pois além do ensino havia também a avaliação dos alunos para serem feitos em 90 minutos (dois tempos de aula de 45 minutos juntos). Cabe lembrar que o rolamento da Ginástica Artística é uma habilidade motora básica ensinada durante as aulas de Educação Física nos anos iniciais do Colégio Pedro II, portanto não houve obrigatoriamente uma necessidade de se ensinar este movimento junto com o *ushiro-ukemi*, posto que os alunos do Colégio Pedro II já foram instruídos anteriormente.

Ao analisar a progressão pedagógica tradicional em comparação com o método global, o método tradicional provou produzir melhores resultados na técnica de cair dos estudantes (Murray, 1981). A eficiência da progressão pedagógica vem se

mostrando eficiente na prática ao longo dos séculos e também cientificamente. Estes foram motivos determinantes para que ela fosse adotada no presente estudo e mais uma vez comprovou a sua eficiência de forma acadêmica.

No estudo de Sannohe & Iida (2008) os autores avaliaram aspectos de segurança na queda. Eles utilizaram um plano inclinado para 50 alunos de ensino médio realizarem o *ushiro-ukemi* e constataram que esta plano inclinado provocou aumento a velocidade na execução do movimento e a batida da cabeça no chão. Nessa tese, optou-se por ensinar o *ushiro-ukemi* usando a progressão pedagógica, sem outro educativo que pudesse dificultar a sua execução e aprendizagem.

Ainda discutindo sobre a segurança da queda, cabe lembrar que o tatame é um fator de grande importância. O Setor de Atividades Artísticas e Culturais (SAAC) do Colégio Pedro II, em São Cristóvão, e a sala de Educação Física, no Humaitá, dispunham de tatames de EVA de 100 x 100 x 4,0 cm encaixáveis (tipo “Lego”), onde ocorreram os tratamentos experimentais. O tipo de tatame usado nesse estudo atende perfeitamente as necessidades de segurança para a aprendizagem do *ushiro-ukemi*. Pode-se citar o trabalho de Santos e Melo (2003) que estudaram o local de execução do *ushiro-ukemi* e 64% dos judocas preferiram o tatame sintético por acreditarem que ele absorvesse melhor o impacto da queda do que os outros.

TABELA 17: Preferências dos judocas pelo tipo de tatame para executar o *ushiro-ukemi*.

Tipo de tatame	Sintético	Palha	Raspa de pneu	Indiferente	Total
ukemi	55	22	5	4	86
%	64	25,6	5,8	4,7	100

Posteriormente Santos et al. (2007) avaliaram 7 diferentes tipos de tatames relacionando o desconforto e propriedade biomecânica do tatame para absorção de impacto e concluiu que o melhor resultado foi obtido pelo tatame sintético tradicional com placa de copolímero etileno acetato de vinila (EVA), texturizado e siliconizado, medindo 199,0 x 99,0 x 4,0 cm.

Outro ponto que deve ser realçado nesse estudo é que o *ushiro-ukemi* foi ensinado para alunos sem conhecimento prévio. No estudo de caso de Miura et al. (2001), eles apresentam as diferenças na qualidade da execução do *ushiro-ukemi* agachado, quando executado por um indivíduo com conhecimento prévio (4º Dan) e outro sem, sob duas situações diferentes.

No presente estudo também se dispunha de alunos com e sem conhecimento prévio. O gráfico apresenta uma comparação entre alunos com (n = 129) e sem

conhecimento prévio (n = 369) após terem recebido a instrução segundo o grupo experimental em que se inseriu. Vale apontar que 10 alunos não responderam a pergunta sobre conhecimento prévio no questionário.

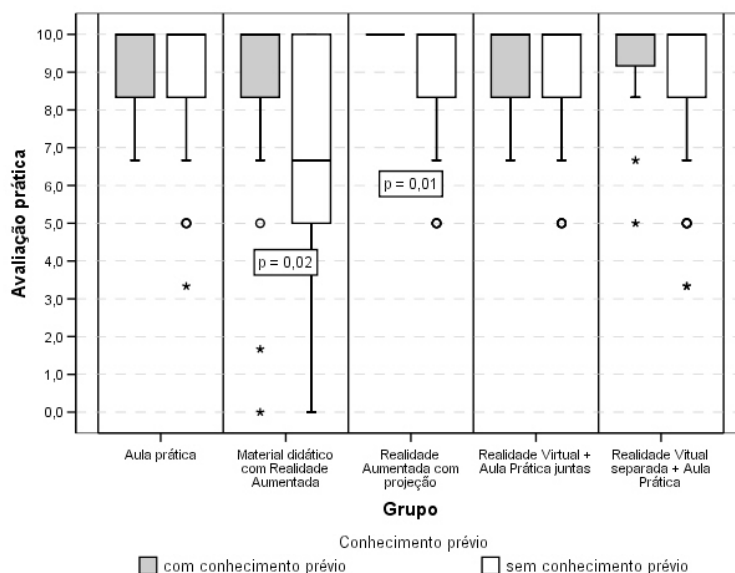


GRÁFICO 20: Comparação entre indivíduos com e sem conhecimento prévio e nível de significância da diferença pelo teste de Mann-Whitney.

Assim como no estudo de Miura (2001), a comparação através do teste de Mann-Whitney mostrou que os alunos do G₂ e G₃, com conhecimento prévio, apresentaram desempenho significativamente superior, que usaram a RA. Esses achados sugerem que a RA produzisse resultados piores, mas os resultados da aprendizagem desses dois grupos foram muito boa (G₃) e boa (G₂). Os alunos sem conhecimento do G₃ obtiveram nota 10,0 e o G₂ nota 6,7 (mediana). Essa diferença entre os alunos com e sem conhecimento prévio não foi significativa nos demais grupos (G₁, G₄ e G₅) que fizeram a aula prática associada ou não ao livro digital (RV). Os três grupos tiraram nota 10,0 se equiparando aos alunos com conhecimento prévio.

No caso do questionário, não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os alunos com e sem conhecimento, em nenhum dos grupos experimentais estudados. Portanto foi mostrado que as diferentes abordagens metodológicas usadas conseguiram nivelar o conhecimento teórico sobre o *ushiro-ukemi* dos alunos sem conhecimento prévio com os outros que já o possuíam e também participaram das atividades do seu grupo. Os alunos com conhecimento prévio de todos os grupos tiraram nota 10,0 (mediana), como se esperava, e os sem conhecimento prévio também em todos os grupos estudados. Cabe lembrar que os alunos que já possuíam

conhecimento prévio participaram de todas as atividades de seu grupo, mas seus dados não foram usados na análise das diferentes abordagens metodológicas (causa) sobre a aprendizagem (efeito).

No caso da aceitação da história em quadrinhos aplicada, a pergunta do questionário se pautava numa escala ordinal de valoração equilibrada e diferente da usada por Read & MacFarlane (2006). Os grupos experimentais G₂, G₄ e G₅ aceitaram bem a história em quadrinhos. A grande maioria dos alunos a avaliou como excelente ou boa.

TABELA 18: Percentual de aceitação da história em quadrinhos pelos grupos experimentais.

Aceitação	G₁	G₂	G₃	G₄	G₅	G₂, G₄ e G₅
excelente	-	31,5	-	58,4	50,6	46,8
bom	-	52,8	-	37,6	44,2	44,9
razoável	-	11,2	-	3,2	5,2	6,5
ruim	-	1,1	-	0,8	0	0,6
péssimo	-	3,4	-	0,0	0	1,1

Os três grupos juntos totalizaram 92,1% dos alunos para as respostas excelente e bom, o que já garante a sua aceitação frente aos alunos. Com a resposta razoável chega-se a 98,3% de aceitação.

Quando o humano virtual foi aplicado no G₂, G₃, G₄ e G₅, ele também comprovou sua aceitação pelo questionário.

TABELA 19: Percentual de aceitação do boneco virtual pelos grupos experimentais.

Aceitação	G₁	G₂	G₃	G₄	G₅	G₂, G₃, G₄ e G₅
excelente	-	60,7	42,7	58,9	44,2	52,5
bom	-	29,2	42,7	37,9	44,9	38
razoável	-	7,9	11,2	2,4	9,1	7,1
ruim	-	2,2	2,2	0,8	3,9	2,1
péssimo	-	0	1,1	0,0	0	0,3

Observando as respostas de todos os grupos experimentais que trabalharam com o boneco virtual, as respostas excelente e bom totalizam 90,5% dos alunos, o que já garante a sua aceitação. Somando a resposta razoável, chega-se a 97,6% dos alunos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

Durante o processo de desenvolvimento dessa tese, diferentes metas foram alcançadas:

- I. Na parte inicial, foi apresentado o problema de pesquisa, onde foram evidenciados: a situação-problema, os objetivos, a relevância do estudo, as hipóteses, e sua delimitação.
- II. Na segunda parte, os seguintes tópicos foram contextualizados segundo o momento histórico da Ciência: Realidade Aumentada e Virtual, modelagem humana 3D, *ushiro-ukemi* e a metodologia de ensino em Educação Física e Esportes.
- III. Na terceira parte foram apresentados o delineamento do estudo, os métodos e os materiais usados nesse estudo.
- IV. Na quarta parte foram apresentados os resultados obtidos. Nela foram desenvolvidos:
 - O movimento foi capturado e o processo de captura mostrou evidências de validade.
 - Diferentes modelos 3D foram produzidos por diferentes métodos.
 - Os modelos humanos 3D foram animados e o processo de animação mostrou evidências de validade lógica (ou aparente).
 - A HQ foi criada.
 - Foram desenvolvidos o sistema de RA e RV.
 - Os modelos animados foram convertidos e inseridos no sistema criado no DART e em outros sistemas já desenvolvidos (Mr Planet e Adobe Acrobat).
 - O sistema de RA do estudo piloto foi aceito.
 - Os sistemas de RA e RV foram utilizados no processo de ensino-aprendizagem com os alunos do Colégio Pedro II (estudo experimental).
 - Os instrumentos de medida e avaliação usados mostraram evidências de validade e fidedignidade.
 - Os escores obtidos através do questionário e da avaliação prática foram ajustados numa escala de zero a dez.

- A aprendizagem ocorreu de fato, pois a avaliação dos grupos experimentais alcançou a nota 10,0 (mediana), com exceção da avaliação prática do G₂ (livro aumentado) que tirou nota 6,7.
- Os modelos 3D animados e a HQ foram bem aceitos pelos alunos.
- Os pontos positivos e negativos apontados mostraram que a prática e os métodos de ensino adotados foram muito bem aceitos.
- Praticamente todas as variáveis intervenientes que poderiam ameaçar a validade interna e externa foram adequadamente controladas, porém houve limitações no processo de amostragem induzidas pelo funcionamento do sistema de RA no primeiro dia de coleta.
- O modelo experimental assegurou que as diferentes abordagens metodológicas de ensino produziram efeitos válidos.

V. Na quinta parte foram discutidos os estudos preliminares e o estudo experimental, segundo o momento histórico da Ciência.

Após todos esses trabalhos, pode-se afirmar com segurança que seja possível aplicar diferentes abordagens metodológicas, usando sistemas de RA e RV para ensinar gestos esportivos e enriquecer uma aula de Educação Física Escolar e/ou de Judô para crianças e adolescentes. Está aberta, portanto, uma possibilidade de atuação em um novo mercado para o profissional de Educação Física e também para os profissionais de outras áreas como programadores, *designers* e engenheiros.

Sugere-se que, em trabalhos futuros, sejam capturados movimentos, criados modelos humanos 3D animados, HQ, sistemas de RA e RV, livros aumentados e digitais para que possam ser aplicados e enriquecer o ensino de diferentes habilidades motoras.

Referências bibliográficas:

- AKAGUI, D. & KIRNER, C., 2004, Desenvolvimento de Realidade Aumentada com ARToolKit. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 5-8.
- ALBERTI, H. & ROTHENBERG, L., 1986, *Ensino de jogos esportivos: dos pequenos jogos aos grandes*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 2ª reimpressão.
- ALMEIDA, M. A. & CRIPPA, G., 2009, Informação, cultura e tecnologia: novas mediações para a produção e o consumo cultural (seminário). I Seminário do Grupo de Estudos de Práticas Culturais Contemporâneas (GEPRACC).
- ALVES, J. M., 2001, Histórias em quadrinhos e educação infantil. *Psicologia: ciência e profissão*, v.21 n.3 Brasília, set.
- ARAÚJO, K. C. M.; SÁ, M. C.; NEVES, M. A.; CAMPOS, T. C.; BRITO, N. M. & AMARANTE JÚNIOR, O. P., 2007, Elaboração de Histórias da Química em quadrinhos: uma abordagem dinâmica para o Ensino Médio. *Anais do XLVII Congresso Brasileiro de Química*, 2007. Disponível em <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-351-196.htm>, acessado em 21-11-2009.
- ARVANITIS, T. N.; PETROU, A.; KNIGHT, J. F.; SAVAS, S.; SOTORIOU, S.; GARGALAKOS, M. & GIALOURI E., 2009, Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities, *Perspectives in Ubiquitous Computing*, v. 13, pp. 243–250.
- ARVIKA Konsortium, 2007, *Augmented Reality for development, production and service*, March, 2001, www.arvika.de, acessado em jun/2007.
- ASSASSI, L.; CHARBONNIER, C.; SCHMID, J.; VOLINO, P. & MAGNENAT-THALMANN, N., 2009, From MRI to Anatomical Simulation of the Hip Joint. *Computer Animation and Virtual Worlds Journal*, Special Issue on Physiological Human, John Wiley and Sons, 20, 1, pp. 53-66.
- AZEVEDO, P. H. S. M.; DRIGO, A. J. ; CARVALHO, M. C. G. A.; OLIVEIRA, J. C. ; NUNES, J. E. D. ; BALDISSERA, V. ; PEREZ, S. E. A., 2007, Determination of judo endurance performance using the Uchi-Komi technique. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 6, p. 10-14.
- AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S. & MACINTIRE, B., 2001, Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v 21, pp. 34-37, Nov/Dec.
- AZUMA, R., 2004, Overview of augmented reality. *Presence: Proceedings of the conference on SIGGRAPH 2004*, course notes, GRAPH '04,

- <http://delivery.acm.org/10.1145/1110000/1103926/cs25.pdf?key1=1103926&key2=0745042411&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=71391857&CFTOKEN=78299468>, consultado em fevereiro de 2005.
- AZUMA, R. & BISHOP, G., 1994, Improving Static and Dynamic Registration in an Optical See-Through HMD. *Proceedings of SIGGRAPH '94* (Orlando, FL, 24-29 July 1994), Computer Graphics, *Annual Conference Series* + CD-ROM appendix, pp. 197-204.
- BALCI, O.; ORMSBY, W. F.; CARR, J. T.; SAADI, S. D., 2000, Planning for verification, validation, and accreditation of modeling and simulation applications. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp. 829-839.
- BAJURA, M. & NEUMANN, N., 1995, Dynamic registration correction in video-based Augmented Reality systems. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v.15, n.5, pp. 52-61.
- BARAKONYI, I. & SCMALSTIEG, D., 2005, Augmented Reality agentes in the development Pipeline of computer entertainment. *Proc. of the 4th International Conference on Entertainment Computer (ICEC'05)*, Sanda, Japan, Sept. 19-21.
- BARRET, G. V. & THORNTON, C. L., 1968, Relationship between perceptual style and simulator sickness. *Journal of Applied Psychology*, v. 52, no. 4, pp. 304-308.
- BAUNGARTNER, T. A., 2006, Reliability and error of measurement. In: *Measurement theory and practice in Kinesiology*. Terry Wood & Weimo Zhu, Human Kinetics, pp. 27-52.
- BIM, S. A., 2001, *HagáQuê Editor de História em Quadrinhos* (dissertação de mestrado). Instituto de Computação Universidade Estadual de Campinas.
- BLUESTEIN. G., 2007, New games mixing virtual, physical worlds. *USA Today, Associated Press*, 21st-Jun.
- BLUTEAU, J.; KITAHARA, I.; KAMEDA, Y.; NOMA, H; KOGURE, K. & OHTA, Y., 2005, Visual support for medical communication by using projector-based augmented reality and termal markers, *ICAT2005*, p. 98-105.
- BOGEN, M.; WIND, J & GIULIANO, A., 2006, ARISE – Augmented Reality in school environments, in W. Nedjl and K. Tochtermann (Eds.): *EC-TEL 2006*, LNCS 4227, 709-714.
- BRASIL, 1999, *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: linguagens, códigos e suas tecnologias*, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia., pp. 65-66.

- BRAZ, J., 2006, *Um Estado da Arte da Realidade Aumentada*; Aula temática sobre Realidade Aumentada leccionada na disciplina de Tópicos Avançados de Computação Gráfica da LEIC/MEIC, IST/UTL, Maio.
- BRAZ, K. M. & FERNANDES, S. A., 2009, História em quadrinhos: material didático para aulas de física. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009*, pp. 1-6.
- BROWN, D. G.; BAILLOT, Y.; BAILEY, M. P.; PFLUGER, K. C.; MAASSEL, P.; THOMAS, J. & JULIER, S. J., 2005, Using Augmented Reality to Enhance Fire Support Team Training, *2005 Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*, Orlando, FL, November 28 - December 1.
- BRUEGGE, B. & SMAILAGIC, A., 2006, An approach for developing ubiquitous Augmented Reality System. *CHI2006*, p. 1-10.
- BURTON, A.W & MILLER, D. E., 1998, *Movement skill assessment*. Human Kinetics, pp. 110-117.
- CABELLO, R. K. S. A., 2006, *Aplicação e avaliação de uma história em quadrinhos para o ensino e a divulgação de hanseníase nas escolas* (dissertação de mestrado). Instituto Oswaldo Cruz.
- CAÇOLA, P. M. & LADEWIG, I., 2006, Avaliação da retenção de uma habilidade de salto da ginástica rítmica ensinada através da prática em partes de da prática como um todo. <http://www.efdeportes.com/> *Revista Digital* – Buenos Aires – Año 11 – nº 100 - Septiembre.
- CAGIGAL, J. M., 1966, *Deporte, Pedagogia y Humanismo*. Madrid: Publicaciones Del Comitê Olímpico Español.
- CARUSO, F.; CARVALHO, M. & SILVEIRA, M. C. O., 2002, Uma proposta de ensino e divulgação de Ciências através dos quadrinhos. CBPF-CS-008/02, pp. 1-9.
- CARUSO, F.; CARVALHO, M. & SILVEIRA, M. C. O., 2005, Ensino não-formal no campo das Ciências através dos quadrinhos. *Ciência e Cultura*, Campinas, v. 57, n. 4, pp. 33-35. Disponível em: <http://www.cbpf.br/~eduhq/html/publicacoes/links_publicacoes/ensino_ao_for_mal/9v57n4.pdf> acessado em 21-11-2009.
- CARVALHO, M. C. G. A., 1993, *Ensino Individualizado no Judo - Realidade ou Idealismo?* (Monografia) disciplina Didática do Ensino Superior, Programa de Pós-graduação em Educação Física, Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CARVALHO, M. C. G. A., 1995, *Processo de criação de um teste para medir a rapidez de movimento no Judô, com validação preliminar para o movimento de Tai-*

- sabaki-3. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Educação Física e Desportos.
- CARVALHO, M. C. G. A., 1999, Preparação física no Judô (palestra). *Congresso e Simpósio Nacional de Alto Nível de Judô*. SP: Campos do Jordão.
- CARVALHO, M. C. G. A.; DANTAS, E. H. M.; LANDAU, L. & CUNHA, G. G., 2005, Proposta de aplicação de técnicas de Realidade Aumentada para o ensino do Ushiro-ukemi no Judô. UNICAMP, *I Congresso de Ciências do Desporto*, CD-ROM.
- CARVALHO, M. C. G. A.; DANTAS, E. H. M.; LANDAU, L. & CUNHA, G. G., 2006, Teaching Judo breakfall (ushiro-ukemi): an application of human modeling, movement simulation and augmented reality techniques. *The International Workshop on Applied Modeling & Simulation 2006*, Búzios, Brazil, p. 173.
- CARVALHO, M. C. G. A.; DANTAS, E. H. M.; LANDAU, L. & CUNHA, G. G., 2007, Augmented Reality applied to Ushiro-ukemi visualization. *Annals of the 5th International Judo Federation World Research Symposium*, September, 12th, 2007, Rio de Janeiro, Brazil, p. 35.
- CARVALHO, M. C. G. A.; CARVALHO, F. I. P.; NAHUM JUNIOR, H. S.; DANTAS, E. H. M.; CUNHA, G. G. & LANDAU, L., 2009a, Modelagem animação humana virtual no judo: o caso da progressão pedagógica do ushiro-ukemi. *Anais do IV Encontro de Professores da Associação dos Docentes do Colégio Pedro II – IV EPAD*.
- CARVALHO, M. C. G. A.; CARVALHO, B. M.; CARVALHO, F. I. P.; NAHUM JUNIOR, H. S.; DANTAS, E. H. M.; CUNHA, G. G. & LANDAU, L., 2009b, Processo de criação, aceitação e validação de material didático digital interativo. *Anais do III Congresso Nacional de Ensino Fundamental - III CONEF*.
- CARVALHO, M. C. G. A.; CARVALHO, F. I. P.; NAHUM JUNIOR, H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, H. D.; DANTAS, E. H. M.; CUNHA, G. G. & LANDAU, L., 2009c, Definitional evidence of validity of 3D character animation demonstrating the standing *ushiro-ukemi*. *Actas Del III Congreso Euro-Americano de Motricidad Humana*, Murcia, Espanha.
- CARVALHO, M. C. G. A., 2009d, Realidade Aumentada na Educação Física e no Esporte. *Actas Del III Congreso Euro-Americano de Motricidad Humana*, Murcia, Espanha.
- CARVALHO, M. C. G. A.; CARVALHO, F. L. P.; OLIVEIRA JUNIOR, H. D.; DANTAS, E. H. M.; CUNHA, G. G. & LANDAU, L., 2010a, Evidence of validity of 3d

- human model animation demonstrating *ushiro-ukemi* pedagogical progression. *WAMS 2010* (NO PRELO).
- CARVALHO, M. C. G. & CARVALHO, B. M., 2010b, *Caindo de costas* (e-book). pp. 1-23.
- CARVALHO, M. C. G. & CARVALHO, B. M., 2010c, *Caindo de costas* (livro aumentado). pp. 1-23.
- CASTARLENAS, J. L., E SOLÉ, J., 1997, El entrenamiento de la resistencia em los deportes de lucha com agarre: una propuesta integradora. *Apunts – Educación Física y Deportes*. nº47,s.1, pp. 81-86.
- CAVALCANTE FILHO, I. P. & NASCIMENTO, T. M., 1999, A Transferência de Aprendizagem da Ginástica Olímpica Para o Rolamento do Judô. *Congresso Nacional de Judo de Alto Nível*, Campos do Jordão.
- CHANG, J. T.; MORTON, S. C.; RUBENSTEIN, L. Z.; MOJICA, W. A.; MAGLIONE, M.; SUTTORP, M. J.; ROTH, E. J. & SHEKELLE, P. G., 2004, Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *British Medical Journal*, v. 328, issue 20, pp. 1-7.
- CHARTER, R. A., 2003, A Breakdown of Reliability Coefficients by Test Type and Reliability Method, and the Clinical Implications of Low Reliability. *The Journal of General Psychology*, vol. 130(3), pp. 290–304.
- CHEN, Y-C., 2006, A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. *VRCIA 2006*, 14-17 June.
- COOK, D. A. & SKINNER, J. M., 2005, How to Perform Credible Verification, Validation, and Accreditation for Modeling and Simulation. *CrossTalk, The Journal of Defense Software Engeneering*, May.
- CRONBACH, L. J., 2004, My current thoughts on coefficient alpha and successor procedures. *Educational and Psychological Measurement*, vol. 64 (3), June, pp. 391-418.
- CROSIER, J. K.; COBB, S. V. G. & WILSON, J. R., 2000, Experimental Comparison of Virtual Reality with Traditional Teaching Methods for Teaching Radioactivity. *Education and Information Technologies*, v. 5 Issue 4, pp. 329-343.
- CUNHA G. G. & FERNANDES, G. A., 2006, Visualização auxiliada por RA voltada para o acompanhamento de construções arquitetônicas. *Anais do Workshop de Realidade Aumentada WRA 2006*, pp. 95-97.
- CYBERWARE *Whole body 3D scanner (model WBX)*. www.cyberware.com, junho de 2009.

- D'APUZZO, N., 2003, *Surface Measurement and Tracking of Human Body Parts from Multi Station Video Sequences* (doctoral thesis). Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- D'APUZZO, N., 2006, Overview of 3D surface digitization technologies in Europe. In: 2006, Corner B.D., Li P., Tocheri M. (Eds.), *Three-Dimensional Image Capture and Applications VI*, Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 6056, San Jose (CA), USA.
- D'APUZZO, N., 2009, Recent advances in 3D full body scanning with applications to fashion and apparel. In: A. Gruen & H. Kahmen (Eds.), *Optical 3-D Measurement Techniques IX*, Vienna, Austria.
- DANTAS, E. H. M., 2004, *Preparação física*. Editora Shape, versão 2.0, CD-ROM, Série – Treinamento Desportivo.
- DEGOEDE, K. M. & ASHTON-MILLER, J. A., 2003, Biomechanical simulations of forward fall arrests: effects of upper extremity arrest strategy, gender and aging-related declines in muscle strength, *Journal of Biomechanics*, v. 36, pp. 413–420.
- DOCHERTY, D., 1996, *Measurement in Pediatric Exercise Science*. Human Kinetics, pp. 291-292.
- DOD – DEPARTMENT OF DEFENSE OF UNITED STATES OF AMERICA, 2001,. *Human behavior validation*. Disponível em http://vva.msco.mil/Special_Topics/HBR-Validation/default.htm, August 15th.
- DOD – DEPARTMENT OF DEFENSE OF UNITED STATES OF AMERICA, 2006a,. *Key concepts of VV&A*. <http://vva.dmsso.mil>, September 15th.
- DOD – DEPARTMENT OF DEFENSE OF UNITED STATES OF AMERICA, 2006b,. *Glossary*. <http://vva.dmsso.mil/Glossary/default.htm>, December 5th.
- DON – DEPARTMENT OF NAVY OF UNITED STATES OF AMERICA, 2004, *Modeling and Simulation Verification, Validation, and Accreditation Implementation Handbook*, Volume I VV&A Framework.
- DOW, S.; MEHTA, M.; HARMON, E.; MACINTYRE, B. & MATEAS, M., 2007, Presence and engagement in an interactive drama. *Computer/Human Interaction 2007 Conference, CHI 2007*, San Jose, CA, USA.
- DÜNSER, A. & HORNECKER, E., 2007a, An Observational Study of Children Interacting with an Augmented Story Book. K.-c. Hui et al. (Eds.): *Edutainment 2007*, Springer-Verlag, LNCS 4469, pp. 305–315.
- DÜNSER, A. & HORNECKER, E., 2007b, Lessons from an AR Book study. Chapter 4 - Learning through physical interaction. *TEI'07*, pp. 15-17, Feb.

- DÜNSER, A. & HORNECKER, E., 2007c, Supporting Early Literacy with Augmented Books - Experiences with an Exploratory Study. In Rainer Koschke, Otthein Herzog, Karl-Heinz Rödiger, Marc Ronthaler (eds.) *Lecture Notes in Informatics - Computer science meets Logistics, INFORMATIK 2007, Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Society for computer science (GI) 24–27*, Volume 1, pp. 555-559.
- FARIA JR, A. G.; CORREA, E. & BRESSANE, R., 1987, *Prática de Ensino em Educação Física, estágio supervisionado*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- FERNANDES, M. M. & PIZZOLATO, E. B., 2004, Interface de comando de voz para sistemas de Realidade Aumentada. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 21-24.
- FERREIRA, L. M.; HOCHMAN, B. & BARBOSA, M. V. J., 2005, Modelos experimentais em pesquisa. *Acta Cirúrgica Brasileira (serial online)*, v. 20 Supl. 2, pp. 28-34. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/acb>.
- FOLDOC, Free On Line Dictionary of Computing, *Ivan Sutherland*, <http://foldoc.org/>, acessado em jun, 2007.
- FONSECA, V. S., 2009, Modelo de visualização em Realidade Aumentada no contexto obstétrico – o mecanismo do trabalho de parto em apresentação de vértice (tese de doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- FORTE, C. E.; DAINESE, C. A. & KIRNER, C., 2006, Universalização da interface de jogo pedagógico para deficientes auditivos, visuais e não deficientes através do uso de Realidade Aumentada. *Anais do III Workshop de Realidade Aumentada (WRA2006)*, Rio de Janeiro, RJ, pp. 55-58.
- foto do *Harry Potter*: <http://www.fueb.com.br/harrypotter/galeria/index.php?cat=14>
- foto do *Senhor dos anéis*: <http://www.cineplayers.com/filme.php?id=191>
- FRADET, C., 1992, *Judo pour nous en bandes dessineés no. 1*. Ed. Judogui.
- FRADET, C., 1992, *Judo pour nous en bandes dessineés no. 2*. Ed. Judogui.
- FRADET, C., 1992, *Judo pour nous en bandes dessineés no. 3*. Ed. Judogui.
- GATENBY, D. A. G., 2005, *Galatea: Personalized Interaction with Augmented Objects* (dissertação de mestrado). Programa de Mídias de Artes e Ciências, School of Architecture and Planning, Massachusetts Institute of Technology.
- GARBIN, T. R.; DAINESE, C. A.; KIRNER, C.; SANTOS, A. M. & JESUS, M. A., 2004, Avaliação de um sistema de Realidade Aumentada para a criança surda com base no Construtivismo. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 33-36.

- GEORGIA TECH, College of Computing, *Biography of a Luminary Dr. Ivan E. Sutherland*,
http://www.cc.gatech.edu/classes/cs6751_97_fall/projects/abowd_team/ivan/ivan.html, acessado em jun, 2007.
- GILLET, A.; SANNER, M.; STOFFLER, D.; GOODSELL, D. & OLSON, A., 2004, Augmented Reality with tangible auto-fabricated models for Molecular Biology. *IEEE Visualization 2004*, pp. 235-241.
- GLENN, F.; NEVILLE, K.; STOKES, J. & RYDER, J., 2004, Validation and calibration of human performance models to support simulation-based acquisition. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*.
- GOMES, A. C., 2002, *Treinamento Desportivo, Estruturação e periodização*. Editora ARTMED.
- GONZAGA, M. F. L., 1999, *A informática como suporte no ensino da arte* (dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, p. 28.
- GRANATA, K.E. & LOCKHART, T.E., 2006, Group differences among fall-prone individuals and healthy old and younger counterparts utilizing nonlinear stability measures. *Journal of Biomechanics*, v. 39, suppl. 1, p. S101.
- GRASSET, R.; DÜNSER, A. & BILLINGHURST, M., 2008, The Design of a Mixed-Reality Book: Is It Still a Real Book? *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2008)*, 15 -18 September, pp. 99-102.
- GROEN, B.E.; WEERDESTREYN, V. & DUYSSENS, J., 2007, Martial arts fall techniques decrease the impact forces at the hip during sideways falling. *Journal of Biomechanics*, v. 40, pp. 458–462.
- GULEK, J. C. & DERMITAS, H., 2005, Learning With Technology: The Impact of Laptop Use on Student Achievement. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*, v. 3, n. 2, p. 1-39, January.
- HÄKKINEN, J.; PÖLÖNEN, M.; TAKATALO, J. & NYMAN, G., 2006, Simulator Sickness in Virtual Display Gaming: A Comparison of Stereoscopic and Non-stereoscopic Situations. *MobileHCI'06*, September 12–15, pp. 227-229.
- HASTAD, D. N. & LACY, A. C., 1988, *Measurement and Evaluation in Physical Education and Exercise Science* (3rd ed.). Allyn & Bacon, p. 94.
- HILDEBRANDT, R. & LAGING, R., 1987, *Concepções abertas no ensino da Educação Física*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, Coleção Educação Física; serie fundamental, 10, 2ª reimpressão.

- HOLDEN, M. K., 2005, Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychology & Behavior*, v. 8, no. 3.
- INOKUMA, I. & SATO, N., 1986, *Best Judo*, Kodansha International.
- INSPECK *Full body XLF*. www.inspeck.com/pages/fullbody.html, junho, 2009.
- IRAWATI, S.; HONG, S.; KIM, J. & KO, H, 2008, 3D Edutainment: learning Physics through VR/AR experiences. *Advances in Computer Entertainment Technology 2008*, Japan, pp. 21-24.
- JOY, M; SINCLAIR, J.; SUN, S.; SITTHIWORACHART, J. & LÓPEZ-GONZÁLEZ, J., 2009, Categorising computer science education research. *Education Information Technology*, v. 14, pp. 105–126.
- JUNG, J. W. & LEE, J. W., 2008, Hangeul learning system. In Z. Pan et al. (Eds.): *Edutainment 2008*, LNCS 5093, pp. 126–134.
- JULIER, S.; BAILLOT, Y.; LANZAGORTA, M.; BROWN, D. & ROSENBLUM, L., 2000, BARS: Battlefield Augmented Reality System, *NATO Symposium on Information Processing Techniques for Military Systems*, Istanbul, Turkey, 9-11 October.
- KAFAI, Y. B., 2003, Children designing software for children: what can we learn? *Proceedings of the 2003 Conference on Interaction Design and Children*, July, pp. 11-12.
- KAMEL, C. R. L., 2006, *Ciências e quadrinhos: explorando a potencialidade das histórias como materiais instrucionais* (dissertação de mestrado). Instituto Oswaldo Cruz.
- KANGAS, M.; VIKMAN, I.; WIKLANDER, J.; LINDGREN, P.; NYBERG, L. & JÄMSÄ, T., 2009, Sensitivity and specificity of fall detection in people aged 40 years and over. *Gait & Posture*, v. 29, issue 4, 571-574.
- KANO, R., 1970, *Illustrated Kodokan Judo*. Japan: Kodansha.
- KAUFMANN, H. & DÜNSER, A., 2007, Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application, in R. Shumaker (Ed.): *Virtual Reality, HCII 2007*, LNCS 4563, pp. 660-669.
- KAUFMANN, H. & MEYER, B., 2008, Simulating educational Physical experiments in Augmented Reality. *SGGRAPH Asia 2008*, Singapore, December, pp. 10-13.
- KAUFMANN, H. & SCHMALSTIEG, D., 2003, Mathematics and Geometry Education with collaborative Augmented Reality. *Computers & Education*, v. 27, issue 3, pp. 339-345, June.
- KE, F., 2009, A qualitative meta-analysis of computer-game as learning tools. In Richard E. Ferdig, *Handbook of research on effective electronic gaming in*

- Education (3 volumes), Section I: A review of research on Educational Gaming, IGI Global, pp. 1-32.
- KIRNER, C.; CALONEGO JUNIOR, N.; BUK, C. V. & KIRNER, T. G., 2004, Visualização de dados em ambientes com Realidade Aumentada. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 45-48.
- KIRNER, C. & FERRAZ, N. K., 2006, Desenvolvimento de versões educativas do livro interativo com Realidade Aumentada. *Anais do Workshop de Realidade Aumentada (WRA'06)*, pp. 73-6.
- KNUDSON, D. V. & MORRISON, C. S., 1997, *Qualitative Analysis of Human Movement*. Human Kinetics, p. 28.
- KOSKELA, M.; KILTTI, P.; VILPOLA, J. & TERVONEN, J., 2005, Suitability of a Virtual Learning Environment for Higher Education. *The Electronic Journal of e-Learning*. Volume 3, Issue 1, pp. 21-30.
- KRAKAUER, J. W., 2006, Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, v.19, pp. 84–90.
- KROONENBERG, A. J.; HAYES, W. C. & MCMAHONT, T. A., 1996, Hip impact velocities and body configurations for voluntary falls from standing height. *Journal of Biomechanics*, v. 29, n.º. 6, pp. 807-811.
- L.R.P. Force Feedback Data Glove <http://www.caip.rutgers.edu/~bouzit/lrp/glove.html>, acessado em jun, 2007.
- LA ROSA, C. A. F., 2001, *Treinamento desportivo: carga, estrutura e planejamento*. Phorte Editora.
- LAHR, O. S.; LOURENÇO, P. C. & DAINESE, C. A., 2004, Rastreamento em Realidade Aumentada com ARToolKit e marcadores. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 37-40.
- LANGER, J., 2009, O ensino da História Medieval pelos quadrinhos. *História, imagem e narrativas*, n. 8, abril.
- LEAVITT, F. J., 2003, Can martial arts falling techniques prevent injuries? *Injury Prevention*, v. 9, pp. 284–287.
- LENKE, J. M.; WELLENS, B. & OSWALD, J. H., 1977, Differences between Kuder-Richardson Formula 20 and Formula 21 reliability coefficients for short tests with different item variables. *Annals of the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, April 4-8, pp. 1-10.
- LIVINGSTON, M. A.; BROWN, D.; JULIER, S. J. & SCHMIDT, G. S., 2006, Military Applications of Augmented Reality, *NATO Human Factors and Medicine Panel*

- Workshop on Virtual Media for Military Applications*, West Point, NY, pp. 13-15 June.
- LIVINGSTON, M. A.; SWAN II J. E.; GABBARD, J. L.; HÖLLERER, T. H.; HIX, D.; JULIER, S. J.; BAILLOT, Y. & BROWN, D., 2003, Resolving Multiple Occluded Layers in Augmented Reality, *International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03)*, October 7-10, Tokyo, Japan, pp. 56-65.
- LIVINGSTON, M. A.; SWAN II J. E.; JULIER, S. J.; BAILLOT, Y.; BROWN, D. G.; ROSENBLUM, L. J.; GABBARD, J. L.; HÖLLERER, T. H. & HIX, D., 2004, Evaluating System Capabilities and User Performance in the Battlefield Augmented Reality System, *Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop*, Gaithersburg, MD, August.
- LIVINGSTON, M.; ROSENBLUM, L.; JULIER, S.; BROWN, D.; BAILLOT, Y.; SWAN II J. E.; GABBARD, J. L. & HIX, D., 2002, An Augmented Reality System for Military Operations in Urban Terrain, *Proceedings of the Interservice / Industry Training, Simulation, & Education Conference (IIITSEC '02)*, Orlando, FL, December, pp. 2-5.
- MACINTIRE, B.; BOLTER, J. D.; MORENO, E. & HANNIGAN, B., 2001, Augmented Reality as new media experience. *International Symposium on Augmented Reality (ISAR'01)*, New York, NY, Oct 29-30.
- MACINTIRE, B.; GANDY, M. DOW, S. & BOLTER, J. D., 2004a, DART: a toolkit for rapide design exploration of Augmented Reality experiences (paper). *UIST'04*, Santa Fe, New Mexico, USA.
- MACINTIRE, B.; GANDY, M. DOW, S. & BOLTER, J. D., 2004b, DART: a toolkit for rapide design exploration of Augmented Reality experiences (presentation). *UIST'04*, Santa Fe, New Mexico, USA.
- MAGILL, R., 2000, *Aprendizagem motora: conceitos e aplicações*. Editora Blucher.
- MAHAR, M. T. & ROWE, D., 2008, A. Practical Guidelines for Valid and Reliable Youth Fitness Testing. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, v. 12, issue 3, pp. 126–145.
- MAJUMDER, S.; ROYCHOWDHURY, A. & PAL, S., 2007, Simulation of hip fracture in sideways fall using a 3D finite element model of pelvis–femur–soft tissue complex with simplified representation of whole body, *Medical Engineering and Physics*, v. 29, p. 1167-1178.
- MATHWES, D. K., 1988, *Medida e avaliação em educação física*. Interamericana.
- MATVEEV, L., 1981, *Processo de treino esportivo*. Portugal: Livros Horizonte, Coleção Cultura Física.

- MAZZONE, E., 2007, Requirements Gathering in Designing Technology for Children. *IDC 2007 Proceedings: Doctoral Consortium*, June 6-8.
- MAZZONE, E.; XU, D. & READ, J. C., 2007, Design in Evaluation: Reflections on Designing for Children's Technology. *Proceedings of the 21st BCS HCI Group Conference (HCI 2007)*, 3-7 September.
- MCKENZEI, J. & DARNELL, D., 2003, *The "Magic Book": a report into augmented reality storytelling in the context of a children's workshop*. Centre for children's literature, ChristChurch, United Kingdom, pp. 57.
- MEMI, E. G., 2006, Now see this: Boeing's working on augmented reality, which could change space training, ops. *Boeing Frontiers*, October, p. 21.
- MILGRAM, P. & KISHINO, F., 1994, A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, v. E77-D, n. 12, December.
- MILLER, J. W. & GOODSON, J. E., 1960, Motion sickness in helicopter simulator. *Aerospace Medicine*, v. 31, pp. 204-212.
- MOEHRING, M.; LESSIG, C. & BIMBER, O., 2004, Optical tracking and vídeo see-through on consumer cell phones. *Proceedings of Workshop on Virtual and Augmented Reality of the GI-Fachgruppe AR/VR*, pp. 193-204.
- MOHNSEN, B., 2003, Virtual Reality applications in Physical Education. *JOPERD*, v. 74, n. 9, Nov-Dec.
- MIURA, S; TAKEUCHI, H. & ONO, K., 2001, A study on the stage of the mastery in the technique of ushiro-ukemi: an analysis of the posture to start the ukemi was set to be half standing posture. *Annals of the 2nd World Judo Conference*.
- MURRAY, J. F., 1981, Analysis of two methods of teaching falling in judo. *International Journal of Sport Psychology*, v.12, n. 4, pp. 275-281.
- NOMURA, L. M. T.; NAGAMURA, M.; ZUFFO, M. K.; BARBOSA, C. E.; GOMES, V. H. P.; CABRAL, M. C.; NOGUEIRA, A. A. M., 2006, Ilusão aumentada: difusão e entretenimento de aplicativos em realidade aumentada(ra) para o público infantil. *Anais do III Workshop de Realidade Aumentada (WRA 2006)*, pp. 50-54.
- OFFICE OF EDUCACIONAL ASSESSMENT. *Item analysis*. University of Washington, www.washington.edu/oea/services/scanning_scoring/scoring/item_analysis.htm I, acessado em março de 2010.
- OLAIZOLA, I. G.; MARTIENA, I. B. & KAMMANN, T. D., 2006, MHP oriented interactive Augmented Reality system for sports broadcasting environment. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, vol. 3, no. 13, pp. 11.

- OLIVEIRA, K.S., 2008, Evaluation of the 2005 “Criança saudável - educação dez” teaching material. *Interface - Comunic., Saúde, Educ.*, v.12, n.25, p.401-10, abr./jun.
- OLIVEIRA, D. S.; DE LA ROQUE, L. R. & MEIRELLES, M. S., 2009, Ciência e arte: um “entre-lugar” no ensino de biociências e saúde. *VII Encontro Nacional dos Pesquisadores em Educação em Ciências (VIENPEC)*, novembro 13.
- O'MALLEY, C. & FRASER, D.S., 2004, Literature Review in Learning with Tangible Technologies. *NESTA Futurelab Report* 12.
- PARTENIANI, P. E. S., 2001, *Desenvolvimento de uma Metodologia para Reconstrução Tridimensional e Análise de Superfícies do Corpo Humano* (dissertação de mestrado). Faculdade de Educação Física. UNICAMP.
- PAUSCH, R. & CREA, T., 1992, A literature survey for virtual environments: military flight simulator visual systems and simulator sickness. *Computer Science Report* No. TR-92-25, AUGUST.
- PEMBERTON, L. & WINTER, M., 2008, Collaborative Augmented Reality in schools. *Computer Supported Collaborative Learning Practices (CSCL2009)*, Main Conference Events, pp. 109-111.
- PINTO, J. F.; VAGO, T. M. & FARIA FILHO, L. M., 2007, Representações de Esporte e Educação Física na ditadura militar: uma leitura a partir da revista de história em quadrinhos DEDINHO (1969-1974). XV Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte, II Congresso Internacional de Ciências do Esporte, *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*.
- PLATONOV, V. N., 2008, *Tratado Geral de Treinamento Desportivo*. Phorte Editora.
- POWELL, E. *What is so hot about LCOS technology?* ProjetorCentral.com, acessada em jun/2007.
- PROVENZANO, J. A., 2002, *Desenvolvimento de uma metodologia para reconstrução da superfície do pé humano por videogrametria* (dissertação de mestrado). Faculdade de Educação Física. UNICAMP.
- RABELO, V. & PIMENTEL, F., 1991, *268 jogos infantis, jogos de campo e de salão*. Brasil: Vila Rica Editoras Reunidas Limitada.
- RAMEI, J; ROSENBAUM, S.; ROSE, E.; CUDDIHY, E. & GUAN, Z., 2007, Beyond Current User Research: Designing Methods for New Users, Technologies, and Design Processes. *CHI 2007 (workshop)*, April 28–May 3.
- RASKAR, R. & LOW, K-L., 2001, Interacting with spatially augmented reality. *Proceedings of The First ACM International Conference on Virtual Reality, Computer Graphics and Visualization in Africa (AFRGRAPH)*, November.

- READ, J. C. & MACFARLANE, S., 2006, Using the Fun Toolkit and Other Survey Methods to Gather Opinions in Child Computer Interaction. *IDC '06*, June 7-9.
- REIS, H. H. B., 2006, O ensino do handebol utilizando-se do método parcial. <http://www.efdeportes.com/> *Revista Digital* - Buenos Aires - Año 10 - N° 93 - Febrero.
- REMONDINO, F. & RODITAKIS, A., 2003, 25th Pattern Recognition Symposium, Lecture Notes in Computer Science, Springer, *DAGM 03*, pp. 100-107.
- REMONDINO, F.; D'APUZZO, N.; SCHROTTER, G. & RODITAKIS, A., 2004, *Markerless motion capture from single or multi-camera video sequence*. International Workshop on Modeling and Motion Capture Techniques for Virtual Environments (CAPTECH 2004), pp. 8-12, December.
- REMONDINO, F., 2006, *Image-based modeling for object and human reconstruction* (doctoral thesis) Swiss Federal Institute of Technology.
- RICHARDSON, M. W. & KUDER, G. F., 1939, The calculation of test reliability coefficients based on the method of rational equivalence. *Journal of Educational Psychology*, vol. 30 (9), Dec., pp. 681-687.
- ROBINOVITCH, S. N.; BRUMER, R. & MAURER, J., 2004, Effect of the “squat protective response” on impact velocity during backward falls. *Journal of Biomechanics*, v. 37, pp. 1329–1337.
- ROWE, D. A. & MAHAR M. T., 2006, Validity. In: *Measurement theory and practice in Kinesiology*. Terry Wood & Weimo Zhu, Human Kinetics, pp. 9-26.
- SABICK, M.B.; HAY, J.G.; GOEL, V.K. & BANKS, S.A., 1999, Active responses decrease impact forces at the hip and shoulder in falls to the side. *Journal of Biomechanics*, v. 32, pp. 993-998.
- SAFRIT, M. J. & WOOD, T., 1995, *Introduction to measurement in Physical Education and exercise science*. Human Kinetics.
- SANTIN, R. & KIRNER, C., 2004, Desenvolvimento de Interação para aplicações de Realidade Aumentada com o ARToolKit. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 13-16.
- SANTOS, S. G. & MELO, S. I. L., 2003, Os “ukemis” e o judoca: significado, importância, gosto e desconforto. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, v. 5, n. 2, p. 33-43.
- SANTOS, S. G.; ROESLER, C. R. M. & MELO, S. I. L., 2007, Investigação do desconforto oferecido por diferentes tatames utilizados na prática do judô. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, v. 9, n. 4, 358-365.

- SARGENT, R. G. VERIFICATION, VALIDATION, AND ACCREDITATION OF SIMULATION MODELS, 2000,. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp. 50-59.
- SCHERRER, C.; PILET, J.; FUA, P. LEPETIT, V., 2008, The haunted book, *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, September.
- SCHMALSTIEG, D; WAGNER, D. 2005 A Handheld Augmented Reality Museum Guide. *Proceedings of IADIS International Conference on Mobile Learning 2005 (ML2005)*, June.
- SCHMIDT, R. & WRISBERG, C., 2007, *A Motor Learning and performance: a situation-based learning approach*. Human Kinetics.
- SHELTON, B. E., & HEDLEY, N. R., 2002, Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. *The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*, September, P. 29.
- SHERRINGTON C, WHITNEY J C, LORD S R, HERBERT R D, CUMMING R G, CLOSE J C., 2008, Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*; v. 56, issue 12, pp. 2234-2243.
- SHINOHARA, M., 2001, *Manual de Judô*. Vila Sônia.
- SILVA, R. A.; CONSULARO, L. A. & COELHO, R. C., 2004, Entrada de senhas com Realidade Aumentada. *Anais do I Workshop de Realidade Aumentada*, pp. 53-55.
- SIM, G.; MACFARLANE, S. & READ, J., 2006, All work and no play: Measuring fun, usability, and learning in software for children. *Computers & Education*, 46, pp. 235–248.
- SOLER, R., 2002, *Jogos cooperativos*. Rio de Janeiro: Sprint.
- STATE, A.; HIROTA, G.; CHEN, D. T.; GARRET, B. & LIVINGSTONE, M., 1996, Superior Augmented Reality registration by landmarking and magnetic tracking. *Proc. of SIGGRAPH'96*, pp. 429-438.
- SZALAVÁRI, Z; SCHMALSTIEG, D.; FUHRMANN, A. & GERVAUTZ, M., 1998, "Studierstube": na environment for collaboration in Augmented Reality. *Virtual Reality*, v. 3, pp.37-48.
- SANNOHE, N. & IIDA, T., 2008, Methods of ushiro-ukemi in Judo: with safety of head and arms. *Memoirs of Faculty of Education and Human Studies, Akita University, Educational Science*, v. 63, pp. 71-78.

- TAN, K. T. W.; LEWIS, E. M.; AVIS, N. J. & WITHERS, P. J., 2008, Using Augmented Reality to promote an understanding of materials science to school children. *SIGGRAPH Asia 2008*, Singapore, December 10–13.
- TAVARES, O., 1998, *Mens fervida in corpore lacertoso? As atitudes dos atletas olímpicos brasileiros diante do olimpismo*. Programa de Pós-graduação em Educação Física. Universidade Gama Filho.
- THOMAS, J. R. & NELSON, J. K., 2007, *Métodos de pesquisa em atividade física*. ARTMED, pp. 280-296.
- THRISCHLER, K., 2003, *Medida e avaliação de Educação Física e Esportes*. Manole, pp. 66-72.
- TONON, M. F. T. R., 2009, As histórias em quadrinhos como recurso didático nas aulas de matemática. *Revista Em Extensão*. v. 8, n. 1, p. 72 - 81, jan./jul.
- TRITSCHLER, K., 2003, *Medida e avaliação em Educação Física e Esportes de Barrow e McGee*. Manole, 667-72.
- TUSSI, G. B. & MARTINS, R. E. M. W., 2009, A história em quadrinhos como prática pedagógica no ensino de Geografia. *Anais do 12 Encontro de Geógrafos de América Latina (EGAL 2009)*, abril. Disponível em http://egal2009.easyplanners.info/area08/8313_Tussi_Graziela_Bergonsi.pdf.
- UCELLI, G.; CONTI, G., AMICIS, R. & SERVIDIO, R., 2005, Learning Using Augmented Reality Technology: Multiple Means of Interaction for Teaching Children the Theory of Colours. M. Maybury et al. (Eds.): *INTETAIN 2005*, Springer-Verlag, LNAI 3814, pp. 193 – 202.
- ULHAAS, L., 2007, Computer-based reconstruction: technical aspects and applications. In: *Handbook of Paleoanthropology*. Winfried Henke, Ian Tattersall (editors), Springer.
- UNC Hybrid Tracking Research, <http://www.cs.unc.edu/Research/us/hybrid.html>
- UNC Ultrasound / Medical Augmented Reality Research <http://www.cs.unc.edu/Research/us/>, acessado em jun/2007.
- VERLINDEN, J. C.; SMIT, A. D. E.; HORVATH, I.; EPEMA, E. & JONG, M. D. E., 2003a,. Time compression characteristics of the augmented prototyping pipeline. In R Meyer (Ed.), *Euro-uRapid 2003*, (pp. 8), s.l.: s.n..
- VERLINDER, J.; SMIT, A; PEETERS, A. W. J., 2003b, Development of a flexible augmented prototyping system. *Journal of WSCG*, vol. 11, (pp. 8), February.
- VERLINDER, J.; VAN DER ESKER, W.; WIND, L. & HORVÁTH, I., 2004, Qualitative comparison of virtual and augmented prototyping of handheld products. *Proceedings of the International Design Conference – Design 2004*, (pp. 6).

- VIEIRA, B. N. S.; THEODORO, C.; TRIAS, L. P.; MIRANDA, F.R. & TORI, R., 2006, ARHockey: um jogo em Realidade Aumentada baseada em projetores. *Anais do Workshop de Realidade Aumentada WRA 2006*, (pp. 8).
- XU, D.; MAZZONE, E. & MACFARLANE, S., 2006, In Search for Evaluation Methods for Children's Tangible Technology. *IDC '06*, June 7-9, pp. 171-172.
- XU, D., 2007, Design and Evaluation of Tangible Interfaces for Primary School Children. *IDC 2007 Proceedings: Doctoral Consortium*, June 6-8, pp. 209-212.
- WAGNER, D. & SCHMALSTIEG, D., 2006, Handheld Augmented Reality Displays, *IEEE VR 2006*, Workshop on Emerging technologies, March.
- WANDERLEY, P., 2007, comunicação pessoal.
- WANG, X. & DUNSTON, P. S., 2006, Compatibility issues in Augmented Reality systems for AEC: an experimental prototype study. *Automation in Construction*, 15, pp. 314-326.
- WANG, Y.; LANGLITZ, T.; BILLINGHURST, M. & BELL, T., 2009, An Authoring Tool for Mobile Phone AR Environments. *Proceedings of New Zealand Computer Science Research Student Conference 09 (NZCSRSC '09)*.
- WEERDESTREYN, V.; GROEN, B. E.; SWIGCHEM, R & DUYSSENS, 2008, J. Martial arts fall techniques reduce hip impact forces in naïve subjects after a brief period of training. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 18, pp. 235–242.
- WEINECK, J., 1991, *Biologia do esporte*. RJ: Manole, pp. 61-67.
- WEINECK, J., 2003, *Treinamento ideal*. RJ: Manole.
- WHITE, D., 1980, *Judô, a maneira fácil - em quadrinhos*. Editora Tecnoprint S. A.. Ediouro, Grupo, coquetel.
- WIKIPÉDIA, termo: *OLED*, <http://pt.wikipedia.org/wiki/OLED>, acessado em jun/2007.
- WOOLCOTT, J. C.; RICHARDSON, K. J.; WIENS, M.O.; PATEL, B.; MARIN, J.; KHAN, K. M. & MARRA, C. A., 2009, Meta-analysis of the Impact of 9 Medication Classes on Falls in Elderly Persons. *Archives of Internal Medicine*, v. 169, issue 21, pp. 1952-1960.
- WU, G., 2007, Effects of age and risk of falls on head stability in space. *Journal of Biomechanics*, v. 40, suppl. 2, p. S366.
- YAMAUCHI, K.; KAMESHIMA, H.; SAITO, H. & SATO, Y., 2007, 3D reconstruction of a human body from multiple viewpoints. D. Mery and L. Rueda (Eds.): *PSIVT 2007*, LNCS 4872, pp. 439–448.
- YOKOKOHJI, Y.; SUGAWARA, Y. & YOSHIKAWA, Y., 2000, Accurate image overlay on video see-through HMDs using vision and accelerometers. *Proceedings*

- IEEE Virtual Reality 2000*, IEEE CS Press, Los Alamitos, California, pp. 247-254.
- YOU, S.; NEUMANN, U. & AZUA, R., 1999, Hybrid inertial and vision tracking for Augmented Reality registration. *Proceedings IEEE Virtual Reality 1999*, IEEE CS Press, Los Alamitos, California, pp. 206-267.
- ZAMAN, B.; ABEELE, V. V.; MARKOPOULOS, P. & MARSHALL, P., 2009, Tangibles for children, the challenges. *CHI 2009 ~ workshops*, April 4-9.
- ZHOU, F; DUH, HBL & BILLINGHURST, M, 2008, Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: a review of ten years of ISMAR, *ISMAR'08*, 193-202.
- ZHU, W. *Kinesmetrics*, <http://kch.illinois.edu/labs/kinesmetrics/default.htm>, acessado em 30-11-2009.
- ZOLLIKOFER, C. P. E. & PONCE DE LEON, M. S., 2005, *Virtual reconstruction: a primer in computer reconstruction Paleontology and Biomedicine*. Wiley.

ANEXOS:

- 1 Termos de Consentimento Livre e Esclarecido aos Pais e a Instituição
- 2 Questionário



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação em Pesquisa



Título	Criação de um sistema de Realidade Aumentada para visualização e ensino da progressão pedagógica do Ushiro-ukemi do Judô
Orientadores	Prof. Dr. Luis Landau (landau@lamce.ufrj.br) Prof. Dr. Estélio H. M. Dantas (estelio@cobrase.org.br)
Pesquisador Responsável	Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho (mcgac@coc.ufrj.br ; maurogurgel@gmail.com) Professor de Educação Física do Colégio Pedro II – UE EN II Fone: (21) 8265-0557

Prezado Responsável:

O senhor Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho é professor de Educação Física no Colégio Pedro II e faz doutorado na **área Interdisciplinar do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PEC-COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)**. Ele pretende verificar se os alunos do Colégio Pedro II aprendem um movimento esportivo usando técnicas de Realidade Virtual e Aumentada para o seu ensino. Para tal será apresentado um material didático teórico na sala de informática, onde o aluno lerá uma estorinha e poderá visualizar a animação de um boneco virtual realizando o movimento por vários ângulos. Depois será feita uma aula prática. No final será utilizado um sistema de Realidade Aumentada. O aluno poderá ver a sua imagem num telão, entrando no corpo de um modelo humano virtual semitransparente e executar o movimento junto com ele, como nessas fotos.



Objetivo do Estudo: Criar e aplicar um sistema de RA com um humano virtual animado para visualização e ensino de uma habilidade motora específica: o rolamento para trás do Judô (*Ushiro-ukemi*), através de sua progressão pedagógica tradicional.

Benefícios para os Participantes: Os alunos aprenderão um modo de cair sem se machucarem.

Garantia de Acesso: Em qualquer fase do estudo você terá pleno acesso aos profissionais responsáveis pelo mesmo nos locais e telefones indicados

Garantia de Liberdade: A participação neste estudo é absolutamente voluntária.

Direito de Privacidade: A identidade dos participantes não será revelada. Em caso de dúvidas ou perguntas, queira manifestar-se em qualquer momento, para explicações adicionais, dirigindo-se a qualquer um dos pesquisadores.

Após a leitura do presente Termo e estando de posse de minha plenitude mental e legal, ou da tutela legalmente estabelecida sobre o participante da pesquisa, declaro expressamente que entendi o propósito do referido estudo e, estando em perfeitas condições de participação, dou meu consentimento para que o aluno _____ participe livremente do mesmo.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2008.

Assinatura do responsável			
Nome Completo (legível)			
Identidade nº		CPF nº	



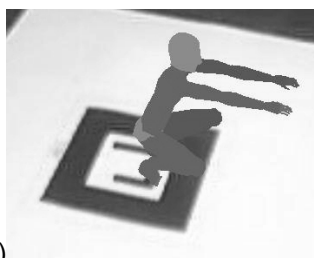
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação em Pesquisa



Título	Criação de um sistema de Realidade Aumentada para visualização e ensino da progressão pedagógica de um movimento esportivo específico: o rolamento para trás (<i>Ushiro-ukemi</i>)
Orientadores	Prof. Dr. Luiz Landau (landau@lamce.ufrj.br) Prof. Dr. Estélio H. M. Dantas (estelio@cobrase.org.br)
Pesquisador Responsável	Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho (mcgac@coc.ufrj.br; maurogurgel@gmail.com) Professor de Educação Física do Colégio Pedro II – UE SC II Fone: (21) 8265-0557 / 3891-1023 (UESCII)

Prezado Responsável:

O senhor Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho é professor de Educação Física no Colégio Pedro II, lotado à U. E. São Cristóvão II e faz doutorado na área de **Sistemas Computacionais (interdisciplinar)** do **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC – COPPE)** da **Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)**. Ele pretende avaliar a aprendizagem de um movimento esportivo a ser ensinado na aula de Educação Física, usando diferentes métodos: 1) aula prática tradicional, 2) utilização de material didático de leitura, 3) utilização de material didático de leitura com sistema de Realidade Aumentada(*), 4) sistema de Realidade Aumentada baseado em projeção(**) num telão. Os alunos serão avaliados de forma teórica e prática.



(*)



(**)

Objetivo do Estudo: Criar e aplicar um sistema de Realidade Aumentada com um humano virtual animado para visualização e ensino de uma habilidade motora específica: o rolamento para trás (*Ushiro-ukemi*), através de sua progressão pedagógica tradicional.

Benefícios para os Participantes: Os alunos aprenderão o conteúdo de Educação Física através de métodos inovadores. Desenvolvimento de conhecimento científico a ser revertido no processo de ensino dos alunos.

Garantia de Acesso e Liberdade: Em qualquer fase do estudo você terá pleno acesso aos profissionais responsáveis pelo mesmo nos locais e telefones indicados. A participação neste estudo é absolutamente voluntária.

Direito de Privacidade e Imagem: A identidade dos participantes não será revelada, mas o material áudio visual poderá ser apresentado em eventos científicos e/ou publicado. Deste modo, os direitos de imagem estão agora sendo transferidos aos autores desse estudo. Em caso de dúvidas ou perguntas, queira se manifestar em qualquer momento para explicações adicionais, com o professor Mauro na U.E. SCII ou a qualquer um dos pesquisadores.

Após a leitura do presente Termo e estando de posse de minha plenitude mental e legal, ou da tutela legalmente estabelecida sobre o participante da pesquisa, declaro expressamente que entendi o propósito do referido estudo e, estando em perfeitas condições de participação, dou meu consentimento para que o aluno _____ participe livremente do mesmo e também cedo o direito de imagem.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2009.

Assinatura do responsável			
Nome Completo (legível)			
Identidade nº		CPF nº	



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação em Pesquisa



Título	Criação de um sistema de Realidade Aumentada para visualização e ensino da progressão pedagógica do Ushiro-ukemi do Judô
Coordenador	Prof. Dr. Luis Landau (landau@lamce.ufrj.br) Prof. Dr. Estélio H. M. Dantas (estelio@cobrase.org.br)
Pesquisador Responsável	Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho (mcgac@coc.ufrj.br ; maurogurgel@gmail.com) Professor de Educação Física do Colégio Pedro II – UE EN II Fone: (21) 8265-0557

Prezada Diretora:

O senhor Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho é professor de Educação Física no Colégio Pedro II e faz doutorado na **área Interdisciplinar** do **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PEC-COPPE** da **Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)**. Ele pretende verificar se os alunos do Colégio Pedro II aprendem um movimento esportivo usando técnicas de Realidade Virtual e Aumentada para o seu ensino. Para tal será apresentado um material didático teórico na sala de informática, onde o aluno lerá uma estorinha e poderá visualizar a animação de um boneco virtual realizando o movimento por vários ângulos. Depois será feita uma aula prática. No final será utilizado um sistema de Realidade Aumentada. O aluno poderá ver a sua imagem num telão, entrando no corpo de um modelo humano virtual semitransparente e executar o movimento junto com ele, como nessas fotos.



Objetivo do Estudo: Criar e aplicar um sistema de RA com um humano virtual animado para visualização e ensino de uma habilidade motora específica: o rolamento para trás do Judô (*Ushiro-ukemi*), através de sua progressão pedagógica tradicional.

Benefícios para os Participantes: Os alunos aprenderão um modo de cair sem se machucarem.

Garantia de Acesso: Em qualquer fase do estudo você terá pleno acesso aos profissionais responsáveis pelo mesmo nos locais e telefones indicados

Garantia de Liberdade: A participação neste estudo é absolutamente voluntária.

Direito de Privacidade: A identidade dos participantes não será revelada. Em caso de dúvidas ou perguntas, queira manifestar-se em qualquer momento, para explicações adicionais, dirigindo-se a qualquer um dos pesquisadores.

Após a leitura do presente Termo, dou meu consentimento legal para realização do estudo na entidade sob minha responsabilidade jurídica.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2008.

Assinatura da Diretora			
Nome Completo (legível)			
Identidade nº		CPF nº	
Razão Social			
CNPJ nº		Inscrição nº	



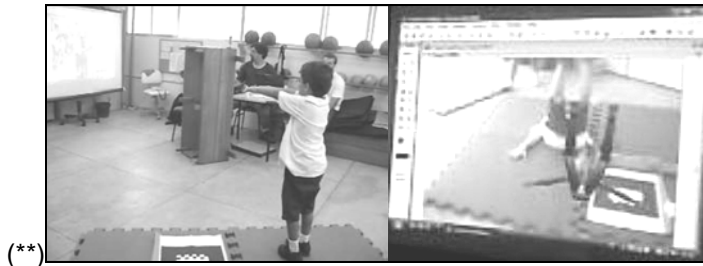
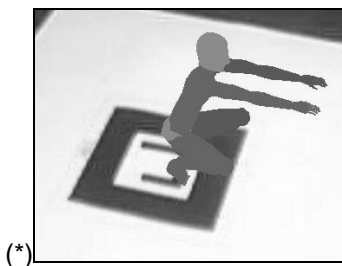
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação em Pesquisa



Título	Criação de um sistema de Realidade Aumentada para visualização e ensino da progressão pedagógica de um movimento esportivo específico: o rolamento para trás (<i>Ushiro-ukemi</i>)
Orientadores	Prof. Dr. Luiz Landau (landau@lamce.ufrj.br) Prof. Dr. Estélio H. M. Dantas (estelio@cobrase.org.br)
Pesquisador Responsável	Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho (mcgac@coc.ufrj.br; maurogurgel@gmail.com) Professor de Educação Física do Colégio Pedro II – UE SC II Fone: (21) 8265-0557 / 3891-1023 (UESCII)

Prezada Diretora da Unidade Escolar São Cristóvão II:

Eu, Mauro Cesar Gurgel de Alencar Carvalho, professor de Educação Física no Colégio Pedro II, lotado à U. E. São Cristóvão II, faço doutorado na área de **Sistemas Computacionais (interdisciplinar)** do **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC – COPPE)** da **Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)**. Pretendo avaliar a aprendizagem de um movimento esportivo a ser ensinado na aula de Educação Física, usando diferentes métodos: 1) aula prática tradicional, 2) utilização de material didático de leitura, 3) utilização de material didático de leitura com sistema de Realidade Aumentada(*), 4) sistema de Realidade Aumentada baseado em projeção(**) num telão. Os alunos serão avaliados de forma teórica e prática.



Objetivo do Estudo: Criar e aplicar um sistema de Realidade Aumentada com um humano virtual animado para visualização e ensino de uma habilidade motora específica: o rolamento para trás (*Ushiro-ukemi*), através de sua progressão pedagógica tradicional.

Benefícios para os Participantes e à Instituição: Os alunos aprenderão o conteúdo de Educação Física através de métodos inovadores. Portanto o conhecimento científico desenvolvido será revertido no processo de ensino dos alunos, apresentado aos seus pares e publicado em revista científica apontando o Colégio Pedro II como produtor de conhecimento.

Garantia de Acesso e Liberdade: Em qualquer fase do estudo você terá pleno acesso aos profissionais responsáveis pelo mesmo nos locais e telefones indicados. A participação neste estudo é absolutamente voluntária.

Direito de Privacidade e Imagem: A identidade dos participantes não será revelada, mas o material áudio visual poderá ser apresentado em eventos científicos e/ou publicado. Deste modo, os direitos de imagem estão agora sendo transferidos aos autores desse estudo. Em caso de dúvidas ou perguntas, queira se manifestar em qualquer momento para explicações adicionais, com o professor Mauro na U.E. SCII ou a qualquer um dos pesquisadores.

Após a leitura do presente Termo, dou meu consentimento legal para realização do estudo na entidade sob minha responsabilidade.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2009.

Assinatura da Diretora	
Nome Completo (legível)	
Identidade nº	CPF nº
Razão Social	
CNPJ nº	Inscrição nº

Questionário

Nome: _____

Idade: _____ anos

Sexo: _____

Turma: _____

1) Já fez Judô, Jiu-jitsu ou Aikido? () sim () não Cor da faixa: _____

2) Qual é o nome em japonês do rolamento para trás do Judô?

() Zempo-kaiten-ukemi

() o-soto-gari

() Yoko-ukemi

() Ushiro-ukemi

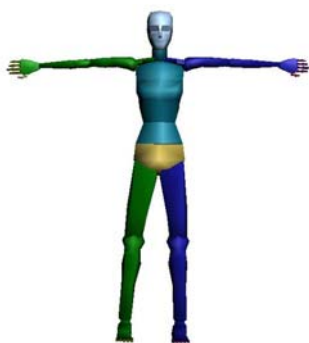
() Ippon-seoi-nage

3) Ao executar o rolamento para trás, você precisa por o queixo no peito?

() sim () não

Por que? _____

4) Como devem ficar os braços na hora de batida de braços? Faça um círculo na figura certa.



5) Como você avalia essa historinha sobre o rolamento para trás?

() excelente

() bom

() razoável

() ruim

() péssimo

6) Como você avalia o bonequinho virtual fazendo o rolamento para trás?

() excelente

() bom

() razoável

() ruim

() péssimo

7) Do que mais gostou? _____

8) Do que você menos gostou e que sugestões você daria para melhorar essa apresentação sobre o ensino do Ushiro-ukemi? _____

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)