



Pós-Graduação em Ciência da Computação

Dissertação de Mestrado

**CAAPA VIRTUAL: Modelo Produtivo para
Ambiente Virtual Interativo Multimodal**

Por

Fabiano Amorim Vaz



*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Pós-Graduação em Ciência da Computação*

Recife-PE, 2011

Fabiano Amorim Vaz

CAAPA Virtual:

Modelo Produtivo para Ambiente Virtual Interativo Multimodal

Orientador: Prof^o. Dr. Edson Costa de Barros Carvalho Filho

Co-Orientadora: Prof^a. Dr. Marcilia Andrade Campos

Dissertação apresentada como requisito complementar para obtenção do grau de Mestre em Ciências da Computação, do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Pernambuco.

Recife-PE, 2011

Catálogo na fonte
Bibliotecária Jane Souto Maior, CRB4-571

Vaz, Fabiano Amorim

CAAPA Virtual: Modelo produtivo para ambiente virtual interativo multimodal / Fabiano Amorim Vaz - Recife: O Autor, 2011.

ix, 105 folhas : il., fig., tab.

Orientador: Edson Costa de Barros Carvalho Filho

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Realidade virtual. 2. Ambientes virtuais. 3. Reconstrução 3D. 4. Arqueologia. I. Carvalho Filho, Edson Costa de Barros (orientador). II. Título.

005.8

CDD (22. ed.)

MEI2011 – 145

Dissertação de Mestrado apresentada por **Fabiano Amorim Vaz** à Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título **“CAAPA Virtual: Modelo Produtivo para Ambiente Virtual Interativo Multimodal”** orientada pelo Prof. Edson Costa de Barros Carvalho Filho e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Profa. Veronica Teichrieb
Centro de Informática / UFPE

Profa. Maria Cleonice de Souza Vergue
Departamento de Educação / UNEB

Profa. Marcilia Andrade Campos
Centro de Informática / UFPE

Visto e permitida a impressão.
Recife, 29 de agosto de 2011.

Prof. Nelson Souto Rosa
Coordenador da Pós-Graduação em Ciência da Computação do
Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Dedico esta dissertação a meu pai, minha
mãe e meus irmãos e, em especial a
minha noiva Camila Araújo.

AGRADECIMENTOS

A conclusão de um curso de mestrado é um grande passo no desenvolvimento pessoal e criativo de qualquer ser humano, por isso agradeço a **Deus** por ter me dado a oportunidade da realização de tamanho feito.

Meus agradecimentos em especial aos professores Edson Costa Barros de Carvalho Filho e **Marcilia Andrade Campos**, pela dedicação e incentivo, norteando a pesquisa em todos os aspectos.

Agradeço a minha mãe, **Genilda Amorim Vaz** e ao meu pai, **Fernando Bezerra Vaz** por terem, em momentos de dificuldade, priorizado a educação e formação dos seus filhos e incentivando a todo instante a conclusão deste projeto.

Gostaria de agradecer a Camila G. Araújo que está diariamente me impulsionando a lutar por um ideal e me fortalecendo nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Agradeço aos que contribuíram para o enriquecimento deste projeto de conclusão de curso, em especial a **Prof^a Cleonice Vergne** e a toda equipe do CAAPA, bem como da Faculdade Sete de Setembro, representada principalmente na pessoa do Prof. Jacson Gomes de Oliveira.

Meus agradecimentos a todos os meus amigos, em especial a Igor Medeiros, Thiago (*Monge*), Filipe Varjão e àqueles que compartilharam comigo todos os momentos da vida acadêmica.

RESUMO

Na Computação Gráfica, os modelos sintéticos ainda são construídos utilizando técnicas complexas. Observado que a criação de objetos específicos é uma atividade relativamente custosa, o processo de modelagem de um simples objeto pode levar horas e até mesmo dias.

Portanto, este trabalho tem como objetivo desenvolver mecanismos capazes de auxiliar o processo produtivo de ambientes virtuais com interação multimodal, para exibição de ambientes e de objetos, principalmente àqueles que exigem manuseio especial, tais como artefatos raros ou frágeis.

No desenvolvimento deste trabalho o meio arqueológico teve enfoque singular, sendo esta a área escolhida para aplicação do projeto desenvolvido. Logo, o projeto teve como alicerce a construção de ambientes virtuais interativos para exposição de resultados de prospecções arqueológicas. O que pode ser considerado uma mudança do paradigma de museu virtual 3D para museu virtual 3I (Interativo, Imersivo e Itinerante).

As principais conclusões deste trabalho foram: (i) O modelo virtual produzido para exposição no ambiente virtual teve o mesmo resultado, tanto para usuários com treinamento em técnicas de modelagem tridimensional quanto usuário sem este treinamento; (ii) O mecanismo desenvolvido pode ser utilizado por qualquer indivíduo e, principalmente, por qualquer centro cultural, o que podemos considerar como a contribuição de maior relevância deste projeto.

Palavras-Chaves: Interatividade. Ambiente Virtual. Multissensorial. Arqueologia.

ABSTRACT

In Graphic Computing, synthetic models are still built using complex techniques. It should be noticed that the creation of specific objects is relatively expensive, the process of modeling a single object can take hours or even days.

Therefore, this paper aims to develop ways of assisting the production process of virtual environments with multimodal interaction, for displaying objects and environments, especially those that require special handling, such as rare or fragile artifacts.

During the development of this work the archaeological device deserved a special focus, for it has been the chosen area for the implementation of the developed project. So, the project was founded on building interactive virtual environments to exhibit the results of archaeological research. This may also be considered a change from the paradigm 3D virtual museum to a 3I virtual museum (Interactive, Immersive and Itinerant).

The main conclusions of this work were: (i) The virtual model produced to be displayed in the virtual environment had the same result, both for individuals with training in three-dimensional modeling and for users without this training, (ii) the developed mechanism may be used by any person and especially by any cultural center, which can be considered the most relevant contribution of this project.

Keywords: Interaction. Virtual Environments. Multimodal. Archaeology.

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
LISTA DE FIGURAS	VIII
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
1.2 MOTIVAÇÃO.....	12
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Geral	14
1.3.2 Específicos.....	14
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2 AMBIENTES VIRTUAIS	17
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
2.2 REALIDADE VIRTUAL.....	18
2.2.1 Imersão	19
2.2.2 Interação	20
2.2.2.1 <i>Manipulação 3D</i>	20
2.2.2.2 <i>Navegação</i>	23
2.2.2.3 <i>Controle de Sistemas</i>	25
2.2.2.4 <i>Saída Simbólica</i>	26
2.3 ARQUITETURA DE AMBIENTES VIRTUAIS.....	27
2.3.1 Hardware.....	28
2.3.1.1 <i>Ambiente Físico</i>	28
2.3.1.2 <i>Dispositivos de Processamento</i>	28
2.3.1.3 <i>Dispositivos de Entrada</i>	29
2.3.1.3.1 <i>Dispositivos de Interação</i>	30
2.3.1.3.2 <i>Dispositivos de Rastreamento</i>	34
2.3.1.4 <i>Dispositivos de Saída</i>	36
2.3.2 Software.....	38
2.3.2.1 <i>Ferramentas de Modelagem</i>	39
2.3.2.2 <i>Engines Gráficos</i>	39
2.3.2.3 <i>Framework</i>	39
2.3.2.4 <i>Administração de Hardware</i>	39
2.3.3 Interfaces Multimodais	40
2.4 PROCESSAMENTO DE IMAGENS	41
2.4.1 Representação das imagens digitais	43
2.4.2 Segmentação	44
2.4.2.1 <i>Detecção de Descontinuidades</i>	45
2.4.2.2 <i>Detecções de Similaridades</i>	46
2.4.2.2.1 <i>Binarização Global</i>	47
2.4.2.2.2 <i>Binarização Local Adaptativa</i>	47
2.4.2.2.3 <i>Limiarização Global Ótima</i>	47

3	ARQUEOLOGIA E O CAAPA.....	49
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	49
3.2	CAAPA - CENTRO DE ANTROPOLOGIA E ARQUEOLOGIA DE PAULO AFONSO.....	50
3.2.1	Estado da Arte da Arqueologia.....	50
3.2.1.1	<i>Arqueologia Regional Nordestina.....</i>	<i>51</i>
3.2.1.1.1	<i>Breve Histórico das Pesquisas no Baixo São Francisco.....</i>	<i>51</i>
3.2.2	Manipulação e Preservação.....	53
3.2.3	Acervo Arqueológico do CAAPA.....	54
3.2.3.1	<i>Análise da Cultura Material.....</i>	<i>54</i>
3.2.3.1.1	<i>Material Lítico.....</i>	<i>55</i>
3.2.3.1.2	<i>Material Cerâmico.....</i>	<i>56</i>
3.2.4	Exposição Arqueológica.....	56
4	CAAPA VIRTUAL.....	58
4.1	PROJETO DESENVOLVIDO.....	58
4.1.1	Digitalização.....	60
4.1.2	Modelos 360°.....	64
4.1.2.1	<i>Módulo de Catalogação.....</i>	<i>67</i>
4.1.2.2	<i>Plugin.....</i>	<i>70</i>
4.1.3	Ambiente Virtual Interativo.....	76
4.1.3.1	<i>Dispositivo Não-Convencional.....</i>	<i>81</i>
5	CENÁRIOS EXPERIMENTAIS.....	84
5.1	DIGITALIZAÇÃO.....	84
5.2	TELAS DA CATALOGAÇÃO.....	91
5.3	AMBIENTE VIRTUAL.....	93
6	CONCLUSÕES.....	98
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
6.2	TRABALHOS FUTUROS.....	99
	REFERÊNCIAS.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Seis graus de liberdade nas interações em AV.....	29
Figura 02 – Exemplo de luva de dados para reconhecimento de movimentos ...	31
Figura 03 – Elementos de uma luva de dados tradicional	31
Figura 04 – Luva digital com rastreamento acústico	32
Figura 05 – Luva de dados com sensores magnéticos.....	32
Figura 06 – Interação com o ambiente através de gestos, cenas do filme Minority Report.....	41
Figura 07 – Exemplo de Aquisição de Imagens.....	43
Figura 08 – Matriz de Coordenadas de uma imagem	44
Figura 09 – Máscara de varredura de tamanho 3x3.....	45
Figura 10 – Acervo do Centro de Arqueologia e Antropologia de Paulo Afonso	54
Figura 11 – Exposição do Acervo do Centro de Arqueologia e Antropologia de Paulo Afonso	57
Figura 12 – Plataforma modular do projeto desenvolvido.....	59
Figura 13 – Projeto de Arquitetura e Comunicação.....	60
Figura 14 – Sítio Arqueológico de Machu Picchu no Peru.	61
Figura 15 – Fragmentos encontrados no estado de Minas Gerais.....	61
Figura 16 – Exemplo de digitalização de ambientes externos	62
Figura 17 – Pseudocódigo armazenado no PIC18F4550 para gerenciamento do motor	63
Figura 18 – Amostragem do resultado da digitalização de sítios arqueológicos	63
Figura 19 – Exemplo de digitalização de fragmentos.....	64
Figura 20 – Organização inicial das imagens capturas.....	64
Figura 21 – Agrupamento das imagens em forma de um polígono	65
Figura 22 – Exemplificação dos ângulos de um polígono	65
Figura 23 – Assinaturas das fronteiras dos polígonos	66
Figura 24 – Fluxograma lógico de geração do modelo 360°.....	69
Figura 25 – Arquitetura de criação e interação com o modelo.....	71
Figura 26 – Documento de Referência.....	71
Figura 27 – Amostragem do resultado da digitalização de artefatos arqueológicos	72

Figura 28 – Trecho do código responsável por interpretar o documento de referência	73
Figura 29 – Pseudocódigo para capturar entradas e manipular o estado do modelo	74
Figura 30 – Representação do eixo esférico central do modelo	74
Figura 31 – Pipeline do processo de comunicação multimodal	77
Figura 32 – Composição e relacionamento entre dispositivos do Ambiente Virtual	78
Figura 33 – Processo de Binarização de Imagens.....	79
Figura 34 – Representação Digital da Imagem Binária	80
Figura 35 – Esquema físico do Ambiente Virtual Interativo.....	81
Figura 36 – Elementos de composição da luva desenvolvida.....	82
Figura 37 – Utilização do dispositivo desenvolvido	83
Figura 38 – Acionamento do emissor infravermelho	83
Figura 39 – Componentes eletrônicos de controle e alimentação	84
Figura 40 – Acoplamento dos circuitos à parte inferior da mesa digitalizadora..	86
Figura 41 – Protótipo da Mesa Digitalizadora	86
Figura 42 – Superfície circular móvel ao redor do eixo central.....	87
Figura 43 – Primeiro cenário experimentado na digitalização	88
Figura 44 – Estúdio fotográfico com fundo infinito adaptado	89
Figura 45 – Diferentes efeitos causados pela iluminação: (a) superior-central (b) frontal	89
Figura 46 – Protótipo funcional da Mesa Digitalizadora	90
Figura 47 – Interface de gerenciamento da mesa digitalizadora	91
Figura 48 – Interface de autenticação	92
Figura 49 – Interface de verificação do acervo	92
Figura 50 – Interface de cadastro do acervo	93
Figura 51 – Distribuição dos sítios arqueológicos entorno do centro cultural....	94
Figura 52 – Interface de pré-visualização do sítio	94
Figura 53 – Interface de interação com o sítio	95
Figura 54 – Interface de interação com o acervo do sítio	95
Figura 55 – Estado inicial da manipulação do modelo virtual	96
Figura 56 – Estado final da manipulação do modelo virtual.....	97

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contextualiza o trabalho que será apresentado, oferecendo uma visão geral do problema abordado, a motivação e relevância do projeto, os resultados que se busca obter e a organização da dissertação.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A memória de uma nação é composta por seus fatos históricos e seus aspectos simbólicos. Fatos estes que deixam marcas ou vestígios que evidenciam a existência de antepassados. Portanto, a preservação da memória documental é uma atividade chave para a análise da história da humanidade e para a construção da identidade cultural dos povos.

É através dos vestígios arqueológicos que os pesquisadores desenvolvem redes de associações cronológicas e étnicas entre os povos pretéritos. Logo, sempre que ocorre a degradação de um determinado centro histórico, destaca-se a perspectiva da preservação cultural. Isto é, métodos para proteção e, principalmente, registro das informações destes ambientes são pesquisados.

Neste contexto, a virtualização, no sentido de registro digital, tem sido aliada na preservação cultural das regiões afetadas. O registro serve para organizar e ordenar os dados existentes, tornando mais simples a reconstituição do seu passado, a sua interpretação e a perpetuação do conhecimento (VAN PRAËT, 2004). Para tal, tem-se assistido a uma progressiva utilização da Computação Gráfica na representação de dados arqueológicos (BARCELO et al, 2000).

A digitalização do acervo material surge como meio de armazenamento de caráter permanente (se aplicado com os devidos cuidados). De um ângulo acadêmico, essa relação é vista como uma aproximação entre a Arqueologia e a Ciência da Computação, principalmente no que diz respeito aos aspectos de registro e recuperação da informação. Contudo, a visão simplória de “armazenar e guardar”

não contribui para a formação cultural plena, pois tais conhecimentos restringem-se a grupos específicos e isolados de indivíduos.

O desconhecimento e inacessibilidade ao acervo desnorteiam o processo de preservação da cultura. Conseqüentemente, não desperta o desejo da sociedade no simbolismo e conhecimento antropológico, que são resultados de pesquisas realizadas com afincamento pela comunidade acadêmica da área. Segundo (MOREIRA, 2006), até o ano de 2006, os brasileiros não tinham o hábito de visitar museus ou centros de ciências, apenas um em cada cem habitantes do país realizava estas visitas anualmente. Uma discrepância, se comparado a países europeus, nos quais seus museus eram visitados por cerca de 1 em cada 4 indivíduos por ano.

Como meio de transcender tais barreiras culturais, os artefatos digitalizados devem ser disponibilizados ao público geral, sempre que possível. Fomentando, deste modo, o acesso à própria memória nacional e contribuindo para que resultados possam ser amplamente difundidos. A transferência da informação deve ser apresentada de modo dinâmico, levando às comunidades de entorno um sentido de autoconhecimento como forma de criar e enraizar as identidades coletivas.

Para suprir essa necessidade, metodologias têm sido propostas, como a Realidade Virtual (RV) (SANDERS, 1998), que envolve tecnologias atraentes para o desenvolvimento de aplicações, em função de novas possibilidades de interação em tempo real com o uso de dispositivos multissensoriais, navegação em espaços tridimensionais e imersão no contexto da aplicação.

A Realidade Virtual, em sua natureza, fundamenta-se na representação digital do mundo real, tornando-o sintético, porém tem como conceitos intrínsecos o envolvimento e a imersividade. Isto é, quanto mais intuitiva for a interação dos usuários com o meio, melhores tendem a ser as sensações de imersão e envolvimento (SISCOOTTO e KIRNER, 2008).

De fato, a RV surgiu como meio de tornar o processo experimental fascinante, proporcionando experiências enriquecedoras na formação do conhecimento cultural. Contudo, na Computação Gráfica, os modelos sintéticos ainda são construídos utilizando técnicas complexas. Observado que a criação de objetos específicos é uma atividade relativamente custosa, o processo de modelagem de um simples

objeto pode levar horas e até mesmo dias (ROUSSOULY e DRETTAKIS, 2003). Mesmo que a reconstrução de objetos virtuais instituisse um processo simples, esta seria empenhada de modo linear. Isto indica que cada entidade que dispusesse de recursos para a atividade poderia fazê-la isoladamente, contradizendo a necessidade inicial de apresentar ao maior número possível de indivíduos os resultados obtidos nas prospecções.

Portanto, existe uma necessidade iminente de se utilizar um método automático capaz de generalizar o processo de aquisição digital de acervos arqueológicos. Para facilitar o processo de virtualização dos modelos reais, recursos podem ser desenvolvidos para alcançar um volume maior de peças virtuais. Esta rede de conhecimento torna-se possível pela tecnologia adotada no processo inicial de virtualização e disponibilização, sendo a interação multissensorial o meio de navegação à rede de conteúdo.

1.2 MOTIVAÇÃO

A Realidade Virtual está presente em diversas áreas e vem desempenhando papel fundamental na propagação e estímulo ao conhecimento. É comumente encontrada na bibliografia, aplicabilidade desta tecnologia em ambientes para os mais variados objetivos, como nos trabalhos de: Lok et al (2006), aplicando técnicas de RV na saúde; Kirner e Martins (2000), aplicando RV para auxiliar a tomada de decisões; Botega et al (2009), na Agricultura; Santos e Machado (2009), na educação; Trenhago e Oliveira (2010), na computação de dados biológicos; Lepouras e Vassilakis (2004), na museologia.

Na área específica da arqueologia, trabalhos como os de Seára et al (2004), Bernardes (2002), Hixon et al (1998) e Marques et al (2009), tem sido apresentado recorrentemente. Entretanto, de modo ainda bucólico, estes trabalhos possuem características similares, no quesito objetivo, já que tratam apenas do processo de representação virtual de determinados museus ou centros científicos, utilizando técnicas de modelagem específicas para atender cada particularidade, falhando em cenários distintos.

Para a Arqueologia, a aplicação de técnicas de modelagem e interação virtual, comumente vista na área da Realidade Virtual, tem apresentado resultados relevantes, tendo como intuito criar alternativas para divulgar e disseminar o conhecimento científico, por meio de representações virtuais. Todavia, limita-se ao centro de pesquisa escolhido para virtualização, não havendo expansão para demais instituições. Isto é, esforços e métodos isolados são satisfatórios apenas no contexto onde são aplicados enquanto para tantos outros ambientes esta aplicação torna-se complexa e, às vezes, financeiramente inviável.

Apesar da importância e necessidade de produzir cenários sinteticamente, utilizando novas técnicas, criar modelos artificiais das peças disponíveis nos centros culturais ainda é uma atividade custosa (tanto financeiramente como intelectualmente), principalmente, quando se faz necessário conhecimento específico em tal processo, limitando a virtualização de sítios e vestígios arqueológicos a uma amostragem pequena de indivíduos qualificados para a tarefa.

Mesmo para os especialistas, representar fielmente peças reais em modelos sintéticos, nem sempre, constitui um processo trivial. Os objetos ou cenários virtualizados, em comparação com o real, apresentam perda de informação e, principalmente, notável distinção entre real e sintético, mesmo aos olhos de não-especialistas em técnicas de modelagem virtual. O fator não-realista de alguns modelos artificiais dificulta a transparência pretendida pela tecnologia (BARROS, 2006).

Quanto maior o número de entidades que dispuserem de artifícios para a digitalização facilitada de achados arqueológicos maior será a quantidade de objetos digitalizados. De acordo com Azevedo Netto (2003), devido aos custos elevados e a burocracia legal, a fundação de novos centros culturais de entretenimento é uma tarefa ainda lenta. Portanto, é importante salientar que este trabalho serve como subsídio para consolidação de um novo paradigma para constituição de museus virtuais 3I (Imersivo, Interativo e Itinerante) de baixo custo.

Neste contexto, a hipótese deste trabalho é que o desenvolvimento e implantação de um mecanismo capaz de automatizar o processo de geração de ambientes virtuais

nas instituições de pesquisa surgem como alternativa para a disseminação dos resultados obtidos, bem como fomenta a produção virtual de objetos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver mecanismos capazes de auxiliar o processo produtivo de ambientes virtuais com navegação multimodal interativa, para exibição de ambientes e de objetos, principalmente àqueles que exigem manuseio especial, tais como artefatos raros ou frágeis.

1.3.2 Específicos

- Descrever um ambiente computacional de baixo custo utilizado para a criação de ambientes virtuais.
- Investigar a viabilidade técnica da construção de cenários virtuais para exposição interativa de imateriais.
- Apresentar alternativas para a disseminação das prospecções arqueológicas às comunidades distantes dos centros de pesquisa.
- Desenvolver uma solução que seja autossustentável e, se possível, rentável para a comunidade de entorno.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Estruturalmente, este trabalho consistirá em seis capítulos. O planejamento desta estruturação proporciona um amplo entendimento das tecnologias envolvidas e salienta a proposta de desenvolvimento de ambientes virtuais multimodais com mídias interativas, como objeto principal do trabalho.

Neste capítulo inicial foi contextualizado o trabalho que será apresentado, oferecendo uma visão geral do problema abordado, a motivação e relevância do projeto, os resultados que se busca obter e a organização da dissertação.

O **Capítulo 2** apresenta um levantamento bibliográfico sobre a interação entre humanos e máquinas, oferecendo uma visão global de interações multimídia, perspectivas cognitivas e multissensoriais dos ambientes virtuais, mídias interativas de uso massivo, imersão, interações espaciais, tangíveis, baseada em comando, por controle físico e, finalmente, por controle virtual.

Para enriquecer a fundamentação, alguns aspectos referentes à Realidade Virtual são abordados. As técnicas de rastreamento (*tracking*) e modelagem estarão realçadas por representarem relevância para a compreensão dos modelos apresentados nos capítulos seguintes. Além de conceitos de processamento de imagens digitais, bem como a segmentação de imagens.

O **Capítulo 3** apresenta um referencial teórico do cenário arqueológico, adentrando em perspectivas tecnológicas abordadas no contexto da ciência arqueológica, apresentando aspectos relevantes do patrimônio histórico e pré-histórico, a legislação vigente para a proteção e incentivo à identificação sociocultural, métodos de preservação do acervo e acesso público ao patrimônio. Aspectos importantes que definem e normalizam a aquisição digital dos vestígios são abordados também neste capítulo.

No **quarto capítulo**, o entendimento sobre os hardwares desenvolvidos para a captura digital é aprofundado, bem como a escolha dos sensores, solução em ambientes controlados e os métodos de armazenamento de dados.

Ainda no Capítulo 4, “CAAPA Virtual”, é especificado o sistema especialista de catalogação do acervo arqueológico. Como prova de eficiência da proposta este processo será descrito de forma sistêmica, da seleção de acervo aos resultados obtidos, tendo como consequência final o relatório de aplicação com a apresentação dos problemas e das dificuldades encontradas.

No **Capítulo 5**, os cenários experimentados são relatados e analisados conforme o desenvolvimento do projeto se estendia. Os experimentos falhos são descritos, de modo que na replicação futura deste trabalho os pesquisadores não necessitem experimentar aspectos já relatados por neste como insatisfatório. Os resultados finais são avaliados e realçados os pontos de interesse de acordo com a conformidade da proposta.

Por fim, o **Capítulo 6** apresenta as conclusões, os resultados obtidos e as dificuldades encontradas, bem como possíveis trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste trabalho.

CAPÍTULO 2

2 AMBIENTES VIRTUAIS

Neste capítulo é realizado um levantamento bibliográfico sobre a interação entre humanos e máquinas, oferecendo uma visão global de interfaces e interações multimídia, perspectivas cognitivas e multissensoriais dos ambientes virtuais, mídias interativas de uso massivo, imersão, interações espaciais, tangíveis, baseada em comando, por controle físico e, finalmente, por controle virtual. Aspectos referentes à Realidade Virtual são abordados.

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A representação visual tem vertentes que auxiliam a compreensão dos dados de maneira rápida, interativa e intuitiva, utilizando a capacidade de cognição humana para extrair informações (ALEXANDRE, 2006). Tecnologias são viabilizadas e maximizadas quando utilizam estímulos multissensoriais, isto é, os sentidos humanos através de interfaces interativas.

A Realidade Virtual (RV) é uma das tecnologias mais aplicadas neste cenário, pelo poder de imersão, interação e visualização, possibilitando, deste modo, naturalidade no processo comunicacional entre usuário e sistema. A RV é uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente virtual gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais (KELNER e TEICHRIEB, 2008).

Os ambientes virtuais tridimensionais são um ambiente interativo, gerado por um computador e disponibilizado através de um sistema de realidade virtual (YONGHEE et al, 2007). Envolvem um determinado espaço e uma situação delimitada, incluindo todos os componentes nele inseridos, como o conjunto de objetos e de condições passíveis de serem percebidas e com as quais é possível interagir.

De acordo com Kirner (2007, apud MARTINS 2000 e VINCE 2004), um ambiente virtual deve comportar propriedades a fim de torná-lo sintético, tridimensional,

multissensorial, imersivo e interativo. Um ambiente virtual típico deve agregar características que o tornem:

- **Sintético.** Significa que o ambiente é gerado em tempo-real por um sistema computacional. Não é, por exemplo, pré-gravado, como acontece com sistemas multimídia.
- **Tridimensional.** Significa que o ambiente que cerca o usuário é representado em três dimensões (3D) e, além disso, que existem recursos que dão a ideia de que o ambiente possui profundidade e que o usuário pode mover-se através dele.
- **Multissensorial.** Significa que mais de uma modalidade sensorial é usada para representar o ambiente, como sentido visual, sonoro, espacial (de profundidade), de reação do usuário com o ambiente, etc.
- **Imersivo.** Caracteriza-se como sendo um sentido subjetivo, responsável por dar ao usuário a impressão de que ele está fisicamente dentro do ambiente virtual. Entende-se, aqui, mais do que olhar e ouvir um display vindo de um monitor; o *display* necessita criar a impressão de que se está dentro do ambiente produzido computacionalmente. Usualmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacetes de visualização, mas outros sentidos, como o som e controles reativos, são também importantes.
- **Interativo.** Refere-se à capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações realizadas sobre ele.
- **Realístico.** Envolve a precisão com que o ambiente virtual reproduz os objetos reais, as interações com os usuários e o próprio modelo do ambiente.

2.2 REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual é uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador.

O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição, entre outros, também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário.

A Realidade Virtual surge como uma nova geração de interfaces, na medida em que, usando representações tridimensionais mais próximas da realidade do usuário, permite romper a barreira da tela, além de possibilitar interações mais naturais.

A realidade virtual teve suas origens na década de 60, com o desenvolvimento do *SketchPad* por Ivan Sutherland (SUTHERLAND, 1963), mas só ganhou força na década de 90, quando o avanço tecnológico propiciou condições para a execução da computação gráfica interativa em tempo real.

Apesar das vantagens da realidade virtual, ela necessitava de equipamentos especiais como capacete, luva, óculos estereoscópicos, *mouses* 3D, etc, para fazer com que o usuário fosse transportado para o espaço da aplicação, onde realiza suas interações. Logo, a RV fundamenta-se em três pilares básicos, que são conhecidos como 3I, Imersão, Interação e Imaginação (envolvimento), este último não será discutido neste trabalho, pela subjetividade de seu caráter.

2.2.1 Imersão

Para a Realidade Virtual, a imersão é considerada um dos grandes atrativos tecnológicos, pois desperta diversas sensações – vale ressaltar a palavra “*sensação*” como sendo a mais emblemática utilizada na conceituação de imersividade. Imersão pode ser descrita como a sensação do usuário de estar de fato no mundo virtual, isto é, faz com que o usuário acredite estar imerso no ambiente visualizado.

Um Ambiente Virtual imersivo é um cenário tridimensional dinâmico armazenado em computador e exibido, em tempo-real, através de técnicas de computação gráfica de tal forma que faça o usuário acreditar que está imerso neste ambiente. Comumente, esta exibição, a fim de atingir a sensação de imersão, é realizada através de dispositivos especiais.

Um ambiente virtual pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um ambiente existente. O ambiente virtual nada mais é do que um cenário onde os usuários de um sistema de realidade virtual podem navegar e interagir dinamicamente, estes são aspectos importantes dos ambientes virtuais, uma vez que os cenários se modificam em tempo real à medida que os usuários vão interagindo com o ambiente.

Em ambientes virtuais as percepções de determinados usuários não são, necessariamente, iguais aos demais. Apesar da subjetividade de sensação, o grau de imersão poderá ser aumentado ou reduzido de acordo com o tipo de sistema e os dispositivos aplicados ao sistema.

2.2.2 Interação

Os ambientes virtuais têm enfoque principal na interação dos envolvidos, pois é este o aspecto mais valorizado na tentativa de imergir o usuário no ambiente. Entretanto, é importante salientar que nem todo ambiente virtual é, necessariamente, imersivo. Tanto Realidade Virtual quanto Realidade Aumentada podem se valer das técnicas de interações.

Atualmente, a classificação das técnicas de interação em ambientes virtuais não é unânime. Contudo, autores como (BOWMAN et al. 2004), classificam as técnicas de interação, de acordo com a tarefa realizada pelo usuário, em Manipulação 3D, Navegação, Controle de Sistemas e Entrada Simbólica. Sendo esta classificação adotada pelos demais autores, como Bastos et al (2006) e Kelner e Teichrieb (2008), principais colaboradores para a disseminação de tais técnicas no Brasil.

2.2.2.1 Manipulação 3D

Alguns ambientes virtuais permitem que os objetos inseridos possam ser manipulados, para tanto o ambiente deve ser preparado para tal. Para que um objeto tridimensional possa ser visualizado em seus vários ângulos o cenário no qual

este está imerso é necessário que interação tenha um caráter realístico, na perspectiva do usuário.

A técnica de manipulação inicia-se no processo de seleção do objeto que sofrerá a modificação, depois de selecionar o modelo desejado o usuário deve definir a ação a se realizar. Estas ações podem variar entre posição, orientação, escala, forma, textura e cor.

O objetivo da seleção é consultar um objeto, navegar até este objeto, tornar o objeto ativo e definir a manipulação a ser realizada. Por outro lado, o objetivo da manipulação é posicionar objetos (*design* de objetos, agrupamento de objetos, layout do ambiente virtual), navegar pelo ambiente e realizar uma determinada ação.

Entre as técnicas de manipulação 3D existem aquelas que utilizam o conceito matemático de quatérnios (BASTOS et al, 2006) e outras onde a manipulação é originada no dispositivo utilizado. As técnicas de Apontamento, Manipulação Direta, Mundo em Miniatura (*World In Miniature* - WIM) e Agregação e Integração tratam da seleção e translação de objetos, e a rotação é mapeada diretamente do dispositivo de entrada para o objeto virtual, o que é chamado de isomorfismo. As técnicas de Manipulação 3D para Desktop usam a chamada rotação 3D não-isomórfica (TEICHRIEB e KELNER, 2004).

Muitas das técnicas de manipulação podem ser usadas em combinação com técnicas de interação para outras tarefas, não diretamente relacionadas com manipulação. Algo a ser observado é que técnicas de manipulação preservam a forma dos objetos.

A manipulação acontece do seguinte modo: quando o vetor definido pela direção do apontamento interceptar um objeto virtual, o usuário poderá selecioná-lo bastando, para tanto, disparar um evento (por exemplo, apertar um botão ou emitir um comando de voz) que confirmará a seleção. Após o objeto ser selecionado, ele será preso no final do vetor de apontamento para que então o usuário possa manipulá-lo. Dentre as principais técnicas de Manipulação 3D estão (BASTOS et al, 2006):

Ray-Casting – Utiliza um raio virtual que define a direção de onde está sendo realizado o apontamento. Esta técnica é eficiente quando aplicada a cenários onde

os objetos estão a curta distância, contudo, de usabilidade complexa quando os objetos são pequenos ou que estejam distante do ponto inicial do raio.

Two-Handed – Técnica que utiliza a representação virtual das mãos para simular as mãos do usuário e com uma das representações indicar a origem do raio e a outra o destino. Este aspecto permite uma interação eficiente, pois proporciona a seleção de objetos parcialmente ocultos ou distantes.

Image-Plane – A seleção e manipulação de objetos com a técnica *Image-Plane* é realizada através de suas projeções bidimensionais. Neste caso a seleção é intuitiva e simula o toque direto no objeto. Como limitação da técnica, considera-se a impossibilidade de controle da distância entre o usuário e os objetos 3D.

Fishing-Reel – Utilizando a mesma técnica de seleção do *Ray-Casting*, o objeto é trazido para perto do usuário com o uso de dispositivos de entrada, permitindo controlar a distância entre o objeto e o usuário.

As técnicas de Manipulação Direta são também denominadas de técnicas da mão virtual, pois o usuário pode selecionar e manipular diretamente objetos virtuais com as mãos. Para tanto, é usado um cursor 3D que pode ser modelado como uma mão humana.

Técnicas de Agregação são definidas pela combinação de várias outras técnicas. Ao usuário é fornecido um meio explícito de escolher a técnica de manipulação desejada dentro de um conjunto de possíveis opções.

Ao analisar todas as técnicas apresentadas anteriormente, percebe-se que a maioria das manipulações é baseada em uma repetição: um objeto deve ser selecionado antes que possa ser manipulado. Neste caso, a interface pode simplesmente trocar de uma técnica de seleção para uma técnica de manipulação após o usuário selecionar um objeto, e depois voltar ao modo anterior. Este tipo de técnica pode otimizar o desempenho em cada modo, sendo chamada de técnica de Integração.

As técnicas de interação usadas para controle e posicionamento de objetos 3D de alguns ambientes diferem das técnicas mostradas anteriormente, principalmente, por causa dos dispositivos de entrada, que em computadores desktop são basicamente teclado e *mouse*, ou seja, dispositivos bidimensionais.

Controles de Interface 2D – O usuário insere diretamente as coordenadas para posição e ângulo para orientação dos objetos 3D. As limitações e benefícios são variantes aos cenários onde a técnica é aplicada.

Widgets 3D - Os controles são colocados diretamente na cena com os objetos a serem manipulados. Sequências de manipulação ficam simples e diretas. O problema encontrado está na necessidade de um aprendizado prévio por parte do usuário.

Esfera Virtual e ARCBALL – O objeto virtual é acrescido de uma esfera ao seu redor para ser realizada a manipulação. A rotação é feita manipulando a esfera com o uso de um cursor.

2.2.2.2 Navegação

É sabido que movimentação física tem uma influência positiva nos níveis de presença relatados por usuários quando da interação em ambientes virtuais. Neste contexto é que são importantes as técnicas de interação para navegação. O usuário, ao navegar pelo ambiente virtual, pode realizar ações como viajar (explorar) pela cena ou procurar um caminho específico.

Ao viajar, o usuário movimenta-se entre dois lugares, pela definição da posição (e orientação) do seu ponto de vista. As técnicas de navegação são aquelas usadas para a exploração do mundo virtual, sendo este um ambiente imersivo ou um ambiente desktop. A seguir, são descritas as técnicas de Locomoção Física, de Direcionamento, de Planejamento de Rotas, Baseadas em Alvo, de Manipulação Manual, *Travel-by-Scaling*, de Orientação do *Viewpoint* e de Especificação da Velocidade e com Controles Integrados da Câmera para Ambientes Desktop 3D.

As técnicas de **Locomoção Física** tendem a usar o esforço físico que o usuário faz a fim de transportá-lo para o mundo virtual, e são mais usadas em ambientes imersivos. Resumidamente, elas tentam imitar, o método natural de locomoção do mundo real, e são comuns em videogames e sistemas de entretenimento baseados em locomoção.

O **Direcionamento** refere-se ao controle contínuo da direção do movimento pelo usuário, ou seja, o usuário constantemente especifica a direção da navegação absoluta ou da navegação relativa. Estas técnicas são fáceis de entender e provêm um maior nível de controle para o usuário.

O conjunto de técnicas de **Planejamento de Rotas** permite ao usuário especificar um caminho ou rota através do ambiente, e então se movimentar ao longo do caminho escolhido. Estas técnicas envolvem basicamente dois passos: o usuário planeja e então o sistema executa o planejamento.

Algumas vezes, basta que o usuário especifique o ponto final para onde deseja ir, é o caso das técnicas **Baseadas em Alvo**, que consideram este tipo de requisito para efetuar a manipulação de uma representação em miniatura do usuário (avatar), podendo esta manipulação ser realizada em um mapa 2D ou um 3D.

As técnicas de **Manipulação Manual** usam metáforas de manipulação de objetos baseadas nas mãos para manipular o ponto de visão (*viewpoint*) ao invés de manipular o objeto virtual. Estas podem ser usadas em situações onde ambas as tarefas, de navegação e de manipulação de objetos, são frequentes e intercaladas.

A técnica **Travel-by-Scaling**, que escala o mundo virtual para facilitar a navegação, permite que o usuário mude a escala do mundo, entretanto, pode causar desconforto e, às vezes, necessita de um componente de interface adicional.

Até o momento, o foco das técnicas de navegação apresentadas foi quase que exclusivo em técnicas para a mudança da posição do *viewpoint*, mas a navegação também inclui a tarefa de ajustar a orientação do *viewpoint*. A técnica **Orientação do Viewpoint** trata da orientação que vem do rastreador colocado na cabeça do usuário, um meio natural e direto para especificar a orientação, podendo ser utilizado em ambientes virtuais desktop.

Algumas técnicas têm enfoque na modificação da velocidade da navegação. Para exemplificar, a técnica de **Especificação da Velocidade**, que permite ao usuário controlar a velocidade e adiciona complexidade à interface, diminuindo a precisão de movimentos longos.

Técnicas de interação projetadas especificamente para uso em ambientes desktop usualmente assumem que o usuário tem um *mouse* e um teclado para entrada de dados e, portanto, elas necessitam prover um mapeamento entre a entrada 2D e o movimento da câmera com 6-DOF (*degrees of freedom*, movimentação em todas as 6 direções do espaço 3D), como é o caso do **Controle Integrado da Câmera para Ambientes Desktop 3D**.

2.2.2.3 Controle de Sistemas

Técnicas de interação para controle do sistema servem basicamente para modificar o estado do sistema ou o modo de interação utilizado pelo mesmo. Usualmente, estas ações são realizadas através de comandos disponíveis na interface. Comandos de controle do sistema muitas vezes são integrados com outras tarefas de interação, quando modificam o estado do sistema, ou com todas as outras atividades de interação disponíveis no sistema, quando o usuário os utiliza para controlar o modo de interação a ser utilizado. Um exemplo clássico são comandos acessíveis via menus, como salvar um arquivo, entre outros.

Os elementos para o controle de sistemas em bidimensionais são os seguintes: menus *pull-down* e *pop-up*, *toolboxes*, *palletes*, *radio buttons*, etc. O principal problema reside no fato de que essas interfaces não podem ser mapeadas em um contexto 3D. Para resolver este problema, foram criadas as técnicas de Controle de Sistemas, tais como Menus Gráficos, Comandos de Voz, Comandos de Gestos e Ferramentas.

As técnicas de **Menus Gráficos** fazem uma correspondência entre os menus gráficos 2D para um contexto 3D, e são usadas por causa da familiaridade dos menus.

As técnicas de **Comando de Voz** utilizam pequenos comandos para o sistema, possibilitando comunicações entre usuário e o sistema, contudo, suas limitações são empecilhos para sua ampla aplicabilidade, pois há necessidade de treino prévio e uma grande variedade de tons de voz, além de ruídos no ambiente do usuário.

Comandos de Gestos são técnicas que permitem o uso de gesticulação espontânea, gestos mímicos e simbólicos, bem como linguagem dos sinais e postura. O benefício da técnica está na facilidade de aprendizagem por parte do usuário.

Por fim, a técnica **Ferramentas**, baseia-se no uso de dispositivos familiares ao mundo real para interação com a aplicação. Esta técnica pode fazer uso de objetos físicos com uma representação virtual ou os próprios objetos virtuais.

2.2.2.4 Saída Simbólica

Existem diversas situações onde entrada simbólica em aplicações seria útil, tais como deixar uma carta, uma anotação precisa para o projetista em um passeio arquitetônico, entrar nomes de arquivos para operações de abrir/salvar, adicionar nomes a objetos virtuais, especificar propriedades numéricas (por exemplo, largura e posição) e especificar parâmetros em uma visualização científica.

Estas aplicações podem ser generalizadas em cenários que envolvem mundos virtuais imersivos ou mundos aumentados. Nestes mundos uma técnica comum de entrada de texto/número é demandada (entrada via teclado, por exemplo), e uma entrada de voz somente não seria suficiente para o usuário interagir com o mundo.

Técnicas de entrada simbólica para interfaces 3D são diferentes de técnicas tradicionais (por exemplo, teclado) pelas diferenças inerentes entre interfaces 3D (não desktop) e 2D. Plataformas móveis usam entrada baseada em caneta, na qual o usuário escreve caracteres, símbolos ou outros gestos com uma caneta no dispositivo. Algumas dessas técnicas já foram usadas em interfaces 3D, utilizando este tipo de dispositivo para interação.

As técnicas de Entrada Simbólica são as Baseadas em Teclado, em Caneta, em Gestos e na Fala. As técnicas **Baseadas em Teclado** fazem uso de um teclado físico ou de uma metáfora de um teclado físico no mundo virtual. As técnicas **Baseadas em Caneta**, comumente usadas em dispositivos móveis para simular a escrita ou seleção, utilizam um dispositivo similar a uma caneta.

É natural considerar que as técnicas **Baseadas em Gestos** tirem vantagem da postura, posição, orientação e movimento da mão, uma vez que a interação realizada com as mãos é bastante intuitiva.

As técnicas **Baseadas na Fala** têm um grande número de características desejáveis: permitem ao usuário ficar com as mãos livres, facilitam a identificação do ponto de interesse e permitem diversidade de entradas textuais, sendo completamente naturais e familiares. Um questionamento realizado com frequência no meio científico é: “por que a fala é raramente usada para entrada simbólica?” (SALLNÄS et al, 2000). Um argumento usado há muito tempo é que os sistemas de reconhecimento são ineficientes, imprecisos e requerem treinamento. Ainda assim, por suas potenciais vantagens para interfaces 3D, algumas técnicas são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Técnicas Baseadas na Fala

Técnicas	Características Principais
Reconhecimento da Fala <i>Single-Character</i>	<ul style="list-style-type: none"> • O usuário deve soletrar cada caractere ou símbolo. • Reconhecimento próximo de 100%. • Baixo desempenho. • Cansativo.
Reconhecimento da Fala <i>Whole-Word</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhece palavras ou frases inteiras. • Aumenta o número de erros.
Entrada da Fala <i>Unrecognized</i>	<ul style="list-style-type: none"> • É basicamente “voz digital”. • A anotação de áudio é persistente. • Só pode ser ouvida por outras pessoas.

Fonte: Bastos et al (2006).

2.3 ARQUITETURA DE AMBIENTES VIRTUAIS

Para o pleno funcionamento dos ambientes virtuais alguns recursos necessitam estar alinhados para o objetivo comum. Todavia, estes recursos são pertencentes a dois grupos distintos: Hardware e Software.

Os dispositivos do grupo Hardware variam desde a infraestrutura física do local instalado à dispositivos utilizados na interação com o meio. O grupo Software possui aspectos relacionados a ferramentas de modelagem e administração de hardware. Nas seções seguintes iremos abordar tais aspectos.

2.3.1 Hardware

Segundo Gnecco et al (2007), podemos dividir os itens de hardware de um ambiente de Realidade Virtual e Realidade Aumentada (RA) em:

- **Ambiente Físico:** construção civil, área de interação, iluminação, ar-condicionado, espaço dos usuários, etc.;
- **Dispositivos de Processamento:** responsáveis pela computação, geração de imagens, processamento de entradas, etc.;
- **Dispositivos de Entrada:** responsáveis pelo recebimento das interações dos usuários, como, por exemplo, *mouses*, luvas e câmeras;
- **Dispositivos de Saída:** apresentam as imagens, sons e respostas táteis aos usuários, como exemplo, dispositivos de *force-feedback*, som 3D e de visualização de imagens.

2.3.1.1 Ambiente Físico

O ambiente físico onde o sistema de RV ou RA será instalado deve ser preparado corretamente, de forma que nenhuma limitação do ambiente físico atrapalhe a experiência imersiva do sistema ou seu desenvolvimento.

2.3.1.2 Dispositivos de Processamento

Durante muito tempo usou-se computadores fortemente acoplados para controlar sistemas de RV. Estes computadores tinham foco em aplicações gráficas e eram projetados especificamente para lidar com computação gráfica, com suporte a hardware e arquitetura especializada, como era o caso, por exemplo, dos sistemas da Silicon Graphics, Inc (TEIXEIRA et al, 2007). Na segunda metade da década de 1990, os computadores pessoais passaram a ser suficientemente poderosos para serem usados para aplicações gráficas complexas, especialmente com a disponibilidade de placas de vídeo aceleradoras com suporte a primitivas 3D.

2.3.1.3 Dispositivos de Entrada

Os dispositivos de entrada de dados permitem a movimentação e interação do usuário com o mundo virtual. Neste sentido, sua utilização pode ser intuitiva em diferentes graus, podendo inclusive exigir algum tipo de vestimenta especial.

Dispositivos de Entrada de Dados para sistemas de RV são utilizados para enviar informações sobre ações do usuário para o sistema. Basicamente eles podem ser de dois tipos: de interação ou de rastreamento. Em ambos os casos as ações do usuário são identificadas em um espaço tridimensional. É importante observar que objetos dos ambientes virtuais geralmente podem mover-se com seis graus de liberdade (DOF – *degrees of freedom*), o que implica na possibilidade de três rotações e três translações, como pode ser observado na Figura 1.

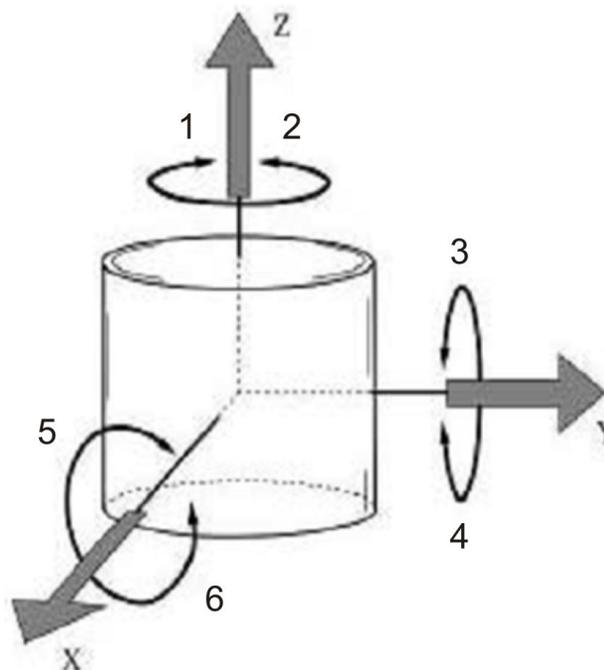


Figura 1 - Seis graus de liberdade nas interações em AV

Dispositivos de interação permitem ao usuário a movimentação e manipulação de objetos no mundo virtual, de forma direta ou indireta. Neste contexto, tais dispositivos conectam ações do usuário com elementos de cena do ambiente virtual. Dispositivos de rastreamento, por sua vez, monitoram movimentos de partes do corpo do usuário, para criar a sensação de presença no mundo virtual. Assim, ao

movimentar-se o usuário tem seu deslocamento reconhecido pelo dispositivo e uma atualização do ambiente virtual é efetuada.

2.3.1.3.1 Dispositivos de Interação

Existem diferentes dispositivos de interação com diferentes finalidades, sendo importante escolher o mais adequado para a aplicação de RV em questão. A escolha do dispositivo de interação leva em conta não apenas a finalidade do sistema, mas também os pacotes computacionais utilizados, como linguagens e *toolkits*, pois a eficiência do sistema vai depender da capacidade destes pacotes em aproveitar as características do dispositivo.

A seguir são apresentados alguns dispositivos de interação utilizados em sistemas de RV. É importante observar que devido ao avanço tecnológico, novos dispositivos são constantemente desenvolvidos com o objetivo de oferecer modos mais intuitivos de interação.

a) Luvas de Dados

Pelo fato do ser humano manipular e interagir com objetos do mundo real utilizando principalmente as mãos, as luvas de dados foram desenvolvidas para reconhecer os movimentos dos dedos de quem à veste e transmiti-los para o sistema de RV/RA. Diversas tecnologias têm sido empregadas nas luvas de dados, sendo o uso de fibra ótica e de sensores mecânicos as mais tradicionais.

Em geral, as luvas de dados contêm sensores adicionais que permitem o rastreamento da mão do usuário. Com estes sensores, além dos movimentos dos dedos, o sistema de RV/RA também recebe a posição espacial da mão no ambiente virtual. Outra funcionalidade que pode estar presente nas luvas são os exoesqueletos com atuadores mecânicos, de pressão ou térmicos. Esses atuadores permitirão à luva funcionar também como um dispositivo de saída, fornecendo sensação tátil, retorno de força ou retorno térmico ao usuário (Figura 2).



Figura 2 – Exemplo de luva de dados para reconhecimento de movimentos

As luvas de dados são utilizadas em sistemas para reconhecer e capturar os movimentos dos dedos da mão do usuário. Na maioria dos equipamentos disponíveis são utilizados sensores mecânicos ou de fibra ótica, sendo que as versões mais populares de luvas de dados utilizam fibra-ótica. Seu uso consiste em um fio de fibra ótica com junções. Quando a junta é movida o cabo dobra-se reduzindo a passagem de luz por ele. Essas variações de luz são resumidas e transmitidas para o computador. Às luvas de dados também pode ser adicionado um sensor de movimentos, neste caso um dispositivo de trajetória permitirá a localização da mão do usuário no espaço através deste sensor (BOTEGA, 2009). O esquema básico deste tipo de luva pode ser visto na Figura 3.

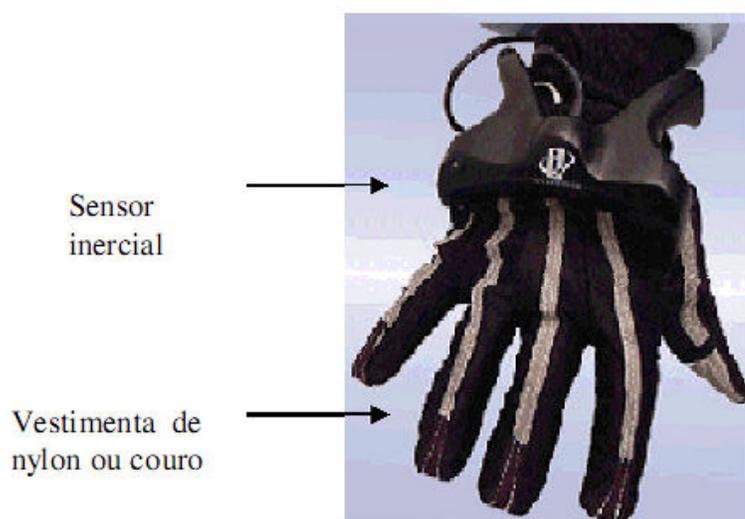


Figura 3 – Elementos de uma luva de dados tradicional

Atualmente existem diversos modelos de luvas disponíveis no mercado de RV, utilizados em sistemas de diferentes finalidades, conforme Figuras 4 e 5.



Figura 4 – Luva digital com rastreamento acústico



Figura 5 – Luva de dados com sensores magnéticos

b) Dispositivos Bidimensionais

Apesar de se deslocarem bidimensionalmente, segundo Emmerik (1990), o *mouse* e o *joystick* podem ser utilizados para interagir em ambientes virtuais. Quando são

modificados para oferecerem características adicionais aos modelos tradicionais, eles passam a ser tratados como dispositivos não-convencionais.

Dentre as principais modificações realizadas pelos fabricantes, encontra-se a adição de retorno de força, tátil ou mesmo térmico. Quando isso ocorre, é comum referir-se a estes dispositivos como sendo de 3DOF, 6DOF, etc., sendo que os graus de liberdade não serão relacionados aos movimentos realizados pelo dispositivo, e sim a soma dos 2DOF, que já possuíam, a cada funcionalidade adicionada a eles. Um exemplo é o joystick para jogos com retorno de força, normalmente descrito como um dispositivo 3DOF.

c) Dispositivos Biológicos e 6DOF

Há uma gama de outros dispositivos de entrada de dados para interação. Os sensores biológicos, por exemplo, podem capturar sinais elétricos musculares ou mesmo comandos de voz do usuário para informar o sistema de RV/RA de alguma ação requerida.

Bolas isométricas, por sua vez, permitem a interação com 6DOF e utilizam a pressão nelas imposta pelos usuários para graduar a interação. Esta pressão, uma vez processada, pode resultar em um deslocamento com velocidade maior ou menor.

Uma categoria especial de dispositivos de interação oferece movimentação com 6DOF e também retorno tátil e de força. Funcionando tanto como dispositivos de entrada e saída, eles têm particular importância em RV/RA por fornecerem a possibilidade de sentir as propriedades de textura e consistência de objetos virtuais. São chamados de dispositivos hápticos e existem em diferentes formatos e tamanhos.

Sensores de entrada biológicos processam atividades chamadas de indiretas, como comando de voz e sinais elétricos musculares. Estudos sobre reconhecimento de voz existem há mais de vinte anos, e em sistemas de RV o reconhecimento de comandos de voz pode facilitar a execução de tarefas no mundo virtual,

principalmente quando as mãos estiverem ocupadas em outra tarefa e não possam acessar o teclado.

Os dispositivos que processam sinais elétricos musculares utilizam eletrodos colocados sobre a pele para detectar a atividade muscular, permitindo ao usuário movimentar-se pelo mundo virtual através de simples movimentos, como o dos olhos, por exemplo.

Dispositivos de interação com 6DOF permitem uma movimentação ampla quando utilizados em sistemas de RV, pois permitem a movimentação em todas as direções do espaço 3D, incluindo movimentos de rotação.

Algumas empresas procuram modificar o projeto do *mouse* padrão para que este possa funcionar com sensores de trajetória de 6DOF ou 3DOF. Esses dispositivos passam então a utilizar dispositivos de rastreamento ultrassônicos ou eletromagnéticos, ficando sua eficiência dependente da qualidade do sistema de rastreamento dos movimentos.

Os dispositivos chamados isométricos, ou bolas isométricas são fáceis de manipular e apresentam uma diferença crucial em relação aos demais dispositivos 6DOF, pois são capazes de medir a quantidade de força aplicada a eles. Costumam constituir-se de uma bola sobre uma plataforma com botões (normalmente um deles é utilizado para reiniciar o sistema) que são configurados via software.

2.3.1.3.2 Dispositivos de Rastreamento

A detecção de movimentação é uma facilidade que tende a tornar mais intuitiva a interação com os ambientes virtuais. Esta tarefa pode ser realizada pelos dispositivos de rastreamento (ou *tracking*) que, conectados a partes do corpo ou objetos reais específicos, informam ao sistema os movimentos realizados, sempre tendo um ponto como referência para calcular o deslocamento ou orientação.

De forma simplificada: existe uma fonte que emite o sinal (que pode estar localizada no dispositivo de interação), um sensor que recebe este sinal e uma caixa controladora que processa o sinal e faz a comunicação com o computador.

Nas técnicas de rastreamento ativo, os sensores são colocados diretamente sobre o objeto de rastreamento. Quando isso ocorre em partes do corpo, o usuário veste uma luva ou uma roupa especial dotada de um ou mais sensores. No rastreamento passivo são utilizadas câmeras ou sensores óticos para capturar os movimentos. Exemplos de dispositivos de rastreamento são os adicionados às luvas de dados, para capturar a posição espacial da mão do usuário e os utilizados na indústria cinematográfica para animação de personagens.

Há quatro principais tecnologias utilizadas no rastreamento: mecânica, magnética, ultrassônica e ótica. Para o rastreamento mecânico é utilizado um conjunto de estruturas cinemáticas capazes de detectar alterações de posição. Suas vantagens residem na baixa latência e imunidade à interferências eletromagnéticas. Por outro lado, costumam sobrecarregar o usuário com engrenagens, tornando-se desconfortáveis ou pesados. O rastreamento magnético, por sua vez, utiliza campos magnéticos produzidos por um emissor para determinar a posição de um receptor em movimento.

Para sistemas de RV, esta posição precisa ser reconhecida em tempo real e sem interferências de outras fontes eletromagnéticas. Em geral, a área de rastreamento depende da potência da fonte emissora que trabalha em conjunto com um sistema triangular de antenas presente no receptor. No sistema de rastreamento por ultrassom são usados sinais ultrassônicos produzidos por um transmissor para determinar a posição em tempo real em função da mudança de posição do receptor.

Sua desvantagem reside na interferência que pode ser causada por ruídos ou barreiras presentes entre o transmissor e o receptor. O sistema ótico é o menos custoso, pois depende de câmeras comuns (inclusive webcam) e de algoritmos que capturem e processem a posição do usuário ou objeto. Este é o sistema de rastreamento utilizado em RA e sua eficiência está relacionada à qualidade das imagens capturadas pela câmera e do algoritmo de reconhecimento de padrões para as imagens capturadas.

2.3.1.4 Dispositivos de Saída

O sentido humano mais estimulado por ambientes de RV e RA é a visão. Nossa percepção tridimensional é gerada a partir de diversas informações recebidas por nossos olhos, combinadas com informações auditivas, que proveem informação espacial. Isso é possível porque esses sistemas utilizam o fato de que cada um dos olhos dos usuários serem afastados um do outro (disparidade binocular), de forma que a imagem de cada olho é ligeiramente diferente da do outro. Estas imagens são combinadas no cérebro e compreendidas com características de profundidade, distância, posição e tamanho. As informações mais importantes são a paralaxe estereoscópica, ou seja, ver perspectivas diferentes com cada um de nossos olhos, e a paralaxe de movimento, que consiste em ver imagens diferentes quando movemos nossas cabeças.

A estereoscopia acrescenta a dimensão de profundidade às telas de projeção dos mundos virtuais e, conseqüentemente, torna-os mais próximos e realistas da forma que os usuários os veem no mundo real no caso de aplicações de RV, permitindo visualizar objetos 3D no mundo real no caso de aplicações de RA. Enquanto a paralaxe de movimento é gerada pelo aplicativo gráfico, a paralaxe estereoscópica (ou simplesmente estereoscopia) requer suporte do sistema projetor para conseguir apresentar uma imagem diferente para cada olho. Na prática, ilude-se o cérebro humano produzindo artificialmente as duas visões, uma para o olho direito e uma para o olho esquerdo.

Existem diversas formas de prover estereoscopia. Na estereoscopia passiva, as imagens do par estéreo são reproduzidas superpondo-se, e utiliza-se algum óculos com um filtro passivo (como polarização da luz, ou separação das cores do espectro) para que cada olho veja apenas uma das imagens.

Na estereoscopia ativa os usuários utilizam óculos obturadores (*shutter glasses*), controlados em geral por sinal infravermelho, trabalhando em sincronia com os projetores ou monitores. As lentes alternam entre dois estados, transparentes ou opacas. Quando o projetor exhibe a imagem esquerda os óculos fecham a passagem de luz para o olho direito, permitindo que a imagem referente ao olho esquerdo seja somente captada por ele, e vice versa.

Auto-estereoscopia significa obter visão estereoscópica sem a necessidade de nenhum dispositivo ligado ao corpo do usuário, como óculos ou capacetes. Existem vários sistemas auto-estereoscópicos disponíveis no mercado, entretanto os principais fatores limitantes desta tecnologia são o custo e a quantidade de usuários que podem visualizar a projeção ao mesmo tempo, além do tamanho da tela. Os monitores com auto-estereoscopia baseiam-se em áreas de visualização em que o usuário deve permanecer, que fazem com que uma imagem seja visível para o olho direito e outra para o esquerdo.

Existem diversos modelos de monitores de plasma e LCD disponíveis e com boa qualidade, porém o seu tamanho ainda não é suficiente para ambientes imersivos (aplicações de RV), podendo ser compostos em *video-walls* para grandes ambientes. Sua limitação principal é não suportar estéreo passivo, e raramente terem uma taxa de *refresh* alta o suficiente para estéreo ativo. Por outro lado, são mais simples de se instalar do que projetores e podem ser utilizados para a maioria das aplicações de RA.

Projetores de boa qualidade são hoje fáceis de encontrar. Os mais comuns usam tecnologia digital - DLP (*Digital Light Processing*) compostos de micro-espelhos que modulam a luz. Os mais caros usam tecnologia CRT (*Cathode Ray Tubes*), a mesma de televisores e monitores convencionais, sendo sua vantagem ter uma varredura rápida e suportar resoluções maiores, apesar de serem maiores e mais caros que projetores DLP.

A qualidade da projeção também depende das telas: elas devem ser de um material de cor uniforme, de preferência branca ou clara (prateada ou metalizada). As mais simples são as de acionamento manual, que permitem a fixação do estojo metálico na parede ou no teto, e também permitem o ajuste da altura desejada com múltiplos pontos de parada. As telas especiais com superfícies lenticulares proporcionam ganho na luminosidade da imagem, gerando então uma projeção ótima, mesmo mantendo-se a iluminação do ambiente. No caso em que se utiliza projeção com estereoscopia passiva por polarização, ainda, é necessário utilizar telas especiais que não alterem a polarização da luz nelas projetadas.

Enquanto a visão oferece aos usuários uma percepção do espaço visual à sua frente em um ângulo máximo de 180°, a audição lhes permite obter informações do ambiente em 360°, além de alguma informação de altura relativa. Tanto a visão quanto a audição compartilham o mesmo objetivo numa simulação, que é o de enganar o cérebro, já que em um sistema de som 3D perfeito não é possível diferenciar realidade e simulação. Quando o cérebro recebe o som vindo de qualquer direção, ele processa as características deste som a fim de determinar e/ou localizar a fonte sonora. A localização espacial é que dá ao som o aspecto tridimensional, sendo por isso conhecido como som 3D ou som espacial.

O som pode agregar diversas informações, como, por exemplo, distância do objeto (pelo volume da emissão), localização do objeto (pela diferença do som recebido pelos dois ouvidos), tipo de objeto (pelo timbre do som) e tamanho do ambiente (pela sua característica de reverberação). Assim, estimular a audição nas simulações de RV pode aumentar a percepção do ambiente virtual bem como a imersão. A presença de sons nos ambientes virtuais faz com que o realismo do ambiente seja maior, principalmente com som 3D que conta com características como posicionamento, reflexão/absorção e geradores sonoros móveis (cálculo do efeito Doppler). Os sons podem ser gerados em alto-falantes ou fones de ouvido, fazendo parte ou não de capacetes.

Apesar de poder existir, em um ambiente virtual, diversas fontes sonoras, os seres humanos concentram-se em apenas uma fonte de cada vez, dentro de um conjunto limitado de estímulos gerados de maior importância, para as quais a atenção do usuário é desviada. Por isso, para criar ambientes virtuais próximos dos reais é necessário o posicionamento das fontes de som, com as devidas características no espaço 3D.

2.3.2 Software

Existe uma grande gama de software disponível para a confecção, processamento e síntese de ambientes virtuais. Esta seção apresenta uma visão geral dos gêneros de software existentes, sem detalhar as particulares implementações. Ferramentas de

Modelagem (VRML, X3D); *Engines* Gráficos; Framework para RV e RA; Administração de Hardware.

2.3.2.1 Ferramentas de Modelagem

A criação de um mundo virtual requer a modelagem da cena: o ambiente virtual, os personagens, os objetos etc. Para fazer essa modelagem, usa-se programas de modelagem, capazes de manipular a geometria, texturas e preparar animações dos objetos.

2.3.2.2 Engines Gráficos

A síntese de imagens de um aplicativo de RV ou RA é coordenada pelo *engine* (motor) gráfico. Apesar de *engines* gráficos tentarem ser genéricos, o gênero de aplicativo pode influenciar na escolha do *engine*; jogos costumam ter requerimentos de recursos e desempenho bastante diferentes de aplicativos científicos de visualização de dados, por exemplo.

2.3.2.3 Framework

Com a popularização de aplicativos de RV e RA, frameworks específicos começaram a ser desenvolvidos. Esses frameworks apresentam funcionalidades específicas para cada tipo de aplicativo.

2.3.2.4 Administração de Hardware

Sistemas de Realidade Virtual podem se tornar complexo e sua administração deve ser reduzida ao mínimo. No mercado praticamente não existem softwares que suportem uma vasta gama de dispositivos para RV. Geralmente, utiliza-se o próprio software do fabricante ou constrói-se o mesmo no próprio laboratório, conforme os recursos humanos e de hardware disponíveis. O ideal é automatizar todo o possível:

2.3.3 Interfaces Multimodais

A percepção dos humanos de seu ambiente dá-se por meio dos cinco sentidos: visão, audição, tato, paladar e olfato. Esses sentidos, utilizados de maneira isolada ou combinada, constituem uma rede sensorial que permite ao cérebro obter todo tipo de informação necessária para a interação com o mundo exterior. Da mesma forma, a comunicação entre humanos vale-se desses mecanismos para capturar, processar e trocar informação, seja ela por meio da fala, gestos, expressões faciais, entre outros.

Os humanos durante uma conversa, por exemplo, gesticulam, apontam para objetos, demonstram emoções e sentimentos, tudo ao mesmo tempo, esse tipo de comunicação é naturalmente multissensorial. A interação envolve não apenas componentes linguísticos ou provenientes de um único canal sensorial, mas sim de múltiplos, simultaneamente. Seria ideal, portanto, que pudéssemos fazer uso de todo esse aparato físico/biológico e do caráter multissensorial da comunicação humana também para nos comunicar com as máquinas.

Entretanto, segundo Inácio Jr., (2007), no estágio atual da tecnologia, existe ainda uma enorme distância entre a interação humano-computador e a interação humano-humano, sendo que um dos grandes desafios de áreas como IHC (Interface Humano-Computador) e IA (Inteligência Artificial) é tornar essa comunicação o mais próxima possível da comunicação humano-humano.

Até poucos anos atrás, o computador era visto como uma ferramenta passiva que realizava tarefas e cujo objetivo aparentemente era ser um escravo digital sob o comando humano. Atualmente, este paradigma está sendo reavaliado, tornando o computador um meio interativo, onde o humano não só emite como também recebe estímulos da máquina.

A Figura 6 ilustra uma interação entre o humano e a máquina, onde o gesto produzido refletirá em uma ação do computador, no caso da figura, uma manipulação espacial de imagens na tela. Logo, o usuário tende a aguardar o resultado da manipulação, este estímulo resultará em novas interações e assim sucessivamente, à critério do utilizador.



Figura 6 – Interação com o ambiente através de gestos, cenas do filme Minority Report

2.4 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

As áreas de Computação Gráfica e Processamento de Imagens podem ser representadas a partir do processo utilizado, em ambos, para extrair ou entender de forma clara imagens, fazendo uso dos sinais obtidos nestes processos. Cada um ao seu modo, mas com o objetivo comum da informação (GONZALEZ e WOODS, 2000).

Processamento de Imagens (PI) pode ser conceituado como a transformação de imagens digitais para imagens digitais com dados compreensíveis ao humano ou o melhoramento visual destes dados. Contudo, os estudos de Processamento de Imagens estão relacionados a basicamente duas aplicações, sendo a primeira a melhoria de imagem, com o intuito de facilitar a visualização das informações para interpretação humana. O segundo foco de aplicação fundamenta-se na automação do reconhecimento de informações contidas nas imagens digitais.

Um exemplo de aplicação do Processamento de Imagens para se obter melhoria em imagens digitais está na restauração de imagens com ruído ou mesmo com informações deturpadas. Como exemplo de reconhecimento de padrões pode ser mencionado à identificação de pessoas, objeto e/ou eventos contidos nas imagens. Em alguns casos, ambas as aplicações se complementam, principalmente, quando se faz necessário o uso de melhoria da imagem para que posteriormente seja realizado o reconhecimento ou extração de sinais (informações).

Neste projeto, da área de Processamento de Imagens, as duas principais vertentes são aplicadas de modo complementar. Os sinais recebidos como entradas visuais são processados para melhoramentos e robustez, para que em uma etapa posterior seja aplicada o rastreamento da posição do sinal (ver 4.1.2.2).

Para entendimento dos recursos utilizados para realizar o projeto, um conhecimento básico dos componentes de um sistema de Processamento de Imagens é necessário. Os principais componentes do sistema podem ser classificados em: aquisição de imagens, armazenamento, processamento, comunicação, exibição de imagens.

Para aquisição de imagens digitais são necessários dois elementos básicos: dispositivo físico, que é sensível à energia irradiada pelo objeto a ser capturado e o digitalizador, que converte a saída do dispositivo físico em formato digital.

Após ser adquirida (capturada) a imagem deve ser registrada em algum tipo de memória. Podendo este armazenamento ser realizado temporariamente (no processamento), on-line (retirada rápida) e permanente, onde necessita de maior poder de armazenamento.

O processamento é variável, de acordo com a aplicação, pois pode ser realizado por um computador de pequeno/médio porte ou até por grandes sistemas especializados. Entretanto, a forma de realizar o processamento é basicamente a mesma independente de tamanho, ou seja, a maioria das funções de processamento podem ser implementadas em software.

A comunicação é o modo de entrelaçar os componentes ou sistemas. Atualmente, é considerada uma função padrão em qualquer sistema de computador, em redes

locais não existem tantos problemas, contudo, na comunicação remota (internet) nem sempre são tão eficientes.

Por fim, a exibição é forma como os resultados são apresentados. Nos dias atuais existem inúmeras formas de exibição, variando de uma simples TV ou monitor à óculos estéreo especiais.

2.4.1 Representação das imagens digitais

Quando uma cena é captura por um sensor de aquisição, sua representação é transformada e quantificada em uma matriz de números reais, conforme Figura 7.

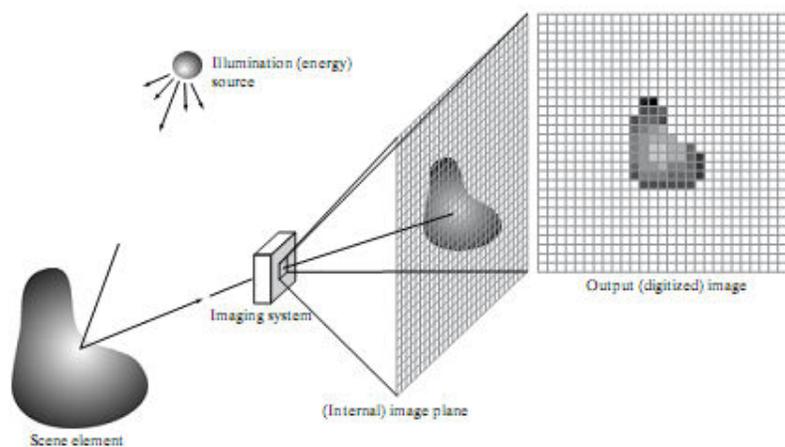


Figura 7 – Exemplo de Aquisição de Imagens

Assumindo que uma imagem digital é função discreta $f(x, y)$, temos como resultado M linhas e N colunas (Figura 8), sendo o valor da coordenada (x, y) a representação numérica da cor correspondente a este pixel. Onde o primeiro pixel é, portanto, a coordenada $(0, 0)$, conforme indicado na Figura 8.

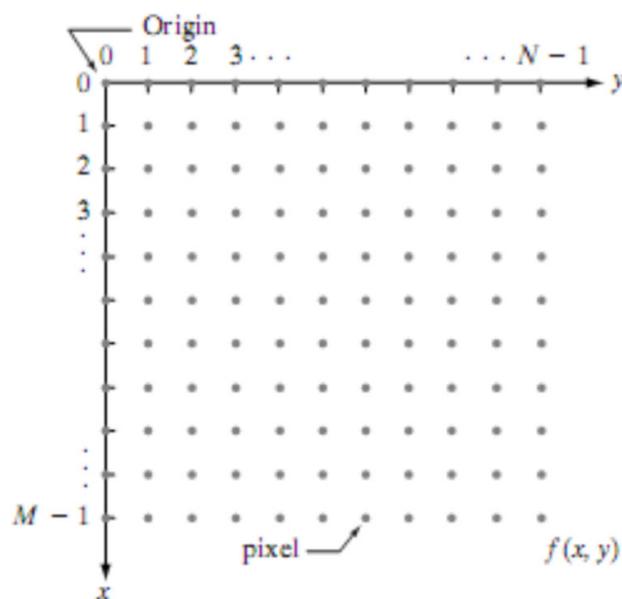


Figura 8 – Matriz de Coordenadas de uma imagem

Esta notação permite representar genericamente qualquer imagem bidimensional. Salientado que cada pixel de uma imagem corresponde a uma cor, onde imagens coloridas possuem em cada pixel um vetor de três valores (RGB / CMY), imagens em escalas de tons cinza possui uma variação de 0 à 255 em cada pixel, por fim, imagens binárias possuem valores entre 0 e 1 por pixel.

2.4.2 Segmentação

Para facilitar a extração e análise das imagens em sistemas computacionais a segmentação torna-se uma ferramenta eficaz, pois tem enfoque no conhecimento do problema, isto é, dada uma imagem de entrada, as informações lá contidas devem ser tratadas.

A etapa de segmentação de imagens está presente na maioria dos projetos de processamento de imagens, na qual é definida a existência, a localização e os tipos de estruturas procuradas. Pela grande variedade de “primitivas” ou “segmentos significativos”, que contêm as informações semânticas e pelas inúmeras aplicações a etapa de segmentação talvez seja um dos maiores desafios da área de processamento e análise de imagens.

Neste trabalho, em especial, a segmentação é crucial para conseguir receber dados da interação do usuário, através de *frames*. Por se tratar de um assunto amplo e relativamente complexo, apenas conceitos essenciais para o entendimento do projeto serão percorridos nesta seção.

Algoritmos de segmentação de imagens são, geralmente, baseados em duas propriedades básicas: descontinuidade e similaridade. Na primeira categoria, a busca é por mudanças bruscas de intensidade (contraste), na segunda, o que se busca é padrão ou similaridade entre partes da imagem, de acordo com critérios pré-definidos.

Uma região pode ser definida como sendo um conjunto de pontos que respeitam um mesmo predicado de homogeneidade. Assim, deve sempre existir pelo menos um caminho inteiramente contido nessa região ligando dois pontos.

2.4.2.1 Detecção de Descontinuidades

Descontinuidade é uma mudança brusca do nível de cinza entre duas regiões relativamente homogêneas. A segmentação por detecção de descontinuidade consiste, portanto, em localizar pontos nessas mudanças bruscas de níveis de cinza.

A literatura (GONZALEZ e WOODS, 2000; NIBLACK, 1986) adota três tipos principais de abordagem de descontinuidades: pontos, linhas e bordas. Uma maneira de procurar descontinuidades é através da varredura de uma imagem por uma máscara.

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Máscara 3x3

Figura 9 – Máscara de varredura de tamanho 3x3

A Figura 9 apresenta uma máscara de tamanho 3x3, onde cada ponto é representado por w_i que será aplicado a uma região de mesmo tamanho na imagem original, isto é, z_i é o nível de cinza do pixel associado com o coeficiente w_i da máscara. Logo, esta região pode ser representada por R , sendo este o somatório dos produtos de cada pixel da máscara (w_i) pela intensidade de cinza do ponto respectivo da imagem (z_i):

$$R = \sum_{i=1}^9 w_i z_i .$$

Para exemplificar, para detecção dos pontos de uma imagem em tons de cinza, assume T como um valor limiar (entre 0 e 255), logo se $|R| > T$ o ponto é detectado. Neste procedimento é medida a diferença ponderada entre o ponto central e seus vizinhos.

2.4.2.2 Detecções de Similaridades

A proposta básica da detecção por similaridade está na binarização da imagem. A limiarização consiste em definir um ponto que seja divisor entre o fundo da imagem (*background*) e o ponto de interesse (*foreground*). Supondo uma imagem $f(x, y)$ em tons de cinza, T sendo o *threshold* (limiar) que separa as duas regiões, temos:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) > T , \\ 0, & \text{se } f(x, y) \leq T . \end{cases}$$

Contudo, esta normalização pode tornar-se custosa quando não se conhece a imagem, podendo este T ser definido diversas vezes até se chegar o mais próximo possível do que se almeja.

2.4.2.2.1 Binarização Global

Na binarização global busca-se um único valor de limiar para toda a imagem. Assim, seja T o valor de limiar, para cada pixel $P(x,y)$. Portanto, um algoritmo para estimar o T apropriado é:

1. Selecionar uma estimativa inicial para T
2. Segmentar a imagem usando T
 Isso irá produzir dois grupos de pixels:
 G_1 - todos os pixels com os níveis de cinza $< T$
 G_2 - todos os pixels com os níveis de cinza $\geq T$
3. Para cada grupo calcule o nível de cinza médio (μ_1 e μ_2)
4. Calcule o novo limiar
 $T = (\mu_1 + \mu_2) / 2$
5. Repita os passos de 2 a 4 até que a diferença entre sucessivos T 's seja menor do que um parâmetro T_0

A limiarização apresenta a desvantagem de nem sempre as imagens conterem intensidades de primeiro e segundo planos bem diferenciados. A maioria das técnicas buscam segmentar a imagem em duas classes, maximizando a variância inter-classes e minimizando a variância intra-classes. Isto se faz, empregando funções específicas para cada abordagem (OTSU, 1979).

2.4.2.2.2 Binarização Local Adaptativa

Segundo Sauvola e Pietikainen (2000), devido à dificuldade em selecionar um limiar global, definir valores diferentes de limiar para regiões diferentes da imagem provou ser uma abordagem interessante. Este tipo de binarização é chamado de binarização adaptativa ou local. O problema principal deste tipo de abordagem é a escolha do tamanho da janela para a definição do limiar local. A janela é importante, pois define o tamanho da região para estimar o limiar.

2.4.2.2.3 Limiarização Global Ótima

De acordo Gonzalez e Woods (2000), no cenário hipotético em que uma imagem possua uma região clara e outra região escura, a escolha da limiarização global

ótima é satisfatória, pois esta considera o histograma (função discreta $h(r_k) = n_k$, onde r_k é o k -ésimo nível de cinza, e n_k é o número total de pixel com nível de cinza k) da imagem como uma estimativa da função de probabilidade do brilho $P(x)$.

Contudo, o objetivo é encontrar o limiar T cujo erro seja mínimo. Logo, o limiar global ótimo é aquele que a probabilidade total do erro seja mais próxima de 0. Portanto, o limiar ótimo é expresso por:

$$T = \frac{\bar{u}_1 + \bar{u}_2}{2} + \frac{s^2}{\bar{u}_1 + \bar{u}_2} \ln \left(\frac{(P(x_1)=K_0)}{(P(x_2)=K_1)} \right)$$

Onde $\bar{u}_1 + \bar{u}_2$ representa o somatório das médias dos pixels das duas regiões (*foreground* e *background*) e s o desvio padrão dos nível de cinza da imagem referência.

CAPÍTULO 3

3 ARQUEOLOGIA E O CAAPA

A Arqueologia analisa a diversidade entre as sociedades que utilizaram o meio ambiente das formas mais diversificadas. Logo este capítulo aborda a fundamentação teórica desta área do conhecimento, adentrando nos aspectos tradicionais e contemporâneos da mesma. As diretrizes organizacionais do Centro de Antropologia e Arqueologia de Paulo Afonso – CAAPA são apresentadas e discutidas, bem como os procedimentos adotados para as prospecções.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A relação entre a tradição e a modernidade está sendo assunto central de debates científicos, onde consideramos que ambos os lados, fundamentalmente, fomentam a formação intelectual dos indivíduos.

Este trabalho intenta enraizar a relação entre as novas tecnologias de interação multimodais com os estudos já reconhecidamente aceitos da Antropologia. Para tanto, a experimentação das hipóteses deste projeto foi posta à prova com a implantação do protótipo no Centro de Antropologia e Arqueologia de Paulo Afonso-BA (CAAPA).

Logo, é cabível neste momento uma breve descrição do ambiente supracitado e posteriormente aprofundado na Seção 3.2. Sendo assim, o CAAPA é um núcleo avançado de pesquisa, institucionalmente ligado à Universidade do Estado da Bahia (UNEB), geograficamente localizado no município de Paulo Afonso-BA. O objetivo do Centro é o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, sobretudo ligadas à Antropologia e Arqueologia.

Possuindo como premissa básica a produção de resultados e o retorno destes à sociedade, podemos inferir que seria igualmente interessante se aproximássemos a comunicação utilizada na interação entre humanos, considerada multimodal por utilizar diversos meios sensoriais, na comunicação entre os humanos e as

máquinas, mais ainda se este processo comunicacional tiver a finalidade de disseminar resultados científicos.

3.2 CAAPA - CENTRO DE ANTROPOLOGIA E ARQUEOLOGIA DE PAULO AFONSO

Por meio do apoio constante da CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco), atualmente, as instalações do CAAPA estão situadas nos limites internos da própria companhia. Possuindo Laboratórios de Análise, dormitórios (para pesquisadores), Centro de Exposição e Arquivo de Registro.

Este centro foi idealizado para fomentar a pesquisa arqueológica na região onde atualmente está sediado e servir de meio resgatador da cultura histórica e pré-histórica nacional. Deste modo, o centro cerca-se de artifícios para que os resultados das prospecções arqueológicas sejam disseminados à sociedade.

Esta premissa dá sustentabilidade às narrativas de Azevedo Netto (2005) e Bastos (2006) que são defensores de que a comunicação de resultados patrimoniais científicos implica no que tem sido chamado, por alguns, arqueólogos de Arqueologia Pública, ou seja, o retorno das pesquisas arqueológicas à comunidade.

3.2.1 Estado da Arte da Arqueologia

A importância da Arqueologia no mundo contemporâneo é relevante, já que ela é capaz de constatar empiricamente a diversidade entre as sociedades que utilizaram o meio ambiente das formas mais diversificadas, de modo a garantir a sobrevivência de seus modos de vida e culturais, de maneira a inferirmos e interpretarmos as lógicas que regem seus mais variados universos: simbólicos, ritualísticos, culturais, da arte, da política, da economia, entre outros.

Muitos confundem a Arqueologia como uma ramificação da História, entretanto este tipo de definição não é aceito pelos cientistas, que aproximam a disciplina muito mais da teoria e método da Antropologia, que por sua vez, é o estudo do homem, de modo geral. Neste caso, podemos considerar que a Arqueologia é o tempo passado

da Antropologia, estudando o comportamento cultural pretérito, por meio dos restos materiais: construções, marcas no solo, sepultamentos, artefatos, restos faunísticos, fogueiras, entre as demais.

3.2.1.1 Arqueologia Regional Nordestina

O início da pesquisa arqueológica científica no Brasil aconteceu somente na década de 1940 e 50, nas regiões Sul, Sudeste e Amazônia, enquanto no Nordeste somente na década de 60. Todavia, há esporádicos trabalhos na região nordestina antes dos anos sessenta, como exemplo os de Carlos Ott e L.F. Clerot (MARTIN, 1996).

Nos anos 30, Carlos Estevão desenvolveu pesquisas arqueológicas e etnográficas com os índios *Pankararu* no vale do São Francisco, no lado pernambucano, embora também tenha realizado trabalhos na Amazônia e Bahia. Segundo Martin (1996), foi considerado o primeiro pesquisador em Pernambuco a aplicar critérios científicos em seus trabalhos arqueológicos e o primeiro a escavar o importante sítio arqueológico Gruta do Padre, localizado em Petrolândia – PE.

A partir da década de 1970, a pesquisa arqueológica no Nordeste começou a ganhar novos impulsos e novos pesquisadores vieram para a região. Várias instituições foram criadas: o Programa de Pós-graduação em História da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), com seus laboratórios de arqueologia pré-histórica e histórica; a Fundação Museu do Homem Americano (FUNDAHAM); Museu de Arqueologia da Universidade Católica de Pernambuco, entre outras.

Essas instituições estão atualmente mudando o panorama e consolidando a Arqueologia na região, mesmo existindo ainda muitos locais que não foram explorados arqueologicamente.

3.2.1.1.1 Breve Histórico das Pesquisas no Baixo São Francisco

Há aproximadamente vinte anos tem sido desenvolvida pesquisa sistemática em arqueologia e antropologia na região do Baixo São Francisco pela equipe científica

do Museu de Arqueologia de Xingó, ligado a UFS (Universidade Federal de Sergipe). Entretanto, apesar do intenso trabalho, menos de 25% da área foi coberta e sistematicamente estudada.

Contando com o apoio da PETROBRAS, o Projeto Arqueológico de Xingó (PAX) definiu novas metas e áreas de pesquisa para atuação, visando uma compreensão da organização social e da vida cotidiana dos grupos humanos pré-históricos estabelecidos em todo o Baixo São Francisco, ou seja, desde a Usina Hidroelétrica de Paulo Afonso IV até a Usina Hidroelétrica de Xingó e desta até a foz, e suas interações com esse meio geográfico regional.

Atualmente, com os dados disponíveis, podem-se inferir alguns aspectos dos grupos pré-históricos viventes no Baixo São Francisco, a saber:

- Evidência clara de que a região e cada sítio arqueológico foi explorado por grupos *caçadores-coletores* e ceramistas em distintas e bem delimitadas faixas cronológicas;
- Intensa e ininterrupta ocupação da região por grupos humanos pré-históricos num período de 8950 a 1280 AP (antes do presente);
- Presença clara de duas distintas indústrias líticas (lascada e polida) que não estão filiadas às tradições culturais do Nordeste;
- Presença de culturas ceramistas filiadas às tradições Tupiguarani e Aratu, bem como de outras não associadas a nenhuma tradição cultural;
- Diversidade de formas de enterramentos humanos, independente de suas faixas etárias, e presença de rituais funerários altamente complexos;
- Maior número de esqueletos humanos encontrados em único sítio arqueológico do Nordeste, o Justino, com cerca de 200 indivíduos dos sexos masculino e feminino, em várias faixas etárias.

3.2.2 Manipulação e Preservação

O estudo da arqueologia no Nordeste do Brasil é fundamental para o entendimento da ocupação humana pré-histórica da América do Sul (GUIDON et al, 1998). A expressiva diversidade cultural dos grupos humanos que ocuparam essa área há milhares de anos, são fatores que definem a importância destes grupos no Nordeste como elementos constitutivos da identidade regional. Preservar o patrimônio antropológico implica na preservação da história humana.

Contrastando com o rico patrimônio arqueológico, está o reconhecimento do valor histórico-cultural deste patrimônio, por parte da sociedade civil, que carente de informação, acaba por contribuir para a destruição de sítios arqueológicos. A falta de consciência de que determinados elementos presentes em sua vida cotidiana constituem-se de bens culturais de real importância como bens da humanidade, a exploração com fins econômicos de determinada, sem o levantamento arqueológico necessário e a ação criminosa de vandalismo, podem levar a destruição de sítios arqueológicos de grande potencial, nesse sentido a proteção por parte da entidade estatal destes locais faz-se essencial.

Estes aspectos são mais relevantes, quando se trata de materiais que sofrem as ações da natureza, mesmo àqueles artefatos já coletados e armazenados em laboratórios necessitam de cuidados ao ser manuseados. Logo, apenas um grupo restrito de indivíduos possui acesso direto a estes. A análise mais criteriosa das obras torna-se uma tarefa imprópria para a maioria dos visitantes dos centros históricos.

Ainda sim, a exposição do acervo coletado se faz necessária, pois esta é a essência das prospecções, isto é, retornar à comunidade o conhecimento adquirido nas pesquisas. Todavia, tradicionalmente, as exposições nos centros culturais restringem a manipulação do acervo por parte dos visitantes, nestes casos os visitantes tornam-se meros espectadores dos resultados.

3.2.3 Acervo Arqueológico do CAAPA

O acervo que dispõe o CAAPA atualmente é analisado de duas formas: da cultura material e do sítio de arte rupestre.

No entanto, podemos categorizar a cultura material como a coleta de artefatos remanescente de civilizações pretéritas, como urnas funerárias, telhas, vasos, amoladores, lanças, entre outros. Estes, por sua vez, podem ser classificados de acordo com o material utilizado em sua composição, sendo na maior parte das peças encontradas, material cerâmico e lítico.

Inicialmente, algumas obras do acervo físico disponível na entidade foram utilizadas como amostragem para produção de modelos virtuais. Estes vestígios obedeceram à ordem de prioridade estabelecida pelos arqueólogos responsáveis pelo acervo.



Figura 10 – Acervo do Centro de Arqueologia e Antropologia de Paulo Afonso

3.2.3.1 Análise da Cultura Material

O estudo da cultura material é de real importância para que se tenha um conhecimento acurado de como viveram ou mesmo pensaram grupos pré-históricos ágrafos. Ela, de certo modo, foi responsável pela transmissão e preservação do conhecimento e mesmo da orientação das pessoas dentro de seu ambiente social e natural em uma sociedade onde a escrita ainda não existia.

Deste modo, podemos afirmar que toda sociedade produz objetos físicos que cooperam tanto em sua sobrevivência quanto a compreender o mundo em que vive, isto é, a cultura material tem não apenas uma função utilitária, mas é um modo de comunicação entre membros de uma mesma cultura, um meio de transmitir mensagens sobre si mesmas e de dar sentido as coisas que estão ao seu redor.

Assim, além de seus aspectos utilitários esta assume um papel relevante no universo simbólico destes grupos, adquirindo um lugar ativo nas relações dos homens entre si, destes com seus meios naturais e sobrenaturais (VERGNE, 2007).

Igualmente, a cultura material acaba por se tornar um veículo de construção da alteridade destas sociedades e, portanto, expressando seus modos de pensar, de agir e viver.

O trabalho do antropólogo e do arqueólogo é buscar a interpretação desta cultura material, partindo do pressuposto, que por ser uma exteriorização das ideias ela pode ser decodificada e, posteriormente, interpretada segundo o contexto cultural em que se inserem.

Existem muitos meios para se atingir esta decodificação e interpretação dos vestígios materiais humanos, cada um segundo aspectos teóricos e metodológicos singulares dentro de diversas abordagens que não são necessárias para o momento. Cabe destacar que seu estudo poderá fornecer dados relevantes à interpretação de gênero, de idade, dos modos de produção, do universo simbólico, das relações sociais, do modo de vida e, principalmente, do comportamento e cultura.

3.2.3.1.1 Material Lítico

No processo seguinte à retirada de campo do material lítico, já devidamente identificado por etiquetas de procedências (número de registro geral, seguido da localização espacial horizontal e vertical), as peças são lavadas e, em seguida, registradas com auxílio de nanquim e esmalte o seu número de identificação. As etiquetas são arquivadas e catalogadas no caderno de registro, onde se pode

observar além do número de registro geral a matéria prima, tipologia e localização espacial.

O material, assim, é passado por uma série de triagens, de forma que todos os itens possam ser analisados em seus atributos individuais da mesma forma que comparados entre si, compreendendo as relações que apresentaram entre eles, ao mesmo tempo em que os resultados entre os diversos conjuntos líticos também possam ser relacionados.

3.2.3.1.2 Material Cerâmico

Como nos procedimentos do material lítico, os vestígios cerâmicos são devidamente etiquetados em campo e, em laboratório, são tombados com seu número de registro geral.

Os procedimentos de análise dos vestígios cerâmicos seguirão aqueles já enraizados nas práticas laboratoriais da arqueologia brasileira, tendo como intenção primeira a compreensão das técnicas de manufatura do grupo humano para a elaboração de seus utensílios cerâmicos, bem como o seu uso social.

3.2.4 Exposição Arqueológica

A região do Baixo São Francisco é um importante ponto geográfico, por suas formações rochosas e seus aspectos culturais. Para que a comunidade ribeirinha tenha acesso ao conhecimento histórico regional são necessárias exposições públicas do material coletado. No entanto, mesmo aqueles materiais que não puderam ser extraídos fisicamente, servem para estimular a imaginação e curiosidade dos visitantes.

Atualmente, no CAAPA, a exposição ainda encontra-se em um estágio preparatório. A Figura 11 apresenta o ambiente atual da exposição, contudo, vale salientar, que este não expressa o cenário ideal da exposição.



Figura 11 – Exposição do Acervo do Centro de Arqueologia e Antropologia de Paulo Afonso

O ambiente ilustrado na Figura 11 remete o cenário real onde o acervo arqueológico estava sendo apresentado aos visitantes do centro.

Em análises empíricas foi possível observar que os visitantes, menos conectados com a importância social e que muitas vezes são meros curiosos, manipulam os artefatos da exposição, em alguns casos esbarrando nos alicerces de sustentação que vibram aumentando o risco de dano à peça.

CAPÍTULO 4

4 CAAPA VIRTUAL

Este capítulo aborda os aspectos do projeto intitulado de Caapa Virtual, contendo uma apresentação da arquitetura modularizada, modelo de aquisição e digitalização de coletâneas, sistema de catalogação, visualização interativa e a estrutura desenvolvida, bem como os procedimentos adotados.

4.1 PROJETO DESENVOLVIDO

No desenvolvimento deste trabalho o meio arqueológico teve enfoque singular, sendo esta a área escolhida para aplicação do projeto desenvolvido. Logo, o projeto teve como alicerce a construção de ambientes virtuais interativos para exposição de resultados de prospecções arqueológicas. O que pode ser considerado uma mudança do paradigma de museu virtual 3D para museu virtual 3I (Interativo, Imersivo e Itinerante) (VAZ *et al*, 2010).

O projeto atual foi arquitetado em três camadas para que assim fosse aplicado em diversos momentos e por diferentes níveis hierárquicos e suas respectivas especialidades. Logo, o protótipo foi segmentado conforme indicado na Figura 12.

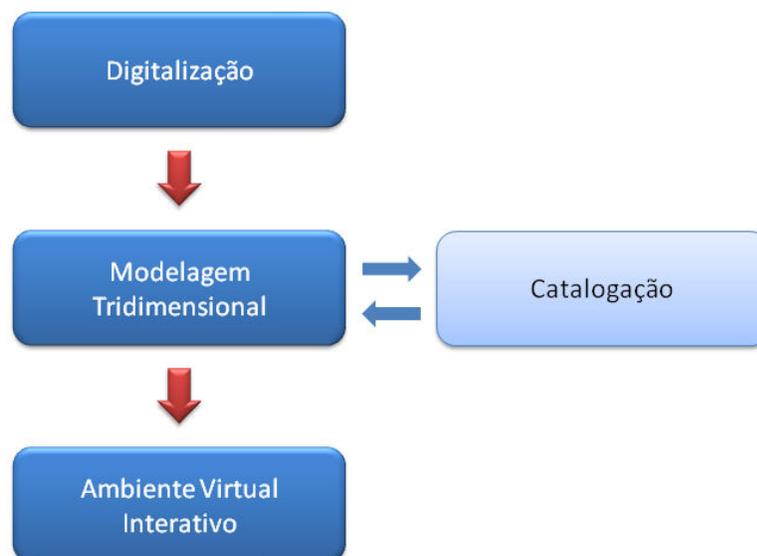


Figura 12 – Plataforma modular do projeto desenvolvido

Fundamentando-se na plataforma apresentada, o módulo inicial denominado de Digitalização, é onde o responsável pelo acervo ou aquele que possui autorização para manipulação direta dos objetos deve posicioná-lo no dispositivo desenvolvido (ver Seção 4.1.1) com a finalidade de digitalizar o artefato enfocado.

No processo seguinte, um *plugin* desenvolvido para a criação e visualização do modelo 360° é utilizado (ver Seção 4.1.2). Nesta etapa o usuário tem a possibilidade de catalogar o material, o que neste contexto refere-se ao adicionamento de informações acerca do modelo, por exemplo: *sitio*, *espessura*, *largura*, *sinais_desgaste*, *materia_prima*, etc.

A terceira camada da arquitetura é centrada no ambiente virtual, que é ajustado para que os componentes tenham uma maior eficiência possível. Consideramos ser esta camada a mais significativa para os resultados, pois neste momento sensores e atuadores são dispersos estrategicamente e experimentados exaustivamente a fim de que o rastreamento do usuário e os dispositivos de apresentação sejam precisos, sem perder a característica de interatividade. Isto é, o ambiente virtual é que faz a interface final do usuário com as camadas superiores.

Observa-se que apesar da possibilidade de produção paralela a arquitetura fornece uma plataforma linear, onde as camadas inferiores sofrem dependência das

superiores. Isto é, somente após a digitalização o modelo será gerado e catalogado para que, posteriormente, seja possível expô-lo no ambiente virtual interativo.

A Figura 13 apresenta a estrutura adotada para composição das camadas da arquitetura proposta.

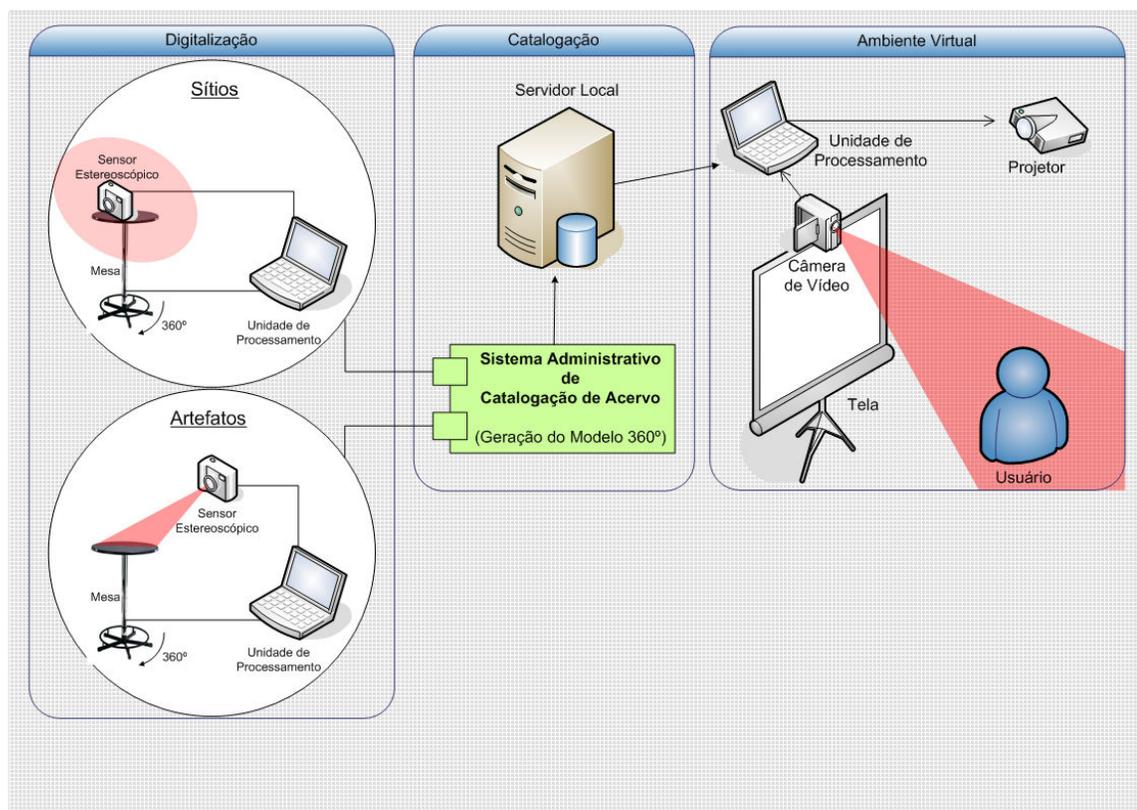


Figura 13 – Projeto de Arquitetura e Comunicação

4.1.1 Digitalização

A primeira camada da plataforma estabelecida é a Digitalização, o módulo desenvolvido é composto por sistemas embarcados e sistemas especialistas que sincronizados fornecem subsídio para a aquisição sequencial do objeto.

Inicialmente, o profissional da área (arqueólogo, paleontólogo, historiador, antropólogo, entre os demais) deve identificar qual vestígio deve ser priorizado para realização do registro digital, para que seja categorizado e acrescido de informações referentes a estes.

No estágio atual do projeto os vestígios passíveis de virtualização são sítios arqueológicos e os fragmentos (artefatos) que se encontram nos sítios prospectados. Vale salientar que todo o processo de prospecção é assistido pelo sistema desenvolvido, todavia por não representar aspectos relevantes no contexto desta pesquisa não serão abordados quaisquer que sejam os métodos de pré-digitalização.



Figura 14 – Sítio Arqueológico de Machu Picchu no Peru



Figura 15 – Fragmentos encontrados no estado de Minas Gerais

Conforme observado nos modelos das Figuras 14 e 15 os sítios se diferem dos artefatos em diversos pontos. Evidenciando as limitações de cenários, os modos de digitalização inevitavelmente tendem a ser distintos, contudo, o mesmo mecanismo utilizado para virtualizar ambientes externos (Figura 14) é utilizado para modelos manipuláveis (Figura 15), havendo apenas modificações de posicionamentos.

No caso de sítios arqueológicos, a virtualização dar-se-á por meio de um sensor que é posicionado no eixo central para que seja possível a captura de todo o entorno.

Este registro é armazenado com a finalidade de gerar uma representação rotacional na angulação de 360° do cenário *outdoor*.

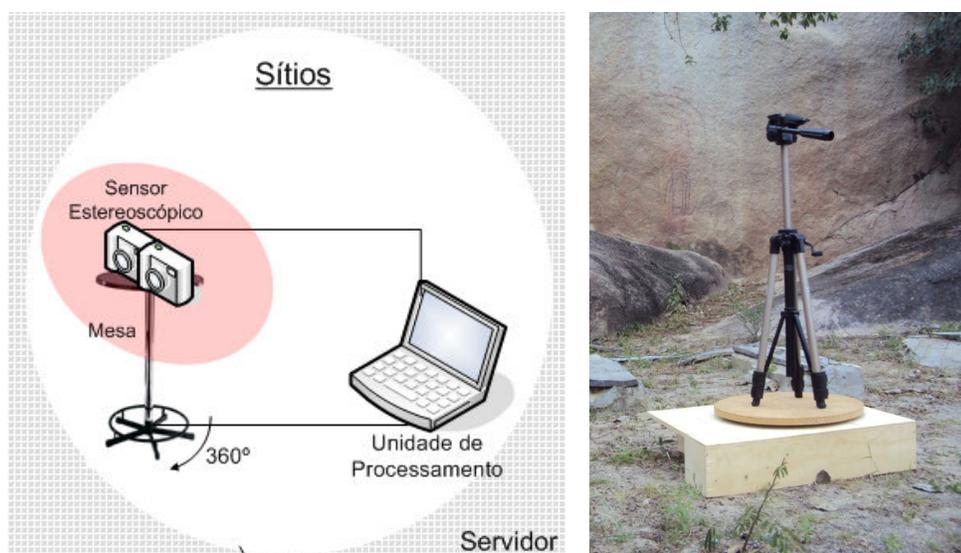


Figura 16 – Exemplo de digitalização de ambientes externos

Os recursos utilizados para a captura do entorno são mecanismos como: câmera fotográfica (preferência por altas definições), computador e, por fim, um dispositivo projetado para rotacionar, similar a uma mesa tradicional, por convenção a denominamos de Mesa Digitalizador a 360°. Este último mecanismo foi desenvolvido para possuir um núcleo que sofra rotação no eixo central por meio do software desenvolvido e alocado em um PIC18F4550 responsável por acionar um motor de passo (23km-C051) fixado à base do núcleo e, conseqüentemente, alimentado eletricamente por um drive de alimentação auxiliar.

```
01. while(TRUE){
02.     if( (!input(pin_c2)) && (in_c2==0) ){
03.         in_c2 = 1;
04.         for(step=1; step<=20; step++){
05.             output_a(~bytes);
06.             output_high(portB);
07.             portB++;
08.             bytes=(bytes<<1);
09.             if(bytes>8){
10.                 bytes = 1;
11.                 portB=portInit;
12.             }
13.             delay_ms(500);
14.         }
15.         break;
16.     }
17. }
```

Figura 17 – Pseudocódigo armazenado no PIC18F4550 para gerenciamento do motor

Para que a unidade de processamento tenha precisão é instalado o software de digitalização que tem como principal função comunicar-se via USB com a placa contendo o circuito embarcado para gerenciar a movimentação do motor e, em paralelo, capturar as imagens respectivas a cada angulação de parada da rotação. A Figura 18 apresenta exemplos de imagens obtidas em experimentos realizados.

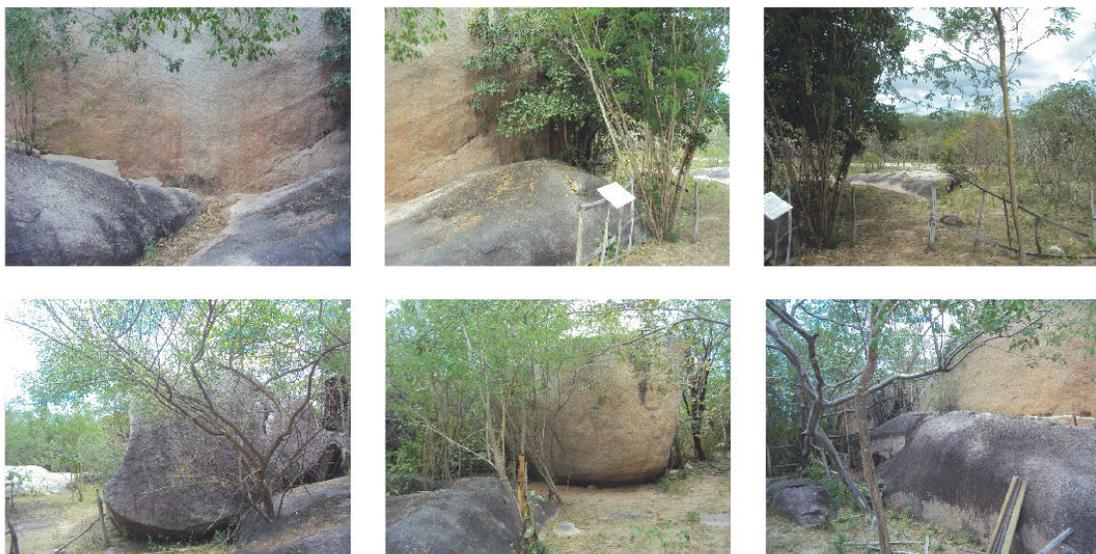


Figura 18 – Amostragem do resultado da digitalização de sítios arqueológicos

Do mesmo modo que os sítios podem ser digitalizados, o mesmo ocorre com os artefatos, entretanto, estes são colocados na mesa, sendo digitalizados conforme a rotação de 360°. Entretanto, para que este processo tenha êxito o sensor deve ser reposicionado para que seja possível captar todo o comprimento do objeto desejado,

que por sua vez deve estar posicionado no núcleo da mesa digitalizadora. A Figura 19 apresenta o modelo utilizado para o processo supracitado.

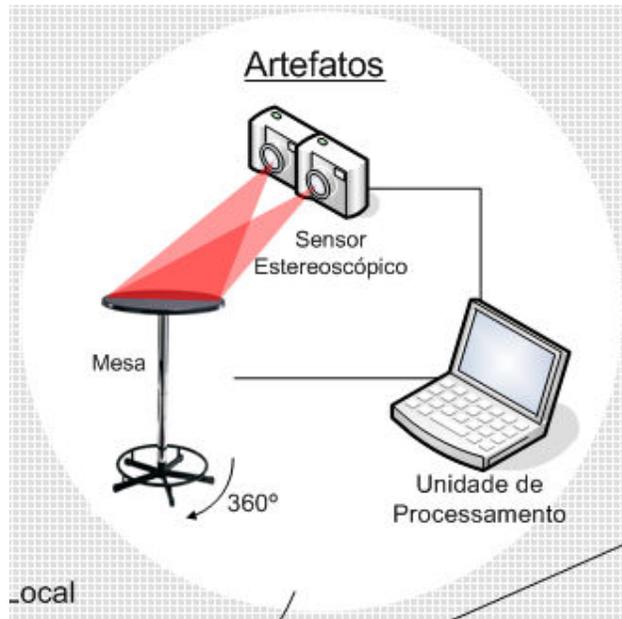


Figura 19 – Exemplo de digitalização de fragmentos

Em ambos os casos a iluminação tem relevância direta na qualidade das imagens, portanto, para iluminação mais adequada dois refletores de luz foram posicionados no dispositivo de modo bidirecional para auxiliar no controle do ambiente, que despreza o tratamento posterior da imagem, manualmente.

4.1.2 Modelos 360°

O modelo 360° foi idealizado para ser representado em forma de um polígono, onde cada lado deste polígono corresponde a uma imagem captura. Inicialmente, as imagens são organizadas em um `array` unidimensional (Figura 20), onde N é o número total de imagens capturadas.



Figura 20 – Organização inicial das imagens capturas

Posteriormente, o fim e o início do `array` são interligados, isto é, o próximo elemento após o fim é o início, formando neste momento um polígono. A Figura 21 ilustra o agrupamento das imagens capturadas em forma de polígono.



Figura 21 – Agrupamento das imagens em forma de um polígono

Os ângulos externos dos polígonos são formados por um lado e pelo prolongamento do lado a ele consecutivo (eg: a_1 , b_1 , c_1 , d_1 , e_1), como pode ser observado na Figura 22. Logo, quanto mais lados possuir o polígono, mais similar a um círculo será.

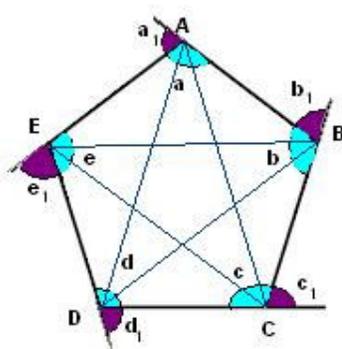


Figura 22 – Exemplificação dos ângulos de um polígono

Sabendo que a soma das medidas dos ângulos externos de um polígono de n lados (S_e) é igual a 360° e que a medida do ângulo externo de um polígono regular de n lados (a_e) é dada por:

$$a_e = 360 / n$$

Neste caso, foi estabelecido que o ângulo externo (a_e) do polígono representa também o nível suavização da transição entres as imagens sequenciais. Logo, quanto menor o valor do a_e menor será o impacto visual na navegação do modelo.

Um critério utilizado para formalizar o nível de suavidade na navegação é a assinatura, que é a representação funcional unidimensional de uma fronteira. A Figura 23 apresenta duas assinaturas, onde Figura 23.a ilustra um polígono circular (aproximadamente 360 lados) e a Figura 23.b um polígono de 4 lados (*quadrilátero*).

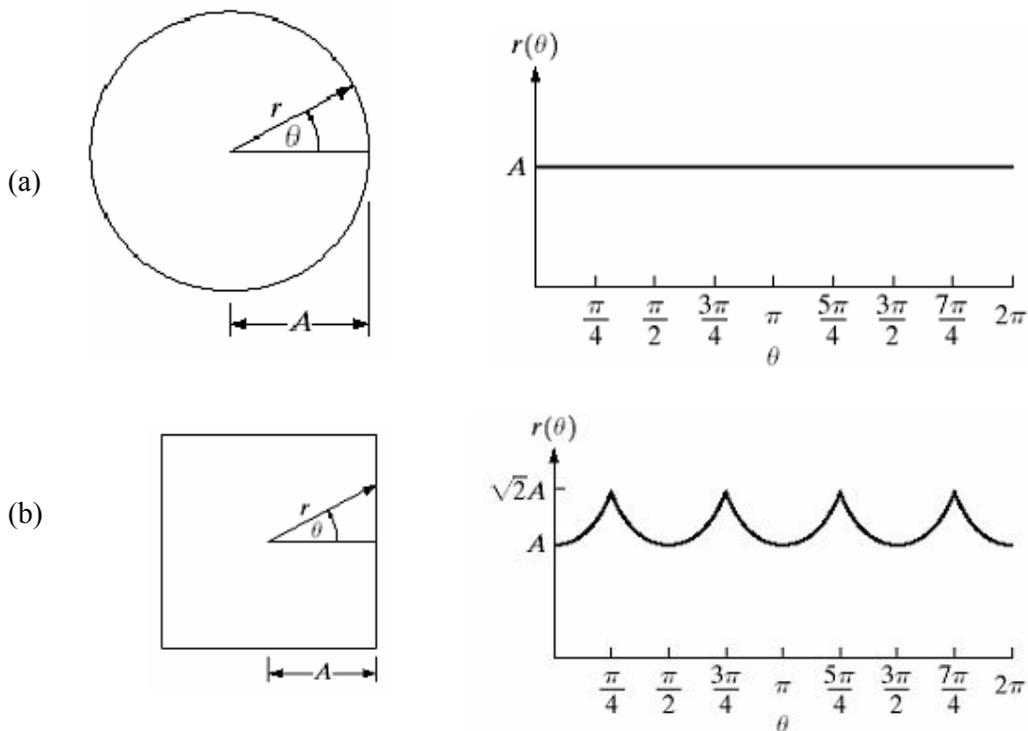


Figura 23 – Assinaturas das fronteiras dos polígonos

Portanto, para evitar mudanças abruptas no modelo virtual, a assinatura do polígono resultante deve ser o mais uniforme possível (Figura 23.a). Entretanto, o nível de suavidade é inversamente proporcional ao desempenho computacional, quanto mais suave a transição, menor o desempenho (demora-se mais para carregar todo o `array` de imagens e renderizar o modelo).

Para solucionar o problema de desempenho pode-se reduzir a resolução das imagens, o que acarretará na perda de qualidade digital, restringindo a visualização de pequenos detalhes sem boa nitidez.

A Tabela 2 apresenta a relação de possibilidades de polígonos disponibilizada no software de digitalização, supracitada na seção anterior.

Tabela 2 - Nomenclatura dos polígonos

Nº de Fotos	Polígono
5	pentágono
10	decágono
25	pentacoságono
50	pentacontágono

Conhecidas as faces do objeto proposto, a geração do modelo 360° é o passo posterior. Foram desenvolvidos dois softwares que se complementam, onde o primeiro é responsável por integrar as imagens adquiridas na fase anterior e prover interações múltiplas. O segundo software relacionado a esta etapa foi projetado para que o pessoal autorizado pudesse entrar com dados relevantes das peças, catalogando assim, o acervo disponível e já capturado.

Este último possui uma importância significativa, pois os dados inseridos são processados gerando informações sobre associações cronológicas, geológicas e étnicas, entre as demais.

Nesta camada, os softwares podem ser interpretados como um apenas, pelo seu caráter complementar, sendo a ferramenta de catalogação a interface unificada, onde apenas o pessoal autorizado utiliza-o, pois os dados informados serão apresentados diretamente aos usuários finais (na exposição).

4.1.2.1 Módulo de Catalogação

Na catalogação, o ponto de interesse é o sistema especialista utilizado para armazenamento dos dados referentes ao modelo digitalizado, onde informações acerca do material digitalizado são acrescentadas utilizando o software desenvolvido,

para a composição de um volume maior de informações. Os vestígios são apresentados aos usuários no momento da interação com os ambientes virtuais, através de estímulos multimodais e servem para a estruturação da rede de associações étnicas e geográficas.

O processo de catalogação é consequencial ao digitalizador. No momento de registrar o acervo material o modelo respectivo deverá estar devidamente digitalizado para dar início ao processo de geração do cenário 360°.

Alguns processos relacionados ao software administrativo estão representados na Figura 24. Este fluxograma indica os métodos para a construção do conhecimento acerca do objeto virtualizado.

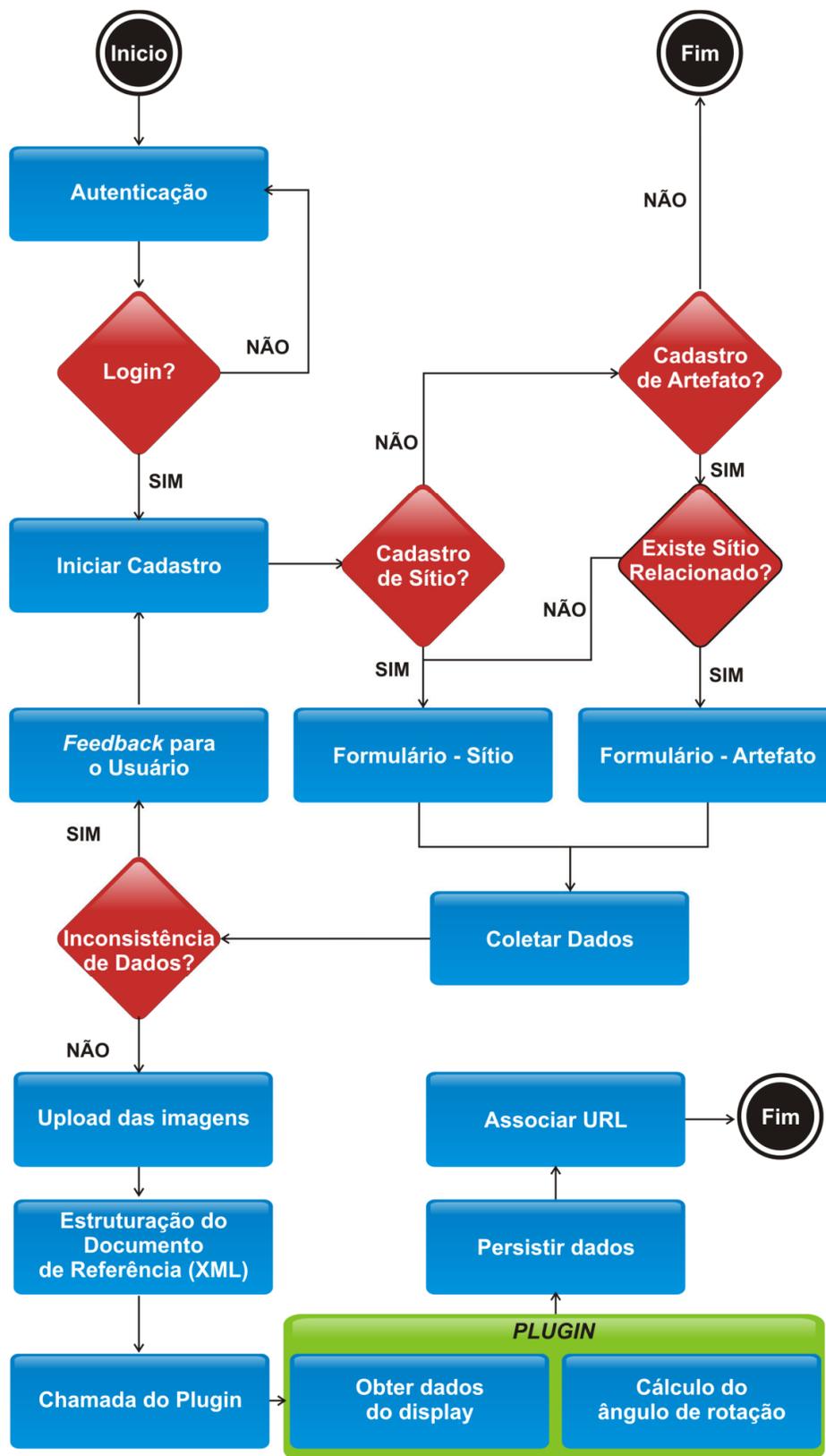


Figura 24 – Fluxograma lógico de geração do modelo 360°

Este software serve para armazenar e gerenciar o conteúdo do acervo, bem como dispor recursos para a construção de conteúdo colaborativo. Apesar do processo de desenvolvimento ser guiado por diversos documentos gerenciais e outras tantas tecnologias de desenvolvimento, estes não representam relevância ao objetivo proposto, logo, será omitido neste momento.

4.1.2.2 *Plugin*

Conceitualmente, *plugin* é um software que se agrega a outro e possui uma finalidade específica (DEITEL e DEITEL, 2007). Um *plugin* foi desenvolvido exclusivamente com a finalidade de receber como entrada as imagens faceadas dos modelos virtualizados na camada de digitalização, para a produção do cenário 360°, proporcionando aos usuários sensações realistas no uso do ambiente virtual.

O *plugin* para este projeto foi desenvolvido utilizando a linguagem *Actionscript 3*¹ (ADOBE, 2010), levando em consideração o baixo custo computacional, uma vez que o modelo é previamente carregado e, posteriormente, no momento da exibição apenas bytes são referenciados. Por se tratar de modelos pseudo-tridimensionais², foi disponibilizado para análise um exemplo do resultado no endereço: <http://www.cin.ufpe.br/~fav2/>.

A Figura 25 ilustra a ideologia arquitetural planejada para o *plugin* em questão, que fundamenta-se em duas entradas, sendo estas processadas para a formação do cenário e aguardar estímulos oriundos dos usuários e retornando ao mesmo, através de estímulos visuais.

¹ A linguagem de programação *Actionscript 3* (AS3) é uma linguagem de programação orientada a eventos que possibilita uma melhor representação dos eventos dos usuário.

² Termo cunhado neste projeto por se tratar de uma representação virtual bidimensional, contudo, possuindo características visuais de cenários tridimensionais

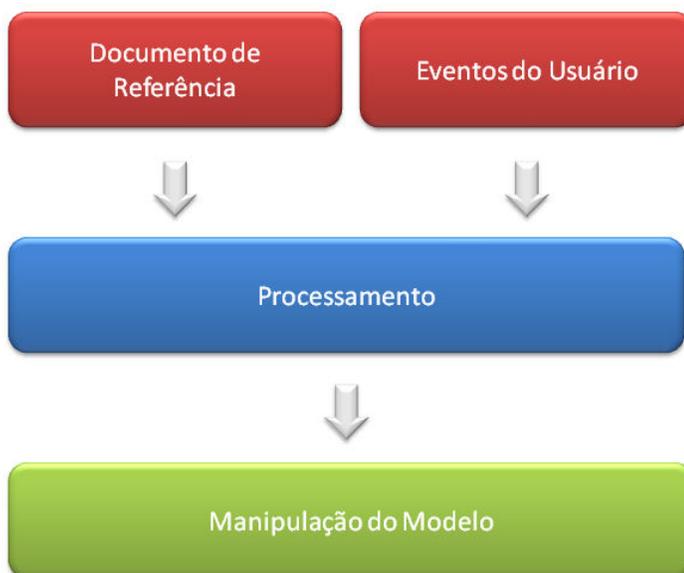


Figura 25 – Arquitetura de criação e interação com o modelo

Para iniciar o processo de criação do modelo virtual, dois arquivos são utilizados, o modelo de referência (XML criado pelo módulo de catalogação, através do método `builderXML()`, por padrão recebendo o nome de `obj360.xml`) e o segundo é o próprio *plugin* (instanciado pelo método `builderModel(long id)`, também do módulo de catalogação) que recebe como entrada os dados contidos no XML de referência.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<object>
  <image src="images/01.png"/>
  <image src="images/02.png"/>
  <image src="images/03.png"/>
  <image src="images/04.png"/>
  <image src="images/05.png"/>
  <image src="images/06.png"/>
  <image src="images/07.png"/>
  <image src="images/08.png"/>
</object>
```

Figura 26 – Documento de Referência

A estrutura do documento de referência possui, na primeira linha, atributos que indicam a versão (`version`) e a codificação (`encoding`) utilizadas. Este arquivo contém um elemento principal (*node or element*), denominado de `<object>`, este,

por sua vez, possui folhas (*child elements*), de nome `<image>` que referencia o local onde está armazenada a imagem sequencial, através do atributo `src`.

Os valores contidos nos atributos `src` da Figura 26, referem-se a uma série de imagens-referência, como pode ser observado na Figura 27:

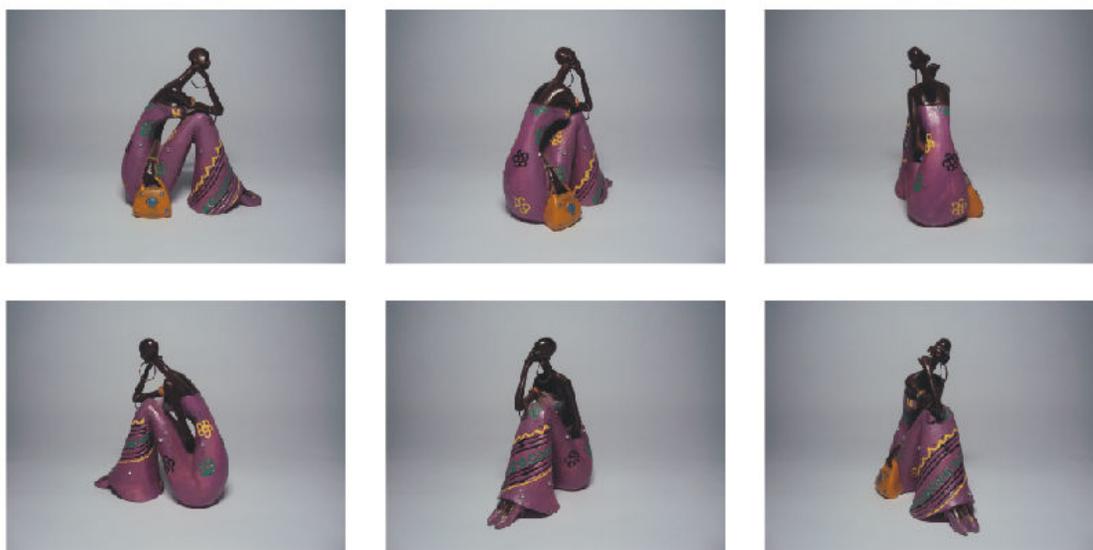


Figura 27 – Amostragem do resultado da digitalização de artefatos arqueológicos

Cada ângulo capturado corresponde a uma imagem, salienta-se que a Figura 27 representa apenas ângulos espaçados entre uma imagem e outra, não representando fielmente o deslocamento obtido na fase de aquisição do modelo, visto na Seção 3.3.1, deste trabalho.

O documento gerado com base nas imagens referenciadas é recebido pelo *plugin* através da função `onLoad`, conforme Figura 28.

```
01. // Receber e percorrer o documento XML, gerando um ARRAY
02. XMLfotos = new XML();
03. XMLfotos.load("obj36.xml");
04. XMLfotos.onload = function(success) {
05.     numImages = this.firstChild.childNodes.length;
06.     for (i=0; i<numImages; i++)
07.         images.push(this.firstChild.childNodes[i].attributes.src);
08.     preloadImages();
09. };
```

Figura 28 – Trecho do código responsável por interpretar o documento de referência

A Figura 28 apresenta a função responsável por receber o arquivo XML e percorrer cada nó, formando uma Lista Circular de imagens. Depois do `array` de imagens construído e preenchido é o momento de renderizar a imagem na tela e escutar os eventos do *mouse* para clique e movimento.

No momento em que o *plugin* obtiver a lista de imagens referenciadas, são então capturados os eventos iniciados pelos usuários. Estes eventos são respostas às interações realizadas que neste estágio são obtidos ainda por dispositivos convencionais de entrada. Entretanto, estes dispositivos não são parte integrante do ambiente virtual, logo, para receber estas entradas, os gestos dos usuários são convencionados a emular os dispositivos tradicionais. A Figura 29 indica como as entradas são tratadas e retornadas ao *display*.

```
01. // ActionScript code
02. function preloadImages() {
03.     var clipLoader = new MovieClipLoader();
04.     var preloader = new Object();
05.     clipLoader.addListener(preloader);
06.     _root.createEmptyMovieClip("container_mc",
07.     _root.getNextHighestDepth());
08.     _root.createEmptyMovieClip("controle",
09.     _root.getNextHighestDepth());
10.     preloader.onLoadComplete=function(target){
11.         target.onPress = function() {
12.             _global.movimento = 1;
13.             _global.mouse_x = _xmouse;
14.         }
15.         target.onRelease = function() {
16.             _global.movimento = 0;
17.         }
18.         displayObject();
19.     }
20. }
```

Figura 29 – Pseudocódigo para capturar entradas e manipular o estado do modelo

A função `displayObject()` é responsável por capturar as entradas realizadas e, para cada situação, realizar uma tarefa correspondente. De acordo com a entrada outras funções podem ser invocadas, principalmente, para calcular o movimento de rotação do objeto, sendo a rotação do modelo representada pela Figura 30:

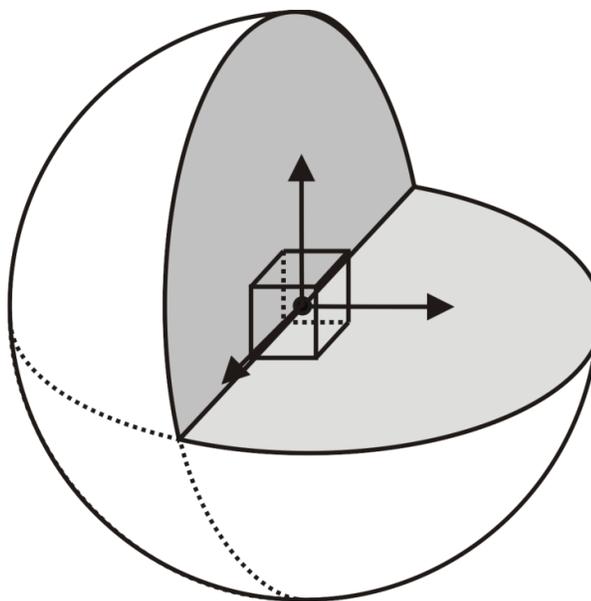


Figura 30 – Representação do eixo esférico central do modelo

Para se explorar o *mouse* como um dispositivo de controle bidimensional, pode-se compor o seu movimento horizontal em um vetor, cuja direção horizontal no plano da tela define o eixo de rotação. Assim, considerando um movimento normalizado do *mouse* δ_x , o eixo de rotação corresponderá ao ponto central na tela.

Na manipulação de rotação, o movimento horizontal do *mouse* é registrado pelo sistema em pixels (m_x) e normalizado em relação ao tamanho da janela de visão através de:

$$\delta_x = m_x / w_x$$

Onde δ_x representa a conversão do movimento do *mouse*, m_x indica o valor do deslocamento horizontal do *mouse* e, por fim, w_x corresponde à largura do *display* de projeção em *pixels*. Esta transformação define o vetor de movimento do *mouse* normalizado para rotação no eixo x .

Uma maneira simples de se definir o ângulo de rotação é considerar que um movimento do *mouse* de um extremo a outro da janela na horizontal corresponde a uma rotação de 360°, ou seja:

$$\hat{\text{ângulo}} = w_x / \text{images}$$

Onde *images* corresponde à quantidade de imagens referenciadas, visto que as imagens são adquiridas inicialmente no ângulo 0° e finalizado em 360°. Nota-se que este cálculo é feito entre *callbacks* do sistema de interface para eventos de movimento de *mouse*. Assim sendo, o ângulo é computado para pequenos incrementos da trajetória do *mouse*, isto é, a direção de rotação e o valor do ângulo são valores instantâneos. O resultado final é uma integral do movimento.

Conhecido o modo como as entradas transformam a estado do modelo, outra questão deve ser esclarecida, é como os gestos dos usuários são convencionados a emular os dispositivos tradicionais. Os dispositivos não-convencionais desenvolvidos neste trabalho serão descritos em mais detalhes na próxima seção, contudo pode-se adiantar que a premissa básica está na utilização de emissores de luzes

infravermelho, objetivando rastrear o ponto de luz e representá-lo com o ponteiro do *mouse*.

Na próxima seção são apresentados métodos e técnicas utilizadas para maximizar as sensações do usuário em ambientes virtuais interativos, considerando o custo computacional e precisão.

4.1.3 Ambiente Virtual Interativo

A última camada da arquitetura proposta na Figura 13 da Seção 3.3 é a que denominamos de Ambiente Virtual Interativo. Apesar da designação intuitiva, esta camada possui aspectos minuciosos e enriquecedores para a compreensão plena do projeto como um todo. Nesta camada, o usuário final (visitante), tem papel fundamental, pois é este que manipula os dados e colabora para construção de novos conhecimentos.

O *pipeline* do processo é iniciado com enfoque nas tarefas dos usuários; estes emitem estímulos que são rastreados por sensores de captura, como câmera de vídeo, microfone e receptores de luzes de infravermelho. Os sensores, interligados a unidades de processamento contendo algoritmos de reconhecimento de padrões e o software de apresentação dos modelos, captam e repassam os dados coletados para que, posteriormente, seja realizado o processamento, tendo como saída comandos para o dispositivo atuador no ambiente, como projetores e alto-falantes, retornando, um estímulo para o usuário iniciador do processo (VAZ et al, 2011).



Figura 31 – Pipeline do processo de comunicação multimodal

O modelo de navegação no ambiente virtual é composto por uma câmera de vídeo (modificada para a percepção apenas do espectro infravermelho), unidades de processamento, projetores, sensores infravermelho, dispositivos de captação da voz e reprodução sintetizada da voz. Os elementos integrantes do ambiente virtual estão descritos na Figura 32, bem como suas respectivas associações.



Figura 32 – Composição e relacionamento entre dispositivos do Ambiente Virtual

No presente projeto, para tornar possível a interação natural e multissensorial com o ambiente virtual, sensores infravermelho foram adicionados em acessórios de vestuário, como em luvas e bonés, para capturar os movimentos e comandos com maior precisão. Deste modo, a orientação e o posicionamento do visitante são coletados e processados para manipulação do mundo virtual.

Existem aqueles que preferem não utilizar dispositivo algum para interação com o ambiente, para estes a interação poderá ser puramente natural, através da fala, audição, visão e, ainda, do caminhar.

Retomando a questão levantada anteriormente, como os gestos dos usuários são convencionados a emular os dispositivos tradicionais e, com isso, conseguir manipular o ambiente virtual? Conforme descrito na Seção 2.4, a frequência de luz visível ao olho humano não engloba raios de luz infravermelha. Apesar do ser humano ser incapaz de perceber este tipo de luz, os dispositivos de captura de imagens digitais como filmadoras e câmeras fotográficas captam estes raios. Portanto, através destes podemos rastrear a posição da fonte luminosa e, no caso deste trabalho, detectar a posição e movimentação do usuário.

Entretanto, para aperfeiçoar o rastreamento da fonte de luz, os sensores foram modificados, retirando o filtro de infravermelho, impossibilitando a percepção de luz

visível a humanos. Deste modo, tem-se um sensor que se limita apenas ao tipo de luz adotado no projeto, isto é, apenas a fonte emissora de luz é captada pela câmera de vídeo, facilitando o trabalho de rastreamento.

Seguindo as premissas da Seção 2.4.2, onde foi apresentado o modo como as imagens são representadas digitalmente, cada quadro capturado pela câmera é representado por uma matriz numérica.

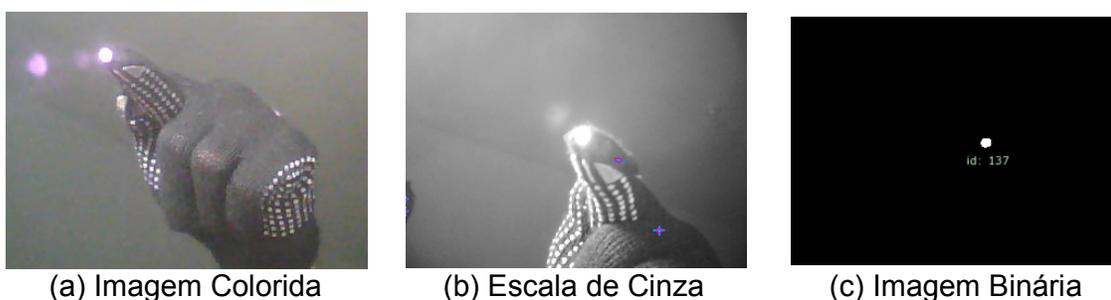


Figura 33 – Processo de Binarização de Imagens

Em circunstâncias tradicionais as imagens captadas pela câmera teriam que serem processadas desde a imagem colorida (Figura 33.a), passando para uma escala de níveis de cinza, de 0 à 255 (Figura 33.b) que após a definição, muitas vezes complexas, de um valor de limiar (T), que será aplicado pixel à pixel da imagem é produzido um resultado similar ao da Figura 33.c.

A remoção do filtro infravermelho reduz o custo computacional, recebendo do sensor de captura a imagem em estágio semelhante ao encontrado na Figura 33.c, sendo desprezados assim processamentos intermediários, exceto a aplicação de filtros para realçar o ponto de interesse.

Por fim, após a aquisição da imagem binarizada, é obtida a matriz correspondente a representação da imagem, conforme a Figura 34.

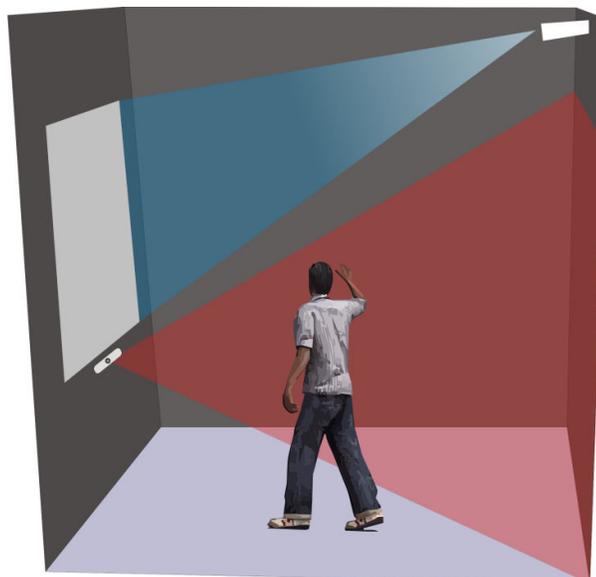


Figura 35 – Esquema físico do Ambiente Virtual Interativo

Ambientes Virtuais de interação são os meios de apresentação dos resultados à sociedade, neste trabalho, a exposição é o meio de fomentar a busca pelo autoconhecimento social.

4.1.3.1 Dispositivo Não-Convencional

No contexto da aplicação proposta, um dispositivo proprietário foi desenvolvido. Denominado de Luva Interativa, o mecanismo fundamenta-se na produção de uma luva acrescida de sensores infravermelho acoplados nas extremidades da vestimenta.

Este dispositivo não-convencional é um mecanismo que permite que as ações do usuário possam ser transmitidas em tempo-real ao sistema. Estas ações são processadas e seus parâmetros podem influenciar a exibição do ambiente virtual. Quanto mais intuitiva for a interação dos usuários, maiores tendem a ser as sensações de imersão e envolvimento.

A Figura 36 apresenta o esquema do dispositivo desenvolvido para aumentar a sensação de naturalidade no uso do ambiente virtual. Observa-se que no estágio atual do protótipo apenas um sensor é adicionado em cada mecanismo, onde

apenas com a utilização de mais de um dispositivo simultaneamente é que se torna possível a manipulação de escala, contudo o movimento rotacional exige o estímulo de um único dispositivo.

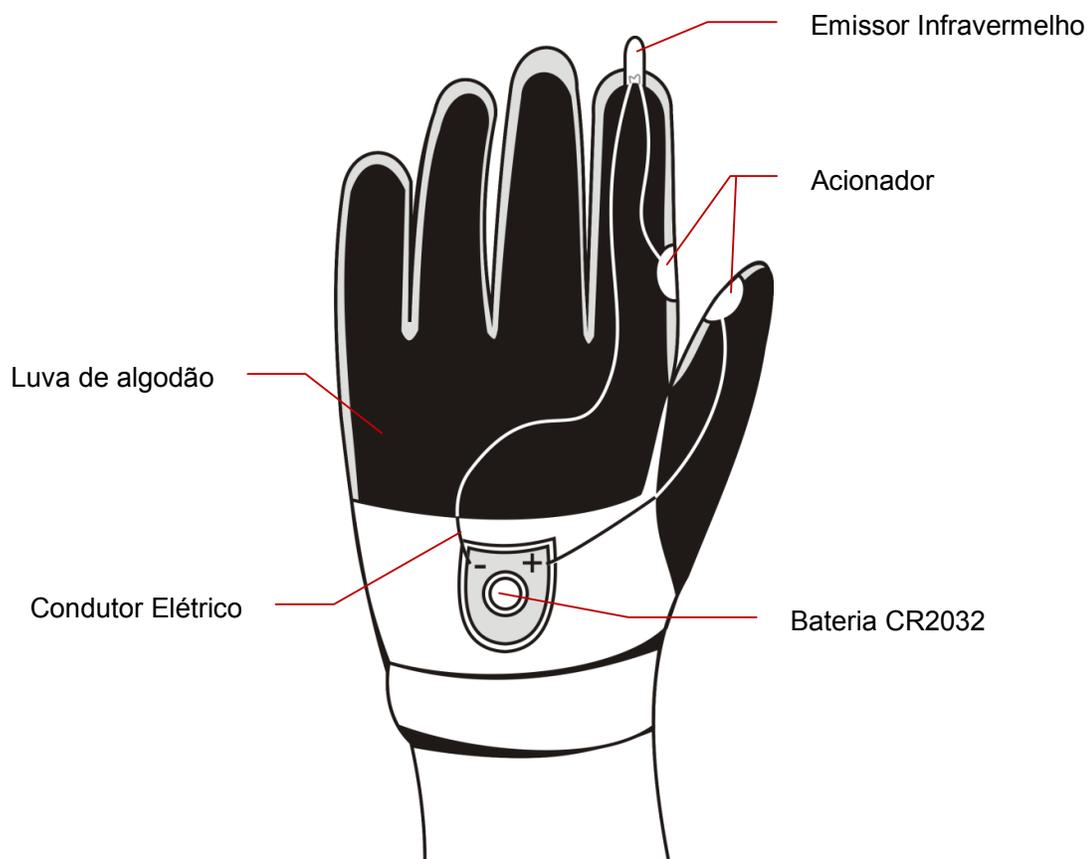


Figura 36 – Elementos de composição da luva desenvolvida

O emissor infravermelho é acionado à critério do utilizador, isto é, quando o dedo polegar aproximar-se do indicador. O mecanismo deve estar com visada direta (direcionado) para o sensor de captura para que seja estabelecida a comunicação de entrada.

Neste protótipo, a alimentação elétrica é realizada por uma pequena bateria de 1,5v, tendo sido utilizado o mesmo modelo de bateria aplicado em *motherboard* (CR2032), com seu respectivo soquete. Desse modo, não foi necessário utilizar nenhum resistor e ainda foi possível se beneficiar da pouca espessura da bateria e, conseqüentemente, não houve impacto notório na utilização do dispositivo.

Ainda observando a Figura 36, é possível notar a representação do compartimento onde é armazenada a bateria e, caso necessário, seja possível substituí-la. Na extremidade do dedo polegar e na parte intermediária do dedo indicador existem sensores que, como supracitado, ao realizar um contato entre ambos o emissor infravermelho é acionado e se segue o processo (Seção 3.2.3). A Figura 37 e 38 apresenta resultado fiel do dispositivo não-convencional desenvolvido.



Figura 37 – Utilização do dispositivo desenvolvido



Figura 38 – Acionamento do emissor infravermelho

A próxima seção possui enfoque na descrição do cenário e nos resultados obtidos nos experimentos realizados.

CAPÍTULO 5

5 CENÁRIOS EXPERIMENTAIS

Este capítulo propõe-se a apresentar o desenvolvimento gradativo do projeto, bem como os resultados obtidos em cada uma das etapas da arquitetura proposta inicialmente. Portanto, os próximos tópicos abrangem desde a concepção inicial ao resultado final. Logo, alguns aspectos que nortearam o projeto são aprofundados.

5.1 DIGITALIZAÇÃO

Como apresentado anteriormente, a projeto foi idealizado para ser produzido em 3 camadas. A etapa inicial tornou-se a mais complexa por possuir um índice maior de interdisciplinaridade, foi necessário produzir circuitos eletrônicos para o controle de rotação do motor de passo, bem como a comunicação com um computador para unificar a interface do produto. A Figura 39 ilustra os componentes utilizados.



Figura 39 – Componentes eletrônicos de controle e alimentação

O esquema ilustrado na Figura 39 representa a ligação entre os recursos utilizados com a finalidade de gerenciar a mesa. Conforme observado, a mesa necessita de uma alimentação de 110v (ou bateria auxiliar), nesta alimentação é conectado o computador e a fonte transformadora para 5v. O computador irá, simultaneamente, alimentar a placa de desenvolvimento e estabelecer uma comunicação via USB, esta mesma placa está conectada com um *drive* de controle desenvolvido para alimentar o motor e transmitir os pulsos elétricos recebidos pela placa.

Apesar de o resultado final ter tido sucesso, os protótipos iniciais não obtiveram o mesmo desempenho. O primeiro protótipo foi produzido com um motor de passo que suportava um torque máximo de 5 Kg, contudo, para os cenários experimentados, observou-se que um motor mais robusto seria mandatório. Atualmente a mesa digitalizadora possui um motor (23km-C051) de capacidade para até 10 Kg de torque.

Após a produção da engenharia mecânica que automatiza a rotação da mesa, foi necessário utilizar um microcontrolador, para que a rotação fosse gerenciada seguindo a semântica inserida no PIC18F4550 e não mais manualmente como utilizado inicialmente. O uso deste modelo de microcontrolador se deu pela possibilidade de comunicação USB direta com o computador, além de possuir 40 pinos de contato.

Uma das maiores dificuldades encontradas neste estágio do projeto foi integrar o microcontrolador ao motor, pois a amperagem mínima do motor é superior a corrente utilizada na placa onde se localiza o PIC. Neste caso, foi desenvolvido um pequeno *drive* de controle para que fosse viável tal integração (todos os esquemas elétricos utilizados no desenvolvimento estão disponíveis no site do projeto).

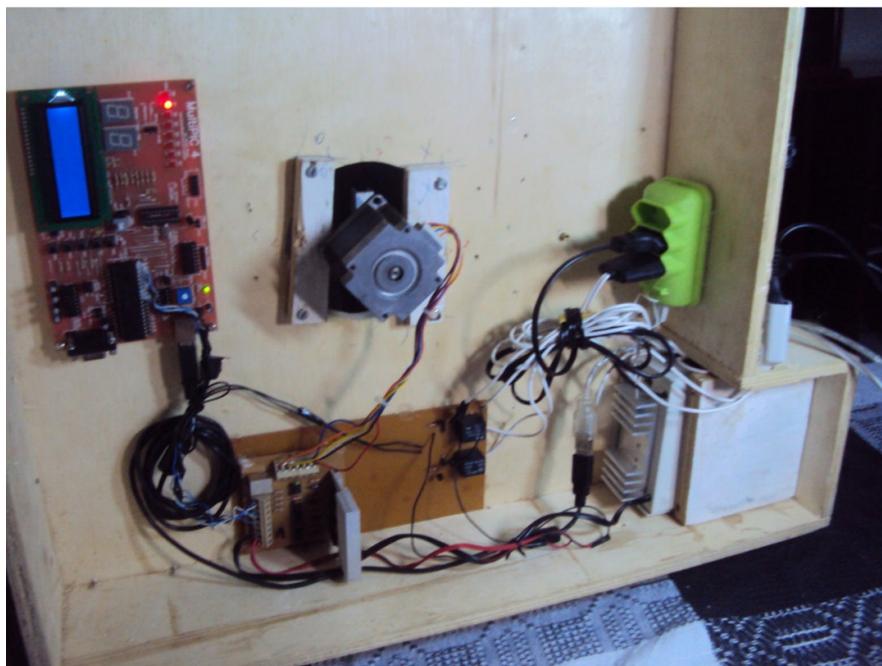


Figura 40 – Acoplamento dos circuitos à parte inferior da mesa digitalizadora

Realizado os experimentos referentes à engenharia elétrica do projeto a estrutura física da mesa foi produzida. Alguns cuidados foram tomados para que o circuito descrito anteriormente pudesse ser acoplado à peça sem a necessidade de retrabalho. A Figura 41 apresenta o protótipo da mesa digitalizadora, ainda sem a engrenagem de rotação.



Figura 41 – Protótipo da Mesa Digitalizadora

Nesta figura é possível observar o local que foi estabelecido como eixo central de rotação do objeto. Na Figura 42 este eixo está sobreposto com uma superfície circular que possui um trilho onde foram acopladas roldanas de cerâmica similares à utilizada em microondas domésticos. Esta escolha se deu logo após a experimentação do primeiro motor de passo, que era acoplado diretamente na superfície circular, sem contato com o restante da mesa.



Figura 42 – Superfície circular móvel ao redor do eixo central

Com o primeiro protótipo da mesa digitalizadora finalizado, o passo seguinte foi produzir sequências de imagens que serviram de base para o modelo virtual e para a validação do protótipo. Contudo, nesta fase do projeto, constatou-se que os resultados das imagens não apresentaram um nível satisfatório, conforme ilustrado na Figura 43.



Figura 43 – Primeiro cenário experimentado na digitalização

Observando a Figura 43, constata-se que a imagem resultante do processo inicial de digitalização apresenta um histograma predominantemente enviesado para o níveis escuro, isto é, de acordo com o ambiente onde será realizada a digitalização o resultado não seria satisfatório, pela ausência de iluminação homogênea.

Devido à interferência direta do ambiente sobre o resultado da imagem bidimensional, controlar a iluminação do ambiente foi necessário e predominante para a melhoria dos resultados seguintes. A pesquisa sistemática levantou alguns aspectos que poderiam contribuir para um maior controle do resultado, e todos os fatores estavam relacionados diretamente à área do conhecimento da fotografia.

Portanto, técnicas e práticas de fotografias para museus foram estudadas verticalmente. Entretanto, reproduzir produções artísticas é uma técnica delicada que exige critério e precisão (ELIAS e SILVA, 2010). Com os recursos disponíveis foi possível produzir um estúdio em pequena escala, com fundo infinito (homogêneo) e iluminação controlada por computador.



Figura 44 – Estúdio fotográfico com fundo infinito adaptado

Apesar dos recursos limitados, os resultados obtidos após a produção do estúdio foi consideravelmente melhor, se comparado ao resultado analisado anteriormente (Figura 43). A Figura 44 apresenta o cenário do primeiro experimento realizado com iluminação auxiliar e plano de fundo, porém, neste momento a intensidade da iluminação não era controlada via software. Ainda assim, é possível observar também que ainda que com os mesmos recursos utilizados na digitalização os resultados podem se diferir um do outro.



Figura 45 – Diferentes efeitos causados pela iluminação: (a) superior-central (b) frontal

Na Figura 45 esta diferença é notória, observamos que na Figura 45.a o foco de luz está concentrado no objeto e o *background* ficou escuro, porém na Figura 45.b o ambiente foi suavizado, neste caso, o fundo da imagem está mais uniforme. Esta

diferença foi causada apenas pela diferença de posição dos refletores utilizados, ficando todo o restante inalterado.



Figura 46 – Protótipo funcional da Mesa Digitalizadora

A Figura 46 apresenta o protótipo utilizado para a realização das próximas etapas do experimento. Observa-se que neste estágio atual o protótipo foi incrementado com uma superfície unificada e embranquecida para a uniformidade na obtenção das imagens. A característica de maior destaque é inclusão do plano de fundo infinito.

Por fim, após a realização da experimentação dos cenários de produção do modelo, foi iniciada a produção do primeiro software do projeto, responsável pelo gerenciamento da mesa digitalizadora, sincronizando o movimento da mesa com a aquisição da imagem digital. A interface deste software pode ser observada na Figura 47.

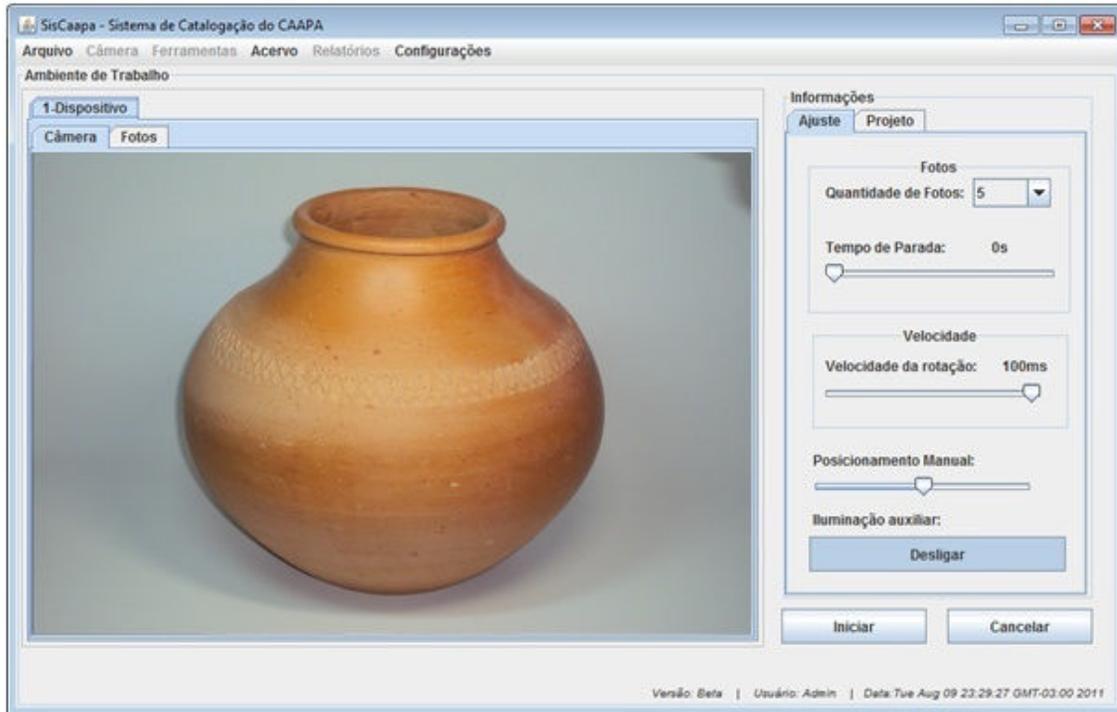


Figura 47 – Interface de gerenciamento da mesa digitalizadora

Este software foi construído seguindo os padrões de projetos (Design Patterns) apropriados. A comunicação com o microcontrolador foi fundamentada na API jPicUsb e para a obtenção das imagens foi utilizado o framework JMF (Java Media Framework). Para mais detalhes da implementação deste software consultar as informações disponíveis no site do projeto.

5.2 TELAS DA CATALOGAÇÃO

Objetivando proporcionar uma experiência abundante, todo material digitalizado nas etapas passadas é submetido à catalogação. O software desenvolvido para a catalogação possui 3 processos fundamentais, iniciando na autenticação pessoal, passando pelo preenchimento do formulário cadastral e verificação do acervo já registrado. Portanto as Figuras 48, 49 e 50, ilustram as interfaces do sistema de catalogação,

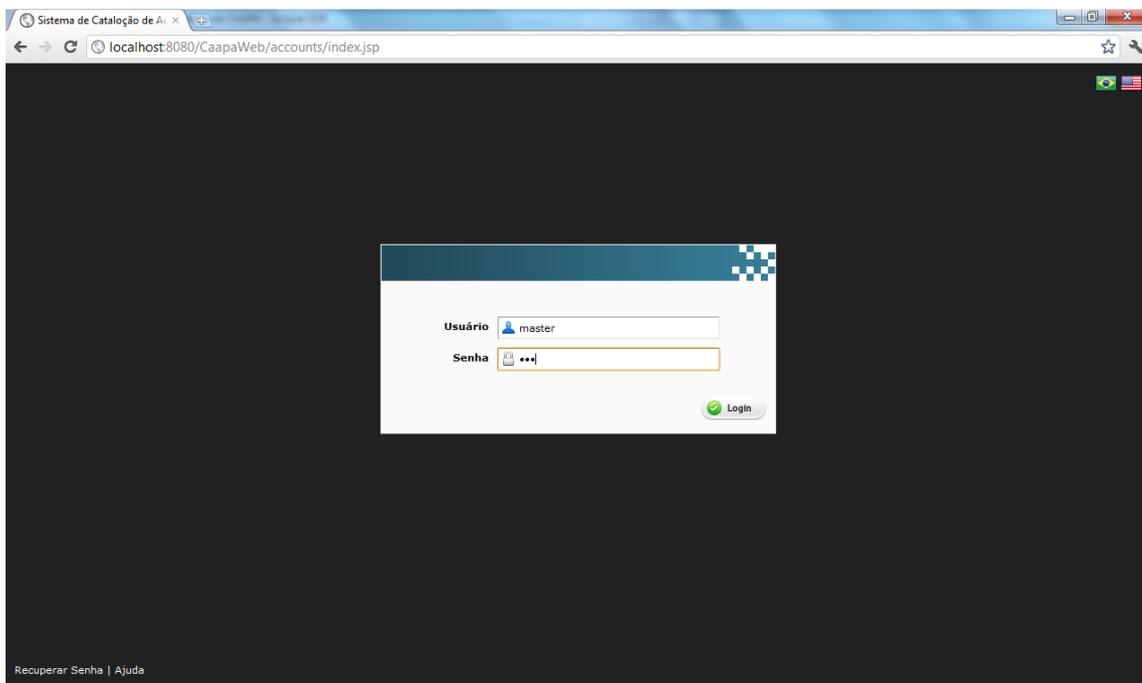


Figura 48 – Interface de autenticação

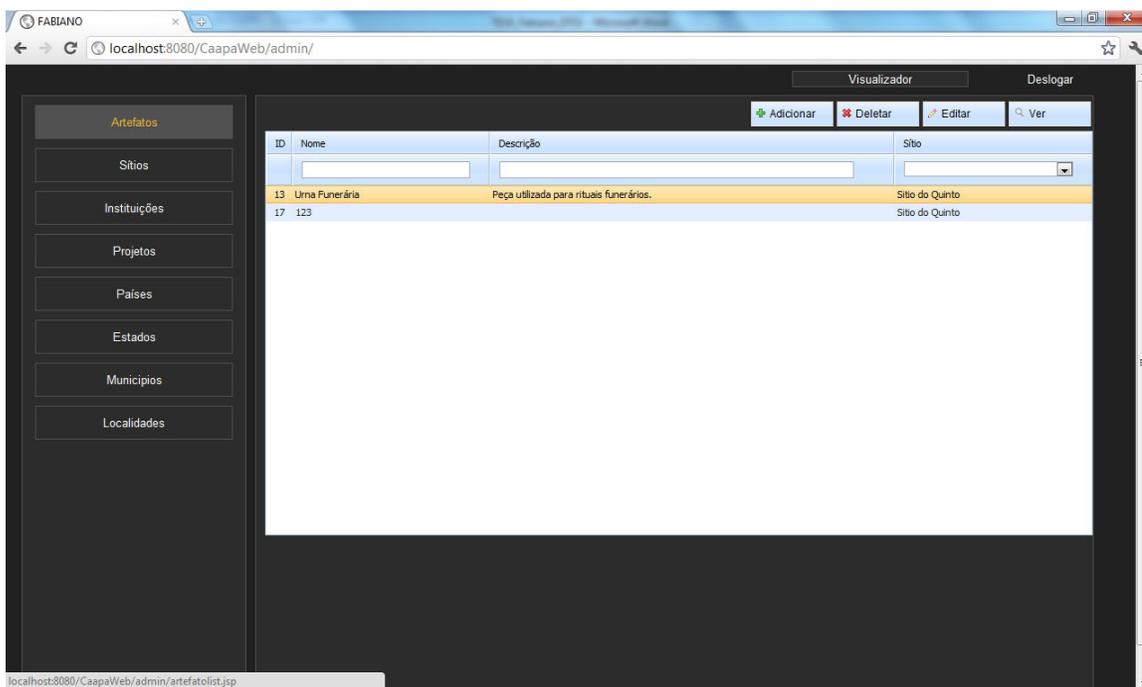
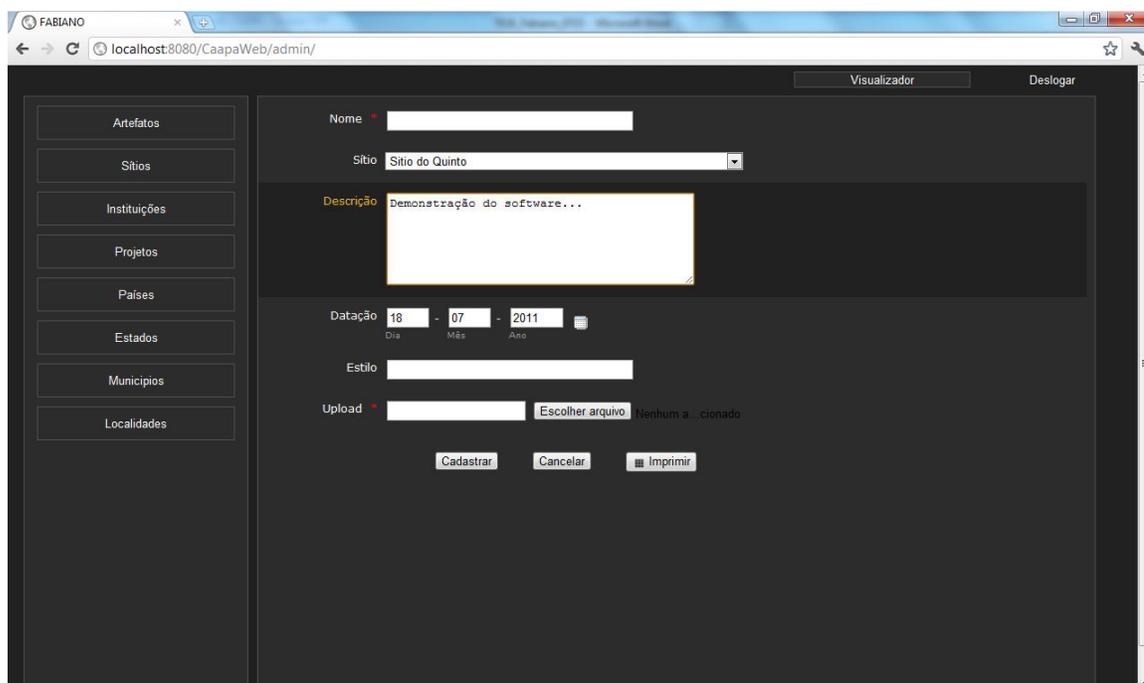


Figura 49 – Interface de verificação do acervo



The image shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost:8080/CaapaWeb/admin/'. The browser's title bar includes the name 'FABIANO'. The application interface is dark-themed and features a sidebar on the left with menu items: 'Artefatos', 'Sítios', 'Instituições', 'Projetos', 'Países', 'Estados', 'Municípios', and 'Localidades'. The main content area is titled 'Visualizador' and 'Deslogar'. It contains a form for recording an archive item with the following fields: 'Nome' (text input), 'Sítio' (dropdown menu with 'Sítio do Quinto' selected), 'Descrição' (text area with 'Demonstração do software...'), 'Datação' (date picker showing '18' for the day, '07' for the month, and '2011' for the year), 'Estilo' (text input), and 'Upload' (text input with an 'Escolher arquivo' button and the text 'Nenhum arquivo selecionado'). At the bottom of the form are three buttons: 'Cadastrar', 'Cancelar', and 'Imprimir'.

Figura 50 – Interface de cadastro do acervo

5.3 AMBIENTE VIRTUAL

Com o acervo devidamente catalogado, os visitantes do centro cultural que adotar o modelo proposto neste trabalho visualizarão o mapa geográfico com as disposições dos centros catalogados nas proximidades da mesma instituição, conforme apresentado na Figura 51.

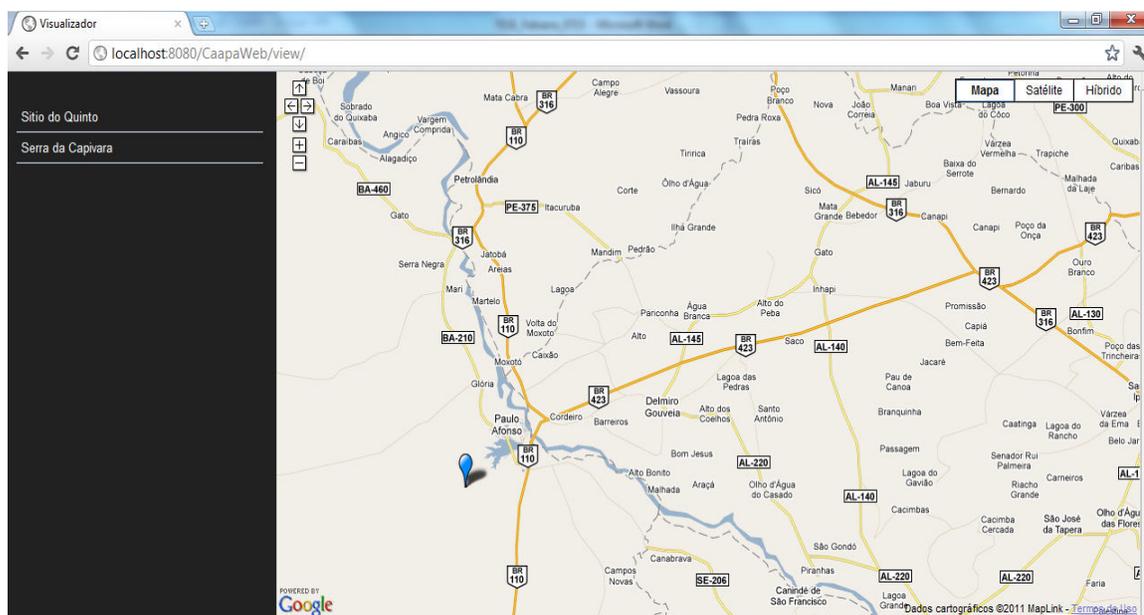


Figura 51 – Distribuição dos sítios arqueológicos entorno do centro cultural

Ao selecionar um determinado Sítio arqueológico o visitante irá visualizar uma breve descrição sobre o local, bem como uma prévia visão das imagens (Figura 52). Neste momento o usuário poderá escolher outro local ou confirmar a seleção, o que apresentará uma nova interface (Figura 53).

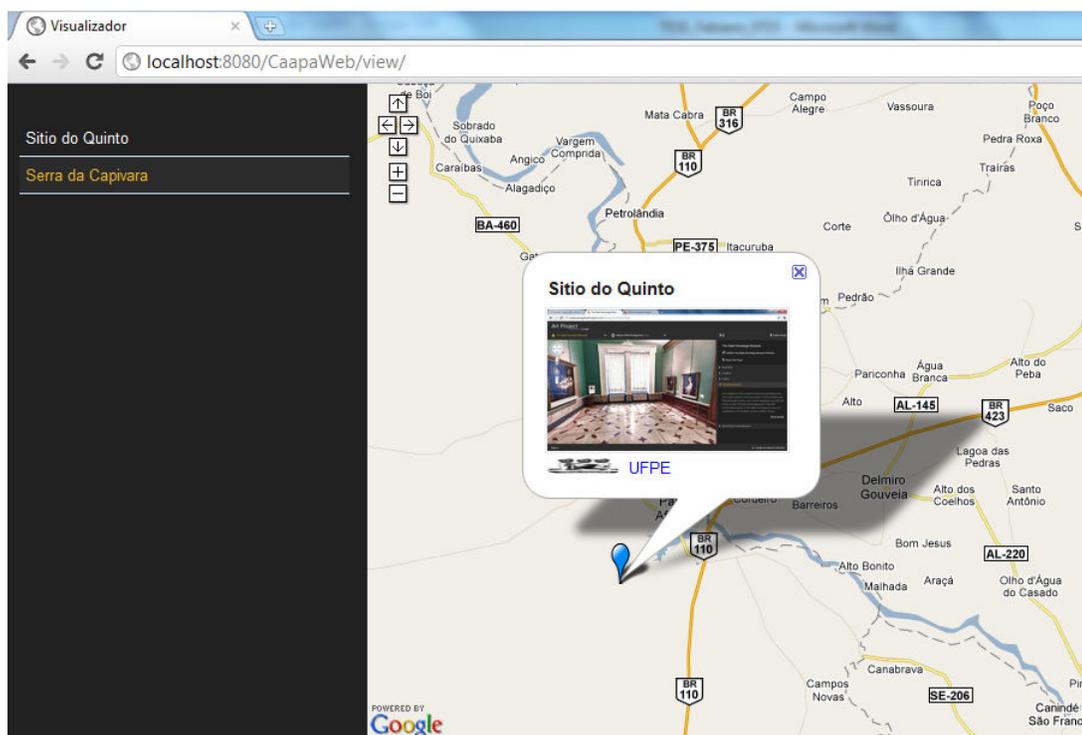


Figura 52 – Interface de pré-visualização do sítio

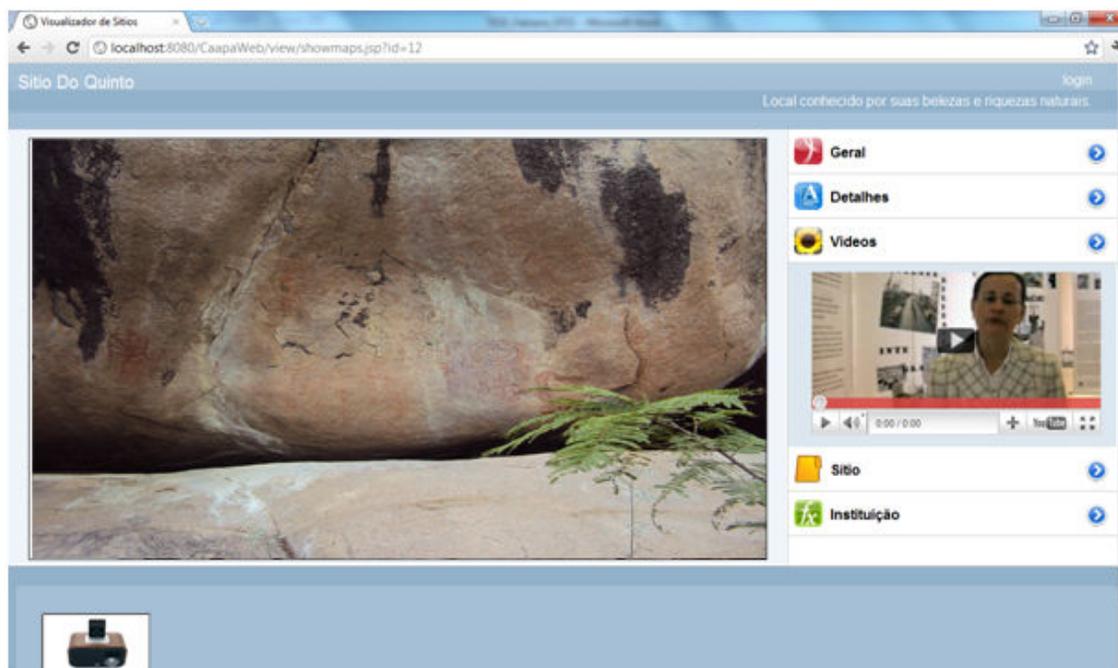


Figura 53 – Interface de interação com o sítio

A interface apresentada na Figura 53 o usuário poderá interagir através de gestos com o sítio escolhido anteriormente, informações adicionadas na catalogação são expostas, bem como vídeos relacionados e comentários realizados em redes sociais. Na parte inferior, a lista de artefatos pertencentes a este sítio é relacionada.

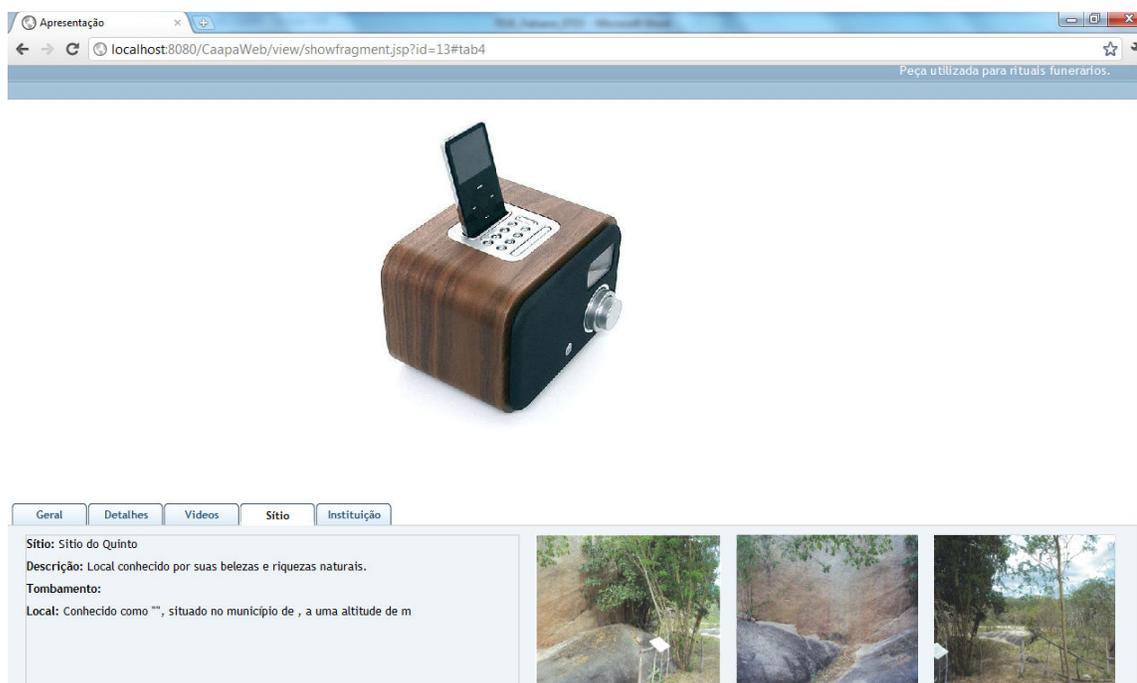


Figura 54 – Interface de interação com o acervo do sítio

Por fim, a interface de interação direta dos artefatos arqueológicos é apresentada na Figura 54. Assim como na interface de interação dos sítios arqueológicos, além da possibilidade de manipulação do modelo virtual o usuário poderá acessar informações referentes ao modelo visualizado.

Por se tratar de um ambiente dinâmico a demonstração de utilização será representada por duas Figuras (55 e 56), onde a primeira representará o estado inicial do objeto selecionado pelo usuário no início do movimento e a segunda imagem apresentará o resultado da manipulação após o usuário finalizar o movimento.

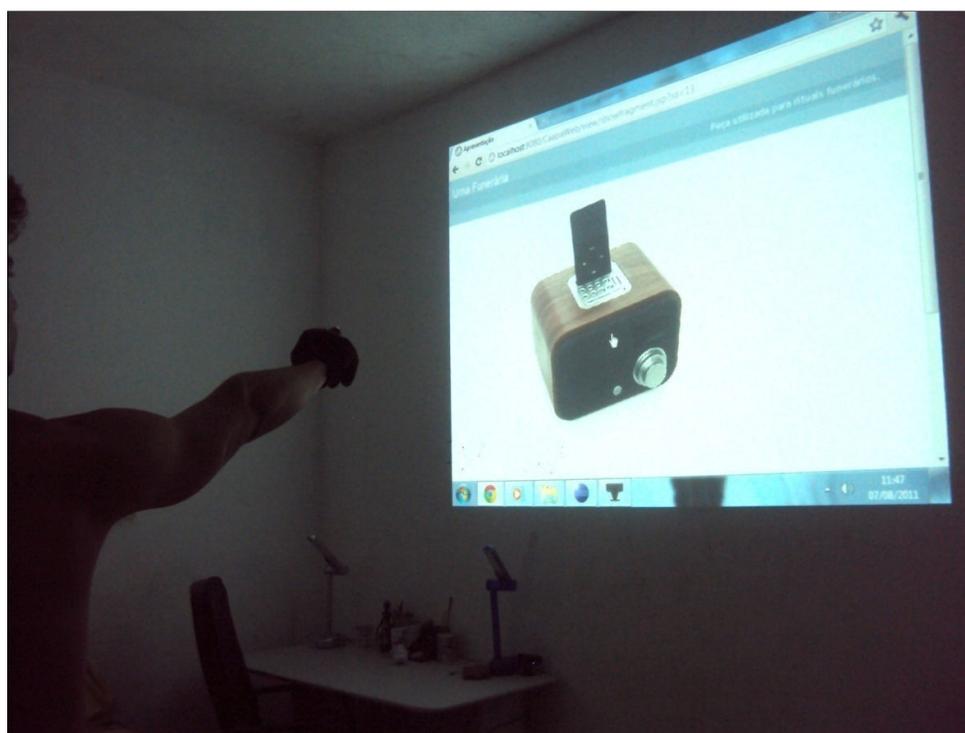


Figura 55 – Estado inicial da manipulação do modelo virtual

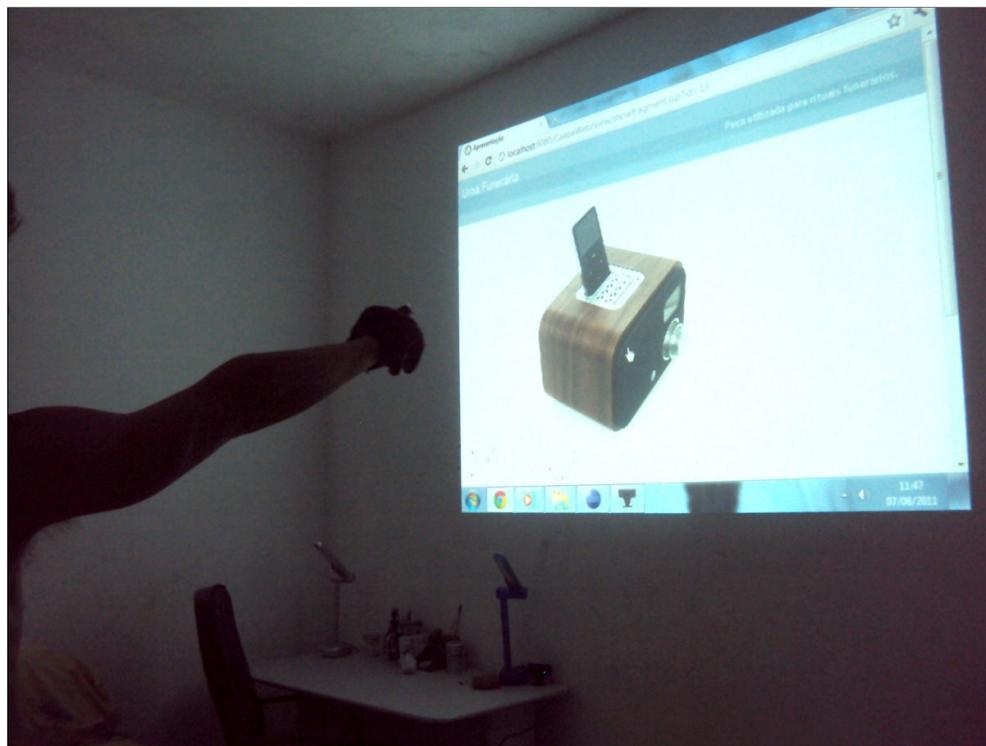


Figura 56 – Estado final da manipulação do modelo virtual

Observando as Figuras 55 e 56 é possível verificar que a rotação do objeto foi proporcional à movimentação do usuário. Para uma utilização computacional prática, acessar: <http://www.cin.ufpe.br/~fav2/>, neste mesmo local é possível acessar o código-fonte dos softwares desenvolvidos, bem como produções científicas resultante deste projeto.

No próximo capítulo serão abordadas algumas das considerações finais acerca deste trabalho, bem como algumas limitações e trabalhos futuros, fundamentados nesta pesquisa.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as conclusões, os resultados obtidos e as dificuldades encontradas, bem como possíveis trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste trabalho

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como fundamento principal a produção de um mecanismo que fosse capaz de produzir modelos 360° que pudessem ser manipulados virtualmente através de técnicas multimodais. Deste aspecto é possível inferir que o modelo virtual produzido para exposição no ambiente virtual teve o mesmo resultado, tanto para usuários com treinamento em técnicas de modelagem tridimensional quanto usuário sem este treinamento.

Portanto, esta premissa inicial implica que o mecanismo desenvolvido pode ser utilizado por qualquer indivíduo e, principalmente, por qualquer centro cultural, o que podemos considerar como a contribuição de maior relevância deste projeto.

Para a implementação deste trabalho foram realizadas, pesquisas e análises bibliográficas dos trabalhos relativos a ambientes virtuais interativos que utilizem estímulos multimodais. O ambiente computacional utilizado, se comparado a recursos mais sofisticados que podem ser utilizados para o mesmo fim, possui um menor custo de criação de ambientes virtuais.

Um fator que é transparente à maioria dos usuários, mas contribui diretamente no resultado final é iluminação da mesa digitalizadora. Para a otimização do resultado deste trabalho um estudo paralelo sobre iluminação e fotografias de objetos tridimensionais foram necessários e tiveram contribuição significativa.

Apesar da complexidade da proposta, os conhecimentos adquiridos em disciplinas ofertadas pelo programa de Pós-graduação do Centro de Informática da UFPE,

como: Realidade Virtual e Aumentada e Processamento de Imagens auxiliaram no processo produtivo. Ainda assim, foram encontradas diversas dificuldades, como criação de circuitos eletrônicos para alimentação e controle de rotação da mesa.

Podemos concluir que o trabalho obteve êxito no que se propôs, esta afirmativa fundamenta-se principalmente na análise dos resultados produzidos no Centro de Antropologia de Paulo Afonso.

Todavia, algumas limitações devem ser ressaltadas. O mecanismo de produção de modelos virtuais possui uma limitação de tamanho que impede a virtualização de artefatos com dimensões superiores a 50 centímetros de largura ou 50 centímetros de altura, apesar da possibilidade de aumentar a escala do produto atual.

O rastreamento dos comandos emitidos pelos usuários do ambiente virtual está sendo realizado por meio de dispositivos emissores de infravermelho que, neste caso, delimitam a posição espacial do indivíduo a 3 metros da projeção.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Devido às delimitações realizadas neste trabalho, algumas possibilidades de pesquisa ainda necessitam de análise. Isto é, alguns aspectos não abordados por esta pesquisa podem gerar novos trabalhos, são estas:

- Com o advento de recursos tecnológicos, principalmente, impulsionado pelos jogos eletrônicos, a naturalidade de movimentos poderia ser otimizada com a aplicação de novos métodos para reconhecimento de gestos dos usuários, sem necessidade de dispositivos adicionais.
- Atualmente, os centros de pesquisa estão isolados uns dos outros, quando analisado o aspecto compartilhamento de acervo. Nos casos mais tradicionais, a disponibilização é realizada apenas para visualização, nos portais das próprias instituições. Uma integração entre centros, no intento de criar-se um meio de permutação de acervo digital seria válido como proposta e daria uma boa contribuição para a pesquisa humana.

-
- Investigar a produção de ambientes virtuais imersivos tridimensionais, utilizando 5 projeções, sendo 1 responsável pelo rastreamento do posicionamento e as demais para a visualização do usuário.
 - Descrever e validar uma arquitetura para criação de todo o cenário arqueológico enriquecido com os modelos virtuais, isto é, integrar em uma única apresentação o sítio arqueológico com suas respectivas peças, proporcionando maior sensação de imersão aos usuários.

REFERÊNCIAS

Adobe: Learn ActionScript. “**Adobe Developer Connection**”, Disponível em: <<http://www.adobe.com/devnet/actionscript.html>> Acesso em 05-12-2010.

Alexandre, D. S.: “**Percepção Humana na Visualização de Grandes Volumes de Dados: Estudo, Aplicação e Avaliação**”, Dissertação de Mestrado em Tecnologia Multimédia, Licenciatura em Ciência da Computação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, (2006).

Azevedo Netto, C. X.: “**Práticas arqueológicas na preservação do patrimônio cultural: a interseção com o meio ambiente e identidade cultural**”, In: Simpósio Nacional de História, 23. João Pessoa. Anais. pp.122, (2003).

Azevedo Netto, C. X.: “**Memória, identidade e cultura material: A visão Arqueológica**”, Vivência, Natal, n. 28, pp. 265–276, (2005).

Barcelo, J. A., Forte, M., Sanders, D. H.: “**Virtual Reality in Archaeology**”, ArcheoPress (*BAR International Series 843*), Canada, ISBN 1841710474, (2000).

Barros, P., Pessoa, D., Leite, P., Farias, R., Teichrieb, V., Kelner, J.: “**Three-Dimensional Oil Well Planning in Ultra-Deep Water**”, *Symposium on Virtual Reality*, Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Computação, pp. 285–296, (2006).

Bastos, N. C., Teichrieb, V., Kelner, J.: “**Interação com Realidade Virtual e Aumentada**”, *Symposium on Virtual Reality*, Sociedade Brasileira de Computação, Belém-PA, Brasil, pp.129–148, (2006).

Bastos, R. L.: “**Arqueologia Pública no Brasil: Novos tempos**”, In: Mori, V. H. et al. (org.). Patrimônio: atualizando o debate. São Paulo: 9ª SR/IPHAN, pp. 155–168, (2006).

Bernardes, P. J. C.: “**Arqueologia Urbana e Ambientes Virtuais: Um Sistema para Bracara Augusta**”, Dissertação de Mestrado em Arqueologia. Universidade do Minho, (2002).

Botega, L. C., Bezerra, A., Cruvinel, P. E.: “**Análise de Imagens Tomográficas de Solos Agrícolas em Ambiente de Realidade Virtual**”, 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, Santos, Brasil, (2009).

Botega, L. C., Cruvinel, P. E.: “**Realidade Virtual: Histórico, Conceito e Dispositivos**”, Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada, Porto Alegre. pp. 8–30, (2009).

Bowman, D., Kruijff, E., LaViola Jr, J. J., Poupyrev, I.: “**3D User Interfaces: Theory and Practice**”, Boston, MA: Addison-Wesley, (2004).

Deitel H. M. Deitel. P. J.: “**Java: How to Program**”, Prentice-Hall, 7th edition, (2007).

Elias, E., Silva, J. R.: “**Fotografia para museus: Técnicas para reprodução de peças de museu**”, Revista Fotografe Melhor – Técnica e Prática, Editora Europa, nº 3, pp. 44–52, (2010).

Emmerik. M. Van.: “**A Direct Manipulation Technique for Specifying 3D Object Transformations with a 2D Input Device**”, Comp. Graph. Forum 9, pp. 355–361, (1990).

Gnecco, B. B., Guimarães, M. P., Damazio, R.: “**Ambientes de Hardware e Software para Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada**”, *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, (2007).

Gonzalez, R. C.; Woods, R. E.: “**Processamento de Imagens Digitais**”, Edgard Blücher Ltda, (2000).

Guidon, N., Vergne, C., Vidal, I. A.: “**Sítio Toca da Baixa dos Caboclos**”, Clio - Revista do Programa de Pós-Graduação em História, v. 1, pp. 127–144, (1998).

Hixon, C., Richardson, P., Spurling, A.: “**3D Visualizations of a First-Century Galilean Town**”, *Computer Applications in Archaeology*, Barcelona, Espanha, (1998).

Inácio Jr., V. R.: “**Um Framework para Desenvolvimento de Interfaces Multimodais em Aplicações de Computação Ubíqua**”, Dissertação de Mestrado

em Ciência da Computação, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, (2007).

Kelner, J., Teichrieb, V.: “**Técnicas de Interação para Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada**”, *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, João Pessoa. pp.46–65, (2008).

Kirner, T. G., Martins, V. F.: “**Development of an Information Visualization Tool Using Virtual Reality**”, *Proceedings of the 15o ACM Symposium on Applied Computing*, Como, IT, pp. 604–607, (2000).

Kirner, T. G., Martins, V. F.: “**Desenvolvimento de Ambientes Virtuais**”, *Anais SVRPS*. pp. 90–107, (2007).

Lepouras, G., Vassilakis, C.: “**Virtual museums for all: employing game technology for edutainment**”, *Virtual reality*, 8, pp. 96–106, (2005).

Lok, B., Ferdig, R. E., Rajj, A., Johnsen, K., Dickerson, R., Coutts, J., Stevens, A., Lind, D.S.: “**Applying virtual reality in medical communication education**”, *Virtual Reality Journal*, Vol. 10, No. 3, pp. 185–195, (2006).

Marques, M. A., Costa, T. K. L., Machado, L. S., Azevedo Netto, C. X.: “**Representação do Sítio Arqueológico da Pedra de Ingá com Realidade Virtual**”, *Anais do Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, Santos, Brasil, pp. 1–4, (2009).

Martin, G.: “**Pré-história do Nordeste do Brasil**”, Recife, Ed. Universitária UFPE, pp. 440, (1996).

Moreira, I. C.: “**A popularização da ciência e tecnologia como um elemento de inclusão social**”, Brasília, v.1, n. 2, pp.11–16, (2006).

Niblack, W.: “**A Introduction to Image Processing**”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 115–116, (1986).

Otsu, N.: “**A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms**”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, (1979).

- Roussouly, M. Drettakis, G.: “**Photorealism and Non-Photorealism in Virtual Heritage Representation. Museum**”, *First Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, (2003).
- Sallnäs, E., Rasmus-Gröhn, K., Sjöström, C.: “**Supporting presence in collaborative environments by haptic force feedback**”, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, v. 7, No.4, pp. 461–476, (2000).
- Sanders, D. H.: “**Archaeological publications using virtual reality: case studies and caveats**”, *Computer Applications in Archaeology*, Barcelona, Espanha, (1998).
- Santos, A. D., Machado, L. S.: “**Realidade Virtual Aplicada ao Ensino de Medicina: Taxonomia , Desafios e Resultados**”, Universidade Federal da Paraíba – Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística, (2009).
- Sauvola, J., Pietikainen, M.: “**Adaptive document image binarization**”, *Pattern Recognition* 33: pp. 225–236, (2000).
- Seára, E. F. R., Benitti, F. B. V., Raabe, A.: “**A construção de um museu virtual 3D para o ensino fundamental**”, *Infocomp Journal of Computer Science*, 4 , pp. 78–83, (2004).
- Siscoutto, R. A., Kirner, C.: “**Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**”, *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Livro do Pré-simpósio, João Pessoa-PB, Brasil, pp. 1–20, (2008).
- Sutherland, I. E.: “**Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System**”, *AFIPS Conference Proceedings, Spring Joint Computer Conference*, Detroit, (1963).
- Teichrieb, V., Kelner, J.: “**DEMEditor: a Virtual Reality System to Enhance the Precision of Digital Elevation Models**”, *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing*, Maryland, pp. 228-236, (2004).
- Teixeira, J., Silva, D., Moura, G., Costa, L., Teichrieb, V., Kelner, J.: “**miva: Constructing a Wearable Platform Prototype**”, *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, (2007).

- Trenhago, P. R., Oliveira, J. C.: “**Ambiente de Realidade Virtual Imersivo Para Visualização de Dados Biológicos**”, *Symposium On Virtual and Augmented Reality*; Natal-RN, Brasil, v.1, pp. 222–229, (2010).
- Van Praët, M.: “**Heritage and scientific culture: the intangible in science museums in france**”, *Museum International*, 56 (1-2), pp. 113–121, (2004).
- Vaz, F. A., Vanderlei, I. M., Campos, M. A., Carvalho Filho, E. C. B.: “**RINAD: Um Modelo de Integração para Acesso ao Acervo Arqueológico, Utilizando Interação Multissensorial em Ambientes Virtuais**”, INFOBRASIL, Congresso Tecnológico TI e Telecom InfoBrasil, Fortaleza-CE, Brasil, (2011).
- Vaz, F. A., Vanderlei, I. M., Carvalho Filho, E. C. B., Campos, M. A., Vergne, M. C. S.: “**Modelo para produção de Ambiente Virtual Interativo Utilizando Navegação Multimodal**”, RIOS - Revista Científica, No. 7, ISSN: 1808-9321, (2010).
- Vergne, M. C. S. “**Complexidade Social e Ritualidade Funerária em Xingó: Apontamentos Teóricos para Compreensão das Práticas Mortuárias do Sítio Justino, Canindé de São Francisco – SE**”, *Canindé (MAX/UFS)*, v. 9, pp. 25–58, (2007).
- Yonghee. Y., Sung. M.Y., Jun, K.: “**An Integrated Haptic Data Transmission in Haptic Collaborative Virtual Environments**”, *6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, pp. 834–839, (2007).