

Desenvolvimento de Projeção Mapeada Interativa para Museu de Ciências Naturais

Lidiane Mara do Nascimento Pereira and Rosilane Ribeiro da Mota

Instituto de Ciências e Informática

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Belo Horizonte, Brasil

lidianemara93@gmail.com, rosilane@ufmg.br

Resumo—Este trabalho apresenta uma aplicação de um *Video Mapping* em um dinossauro no Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, com o objetivo de sistematizar e universalizar o acesso cultural e científico por meio de melhorias de interação do público com a obra através do uso de Realidade Aumentada e jogos digitais (AR Games). Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a plataforma *Arduino*, sensores ultrassônicos e um projetor multimídia. A aproximação do visitante dos sensores para verificar os dados da obra inicializa o som e altera a projeção, ocorrendo uma interação lúdica por meio do *Processing* para fazer a conversão de dados do *Arduino* e para projetar a animação através do *Resolume*. O processo para avaliação da projeção mapeada foi realizado através do questionário “Interação por Video Mapping com obra no Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais”, aplicado logo após o visitante interagir com a obra, sendo feita uma análise qualitativa dos dados obtidos.

Palavras-Chaves-arte e tecnologia. museu. projeção mapeada. realidade aumentada. interação lúdica, AR Games.

I. INTRODUÇÃO

Essa junção entre jogos digitais e Realidade Aumentada se faz valer positivamente em vários meios, principalmente, na divulgação de aspectos culturais por meio do incentivo às visitas aos museus, compondo atividades escolares sobre os temas relacionados a cada um deles. A criação das tecnologias sociais está interligada às tecnologias na educação, fornecendo, assim, material para novas criações e uma nova compreensão do mundo contemporâneo, promovendo uma interatividade entre aspectos culturais e o ensino, descentralizando a visão passada pelo educador ou pela instituição de ensino. Com base nisso, discutiremos em que medida a virtualidade aplicada no museu relaciona-se com as atuais tecnologias na produção de jogos digitais e o quanto essas tecnologias tendem, na verdade, a transformar o próprio museu de arte contemporânea em lugar de guarda de documentação mais do que de obras de arte propriamente ditas [1].

Em vista disso, Museus de Ciências sempre foram um importante espaço educacional não-formal, diminuindo a distância entre a Ciência e a sociedade. Assim, contribuindo expressivamente para a divulgação e popularização da Ciência, uma vez que os acervos trazem objetos e artefatos de diferentes épocas do desenvolvimento da Ciência Mundial.

Por meio de exposições é feito o resgate à História da Ciência e da Humanidade através de exposições, do contexto cultural, histórico, político, econômico e social [2]. O Museu Interativo tem a capacidade de criar experiências memoráveis e na maioria das instituições buscam novas formas de trabalhar o museu, tornando-o mais atrativo. Museus Interativos são mais tecnológicos e despertam o interesse e a curiosidade dos que o visitam, aproximando o visitante dos conteúdos e do próprio museu [3].

Em vista disso, este projeto se propõe a estabelecer diálogos por meio da interação típica entre jogadores e aplicações com Realidade Aumentada, estimulando pensamentos sobre a interatividade humana e promovendo uma experiência lúdica para construir e transformar significados no cotidiano, em sua implementação no Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, juntamente com o auxílio da técnica de *Video Mapping* - ou - Projeção Mapeada.

O objetivo geral deste trabalho propõe, por meio de uma perspectiva experimental e da utilização de *Video Mapping* a implementação de uma instalação interativa. A intenção central é fazer uma referência às oportunidades de aprendizagem e gerar um fluxo de informações fora do espaço físico e temporal deste recorte de realidade que é a interação lúdica, disponibilizadas pelo museu e mediadas pelo uso das tecnologias digitais. Temporal, pois o papel do museu não existe apenas naquele momento da interação, mas no cotidiano. Desta forma, uma vez que permitidas, são desenvolvidas soluções interativas a partir de objetos expostos nos museus. Os objetivos específicos consistem em:

- analisar os ambientes e objetos para utilizar a projeção;
- analisar os *softwares* para *Video Mapping*, com foco naquele que apresenta os melhores recursos para realizar a projeção mapeada (requisitos mínimos e descrição);
- desenvolver uma interação com o dinossauro através de som e animação;
- proporcionar para que o público visitante tenha uma experiência interativa diferenciada em relação à proposta deste trabalho;
- testar e validar o projeto.

A projeção mapeada pode ser utilizada para diversas finalidades publicitárias, artísticas, arquitetônicas e para o

entretenimento audiovisual. A combinação de experimentos com plataformas técnicas e, também, com a utilização de *softwares* são as principais ferramentas para realização deste projeto. Em vista de aprofundar as questões sobre essas novas potencialidades de intervenções, o aparato da arte e da tecnologia servem como inspiração para ações que objetivam a transmissão do passado para gerações futuras. A transdisciplinaridade estimula uma nova compreensão do conceito de realidade contemporânea como um direcionamento para toda forma de ação que oferece suporte à preservação do patrimônio histórico-cultural [4].

Este trabalho cria possibilidades teóricas para otimizar a experiência do público visitante do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Embora a concepção dele esteja voltada para o tradicional, há uma necessidade de ampliar a experimentação do público com as exposições e coleções temporárias ou permanentes que o integram. O grande desafio é compreender as características dos públicos visitantes do espaço-museu, sem desconsiderar aqueles que não visitam, em concordância com a realidade de que nem todos têm as mesmas oportunidades para adquirir, de forma igualitária, o conhecimento residente no espaço-museu.

Percebe-se, então, que, ao longo do tempo, a cidade formal é posta pelos interesses do capital e das classes dominantes. Em contraponto, as que progressivamente conquistam legal ou ilegalmente o espaço privado, aos poucos, também acabam por ocupar o espaço público, cercando as atividades da população em geral, que deveriam se desenvolver de forma livre e espontânea, sem exclusões de quaisquer natureza social [4].

Para a utilização do processo interativo de jogos digitais em museus, notadamente os ambientes em Realidade Virtual objetivam investigar técnicas, metodologias e estratégias que contribuíssem para favorecer, enriquecer e ampliar as possibilidades de acesso ao conhecimento às pessoas que visitam os museus, assunto que assume especial relevância para as sociedades, como a brasileira, onde a exclusão aos bens culturais e científicos são sentidas por grande parte da população [5].

II. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta subseção é apresentada uma visão geral das técnicas e tecnologias existentes, as quais se relacionam com o tema proposto. Além disso, uma pesquisa sobre *Video Mapping* e suas aplicações foi realizada. Os trabalhos citados e outros trabalhos relacionados podem ser encontrados nos Periódicos Capes, ao buscar pelos termos “*video mapping*”, “*projeção mapeada*”, “*museus digitais*”, “*realidade aumentada*” ou similares.

A. Video Mapping (VM)

A projeção mapeada é uma técnica que consiste na projeção de vídeo em objetos ou superfícies irregulares. Por meio

da utilização de um *software* especializado, os objetos 2D ou 3D são formados virtualmente. A partir dessas informações, o *software* interage com um projetor para adaptar qualquer imagem à superfície do objeto escolhido.

De acordo com Garcia [6], o *video mapping* é uma forma de expressão artística e comunicativa, a qual utiliza interfaces tecnológicas audiovisuais e computacionais. Apresenta-se um levantamento bibliográfico em três seguintes vertentes: o contexto histórico e cultural, o uso da Realidade Aumentada e o Cinema. O contexto cultural e histórico aborda o surgimento da técnica na cultura *Vjing*, de onde os VJs são responsáveis pela manipulação de imagens em tempo real com auxílio de um som. A cultura *Vjing* teve início paralelo à história do Cinema que possuem o mesmo âmbito técnico e estético de projeções, sendo uma prática o uso de lanternas e outros dispositivos para projetar luzes. Ambos criaram um caminho diferente na história com uma linguagem própria. Com o apoio das novas tecnologias de jogos digitais desenvolvidas ao longo do século XX, essa união entre som e imagem tornou-se uma junção mais essencial. Atualmente, as projeções são feitas de maneira digital por interface de computador, o que foi possível devido ao desenvolvimento de *softwares* específicos para projeções de vídeos que atendessem à demanda das apresentações em tempo real.

Assim, será acarretado um novo significado para o *video mapping* com a intenção de misturar a realidade física e a virtualidade no ambiente de maneira mais sutil, para que não interfiram na experiência sensorial de quem se submete ao processo de observação.

1) *Cálculo de Projeção*: Um ponto muito importante no projeto para instalações que envolvam projeções é a decisão sobre qual lente utilizar. As lentes de ampliação de imagem são classificadas por um número que indica a razão entre a distância projetor-aparato e o comprimento de imagem, dada pela Equação 1. A Figura 1 mostra o tamanho do dinossauro em relação ao tamanho humano.

$$R = \frac{D_p}{C_i} \quad (1)$$

Neste caso, R é a razão da lente, D_p é a distância do projetor em relação ao suporte e C_i é o comprimento da imagem ampliada (em metros). Os valores de R variam de acordo com o modelo e o fabricante. Uma forma bem prática para calcular a distância aproximada que será necessária para a sua projeção é multiplicar a distância pela lente, dada pela Equação 2.

Dessa forma, pode-se mensurar áreas específicas de projeção. Essa mesma regra pode ser aplicada para se descobrir altura em *pixels*. Essa regra é importante para saber onde posicionar os elementos visuais na hora de produzir a imagem ou vídeo a ser projetado. Seguindo esses fundamentos, a potência garante que a imagem ficará nítida e a resolução satisfatória, reforçando quanto maior o valor, maior é a

definição na projeção

$$\text{Comprimento de Tela} \times \text{Distância entre Tela e Projetor} = \text{Razão} \quad (2)$$

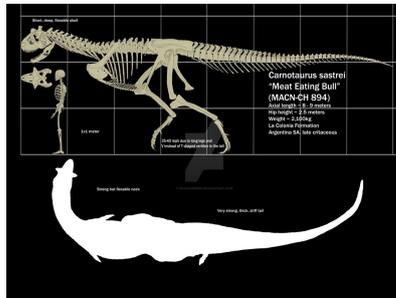


Figura 1. Dinossauro Carnotaurus Sastrei

Fonte:1

B. Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações hápticas) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos.

Ela combina recursos de multimídia e realidade virtual, para apresentar elementos misturados de boa qualidade e prover interação em tempo real. Como a realidade aumentada mantém o senso de presença do usuário no mundo real, há uma forte tendência em usar recursos tecnológicos ocultos do usuário para deixá-lo livre em seu ambiente [7].

Nas projeções mapeadas, a exploração de formas geométricas, efeitos de luz e sombra ou grafismo que produz uma constante referência a si mesma, cria interações e movimentos específicos para uma superfície. Diversos artistas que trabalham com essa tecnologia tentam explorá-la de todas as formas possíveis, algo muito comum com qualquer tipo de nova tecnologia. Essas explorações colocam superfícies estáticas em movimento, numa performance em conjunto com a imagem e o som. As projeções de um ambiente virtual numa superfície possíveis e enxergar a olho nu é o que constitui a Realidade Aumentada. O espectador-interator vai muito além do aspecto visual, visto que as projeções podem ocupar mais de uma superfície, sendo a partir dela que surge o caráter da realidade aumentada, quando este passa a assimilar tudo aquilo que vê nas projeções como parte de uma realidade que integra o ambiente [8].

C. Trabalhos Relacionados

Segundo Marins [5], um dos objetivos dos museus na atualidade é promover a aproximação e a compreensão pública da ciência e da tecnologia mediante atividades e

experiências educativas informais apoiadas em enfoques interativos, experimentais e lúdicos, levando em consideração o papel do Museu na formação de consciência crítica de um mundo em constante transformação. De acordo com o Conselho Internacional de Museus (ICOM), museus são instituições que adquirem, conservam, pesquisam e exibem, com finalidades educacionais e de entretenimento, evidências materiais e imateriais dos povos e de seu ambiente, ou seja, os museus são repositórios de objetos e do conhecimento que está associado a eles. Nesse sentido, os museus representam uma inestimável oportunidade de inclusão cultural e social, principalmente, para as comunidades que possuem dificuldade de acesso aos bens culturais e científicos. Ainda segundo Marins [5], o uso das tecnologias digitais em museus deve estabelecer vinculações entre os objetos e o conhecimento, oferecendo ao visitante oportunidades de aprendizagem relativa a esses objetos em seu contexto original vinculado com questões atuais e tópicos de interesse do visitante. As novas tecnologias digitais permitem estabelecer um diálogo interativo, que implica na mudança de um paradigma conservador, que se reduzia à simples observação da coleção por parte do visitante. Neste sentido, os objetivos educacionais dos museus podem ser facilitados ou acelerados pelas tecnologias digitais, tais como jogos digitais e Realidade Aumentada, uma vez que elas permitem que sejam desenvolvidas atividades interativas a partir dos objetos expostos que antes seriam impossíveis. Desta forma, um conceito que assume vital importância é o da manipulação, que implica em uma ação física sobre a exibição. O conceito de manipulação é um pré-requisito, mas não uma condição suficiente para que se chegue à compreensão; para que a experiência perceptiva seja significativa, a informação deve ser, ao mesmo tempo, relevante para o visitante.

Todavia, para que se possa entender e explorar o uso de jogos digitais e Realidade Aumentada nos museus brasileiros, precisamos investigar de que maneira elas podem ajudar a criar novas visões e soluções para que as diversas audiências, que visitam ou que serão atraídas a visitar os museus, possam se apropriar e se beneficiar do conhecimento que está associado aos objetos colecionados, estabelecendo nexos com a cultura que estão inseridos e assim proporcionar oportunidades de aprendizagem de “livre-escolha”, informal ou continuada.

A partir de um estudo exploratório, de utilização de *games* em museus em parceria com o Grupo de Realidade Virtual, o Grupo de Paleovertebrados do Museu Nacional e o Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi desenvolvido um *game* utilizando quadros de Salvador Dali.

O *game* é composto por um único nível, onde o usuário “caminha” por um cenário de deserto, inspirado no quadro “Persistência da Memória”, e encontra elementos que remetem a outras obras de Dali, conforme a Figura 2.

Segundo Alves [4], a compreensão de um espaço e de



Figura 2. Protótipo do Game

Fonte:2

uma cultura gerados a partir da evolução das tecnologias da informação e da comunicação se fazem necessárias na medida em que se deseja um entendimento mais amplo das transformações na relação com o saber, das questões relativas à comunicação e à formação, dos problemas da exclusão e das desigualdades sociais nas cidades. Após o embasamento teórico apresentado sobre os conceitos citados acima, surgiu a iniciativa de uma ação coletiva e colaborativa no espaço público, mostrando como é possível potencializar o espaço público a partir da mediação digital. O evento Sarau Cidade em Greve [4] foi uma ação coletiva de várias entidades ligadas às classes trabalhadoras e acadêmicas que se encontravam de greve naquele determinado momento.

Foi feita uma projeção mapeada em um complexo ferroviário em Campo Grande/MS mostrando a importância do *graffiti*, uma técnica nascida do movimento *hip-hop* como forma de expressão cultural, caracterizada pelo ato de desenhar ou escrever em muros e paredes com tinta ou *spray*, conforme a Figura 3.



Figura 3. Graffiti Digital na fachada da Estação Ferroviária NOB - Leonardo Salles

Fonte:3

A técnica de *video mapping* permite que qualquer pessoa com acesso à tecnologia, às ferramentas e aos recursos necessários, seja capaz de criar desenhos e formas, como no *graffiti* tradicional.

III. METODOLOGIA

O processo de realização desse projeto deu-se pela conjugação de diversos aspectos a fim de selecionar os melhores componentes, principalmente a escolha do melhor projetor, e

realizar um levantamento de *software* e *hardware* necessários para técnica de projeção mapeada para se obter os resultados esperados ao longo de seu desenvolvimento. Com base nessas informações, a escolha do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, apresentou-se como um local favorável à pesquisa, por sua relevância, não apenas histórica, mas também por se definir enquanto espaço interdisciplinar com o objetivo de orientar no desenvolvimento de sua comunidade externa e interna.

Após realizar a visita técnica ao Museu, analisando as condições do ambiente para o qual a projeção seria desenvolvida, após avaliação do espaço, foi proposto que a projeção seria em um dinossauro conhecido como *Carnotaurus Sastrei*, espécie de dinossauro carnívoro e bípede que viveu durante o período cretáceo, principalmente na região da América do Sul, também conhecido vulgarmente como “Lagarto de Abel”, localizado na ala direita do primeiro andar do Museu.

Os componentes utilizados para a execução desse projeto foram um *Arduino Nano Atmega328P*, um sensor ultrassônico para iniciar o som, um sensor ultrassônico para iniciar a projeção, um projetor *Sony VPL CX 150*, um notebook Dell i7 e caixas de som. A estrutura do projetor ficou a 11 metros de distância do objeto para garantir uma distância de qualquer obstáculo e aproximadamente três metros de altura.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com seres humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUCMG, sob o número 98565318.5.0000.5137 de CAAE. Ela foi intitulada “Interação por Video Mapping com obra do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais”, tendo seu título alterado para o atual ao longo da evolução do seu processo.

No início do experimento, o responsável pela criança recebia um termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o Termo de Assentimento, sendo que todos os responsáveis assinaram os termos expressando seu consentimento. Esses documentos continham as informações sobre a pesquisa e a solicitação do consentimento voluntário do sujeito após os esclarecimentos sobre o experimento e os registros dos dados coletados. Nele, era destacada também a possibilidade de aceitar ou não em participar do experimento, além dos elementos básicos que constam nas diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos presentes na resolução do Conselho Nacional de Saúde de no. 466/2012. Para o instrumento da pesquisa, foram elaboradas orientações escritas no Termo de Assentimento lidas pela pesquisadora para que o indivíduo antes da interação com a obra e instruções breves sobre a interação. Os sensores não invasivos utilizados na pesquisa, *Sensor Ultrassônico HC-SR04* para detectar a presença dos visitantes. Cada indivíduo recebia instruções sobre o funcionamento dos sensores e da necessidade de se movimentar próximo à ele.

O ambiente de realização do experimento foi o Museu

de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais que autorizou seu uso, de modo a facilitar a participação dos indivíduos e estabelecer um padrão de iluminação e disposição dos equipamentos. Foram utilizados dois sensores, um para iniciar o som e o outro para iniciar a projeção interativa conectados à um *notebook*.

O questionário foi aplicado ao final da interação e teve o propósito de mapear os dados de identificação das crianças, do contexto e de suas experiências com obras artísticas interativas, dos elementos que ela julgava serem mais ou menos atrativos, da influência de possíveis experiências anteriores com obras interativas. Foi solicitado ao participante a enumeração dos aspectos negativos e positivos dos testes, com indicação de sugestões de melhorias sob seu ponto de vista. Foram também solicitadas informações sobre como o participante se sentia em relação à interação e o que ele havia aprendido.

A análise dos dados coletados foi utilizando o método qualitativo. Para essa análise, separou-se a amostra de dados coletados em grupos categorizados de acordo com o ano escolar/série.

A. Diagrama do Projeto

A Figura 8 mostra um diagrama esquemático do *Hardware* idealizado para o protótipo. Foi proposta a plataforma *Arduino* com os *Sensores Ultrassônicos*.

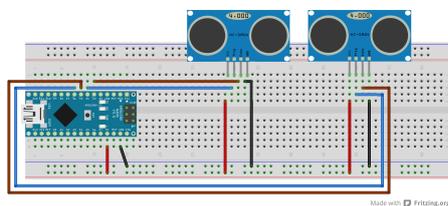


Figura 4. Diagrama do Projeto
Fonte: Elaborado pela Autora

B. Requisitos

Os requisitos foram definidos com o intuito de definir o escopo do trabalho, prover uma base para realização de testes e ajudar a verificar o funcionamento correto do dispositivo, quando concluído.

Os requisitos de *hardware* para este projeto foram:

- detectar a aproximação do visitante;
- suporte tecnológico para a projeção mapeada.

Os requisitos de *software* para este projeto foram:

- iniciar a projeção mapeada via *software*;
- iniciar a animação a partir do movimento do visitante;
- iniciar e pausar o som com o movimento do visitante.

C. Hardware

Nesta subseção serão apresentados os componentes de *hardware* que foram utilizados para a execução do projeto.

- *Arduino Nano 328p*: os principais motivos dessa escolha foram a grande quantidade de módulos, *shields* e sensores e outro fator que contribui para essa decisão foi a facilidade de desenvolver nessa plataforma.
- *Sensor Ultrassônico HC-SR04*: para leitura dos movimentos, optou-se por utilizar o sensor ultrassônico, para captar e medir distâncias de 2 cm até 4 metros com uma boa precisão.
- *Plataforma de Desenvolvimento*: este trabalho foi desenvolvido em um notebook *Dell*, modelo *i14-7460-A20G*.
- *Projetor Sony VPL CX 150*: um projetor é composto por 4 componentes principais: uma fonte de luz; um filtro que contém o “molde” da imagem a ser ampliada; uma lente que diverge os raios de luz (ampliando a imagem). Será utilizado um projetor *SONY VPL CX 150*.

D. Software

Nesta seção serão apresentados os *softwares* que foram utilizados para a execução do projeto.

- *Resolume Arena 6.1.0*: é uma ferramenta de *performance* audiovisual que nos permite reproduzir vídeo, áudio e clipes, permitindo a projeção em qualquer tipo de superfície.
- *Processing 3.4*: é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) de código aberto, construído para artes eletrônicas e projetos visuais.

E. Casos de Testes

A aplicação desenvolvida será avaliada a partir dos seguintes critérios:

- viabilidade; qualidade da projeção mapeada interativa e do som;
- identificar e caracterizar o público-alvo; definição dos conteúdos e dos conceitos a serem trabalhados;
- testar, por meio de protótipos as propostas abordadas no projeto;
- validar a iteração do objeto e o público, à partir da aplicação de um questionário.

O primeiro cenário para experimentação através de um Caso de Teste pensando em analisar a viabilidade do projeto foi o seguinte:

- *Avaliação do Museu*: O passo inicial foi ir ao Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais com o auxílio de uma *Câmera Canon Rebel T6* com uma lente de *50mm* e fotografar o

Dinossauro à uma distância de 11m;

- **Teste de Software:** O *software Resolume* será utilizado para mapear onde será feita a projeção da animação 3D. Em seguida, foi implementado a parte do *Sensor Ultrassônico HC-SR04* onde foi realizado um teste para saber se a projeção está sendo alterada conforme o visitante se aproxima, assim como o som que está sendo emitido ao aproximar do sensor. Após a realização dos testes, foi implementado no *Processing* a parte de comunicação entre o *Arduino* e o *Resolume* para realizar a integração, conforme a Figura 8;
- **Teste de Hardware:** Foi construída uma estrutura para acoplar o projetor de modo vertical à três metros de altura do chão do museu. Com a parte de *software* desenvolvida, segue para a etapa de teste dentro do Museu, conforme a Figura 5;
- **Teste no Museu:** Com o aceite prévio do Museu, foi feita a distribuição dos equipamentos e foi realizado o teste. Foram avaliados os dados de identificação das crianças, do contexto e de suas experiências com obras artísticas interativas, dos elementos que elas julgavam serem mais ou menos atrativos, da influência de possíveis experiências anteriores com obras interativas. Foi solicitado ao participante a enumeração dos aspectos negativos e positivos dos testes, com indicação de sugestões de melhorias sob seu ponto de vista. Foram também solicitadas informações sobre como o participante se sentia em relação a interação e o que ele havia aprendido;
- **Aplicação de Questionário:** Foi feita a aplicação de um questionário com a validação pelo Comitê de Ética em Pesquisa para avaliar a interação entre objeto e o público, se a aplicação era de fácil entendimento, se era exigido algum conhecimento prévio com instalações artísticas interativas, na Seção V.

IV. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho se deu em duas etapas: montagem do *Hardware* e a implementação do *Software*. Cada uma dessas etapas será descrita nas próximas subseções.

A. Hardware

1) **Projetor Sony VPL CX 150:** O suporte tecnológico foi instalado para auxiliar na Projeção Mapeada, sendo ele a interface de comunicação entre o Protótipo e a Plataforma de Desenvolvimento. Com base nos cálculos de projeção na Seção II-A1, foi utilizado um projetor *Sony VPL CX 150* que atendesse aos requisitos necessários, possuindo 3500 *lumens* para realizar o teste com a projeção mapeada.

Ele foi posicionado à 11m de distância do Dinossauro e aproximadamente 3m de altura do solo, conforme a Figura 5.



Figura 5. Posicionamento do Projetor
Fonte: Elaborado pela Autora

2) **Sensor Ultrassônico HC-SR04:** Foram utilizados 2 sensores ultrassônicos, sendo um para iniciar o som e o outro para iniciar a projeção. Os sensores foram posicionados sobre a plataforma que se encontrava abaixo do Dinossauro, para garantir que eles detectassem a aproximação do visitante, conforme a Figura 9. A fixação dos sensores foi feita na plataforma com uma inclinação de 90° e para garantir que os sensores não deslizassem, eles foram fixados com fita dupla face.

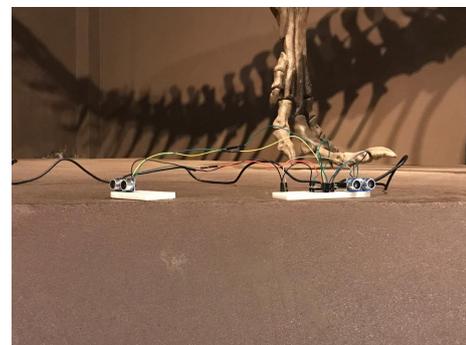


Figura 6. Posicionamento dos Sensores Ultrassônicos
Fonte: Elaborado pela Autora

3) **Circuito:** A escolha sobre a utilização de 2 sensores ultrassônicos foi para fazer a divisão entre som e animação, cada um iniciando separadamente, evitando assim, conflito entre som e animação. O circuito elétrico (Figura 8), portanto, consistiu desses 2 sensores ultrassônicos e o circuito montado é apresentado na Figura 7. Ambos os sensores foram alimentados com 5V e se conectavam com o *Arduino*. Os pinos *Echo* e *Trigger* do primeiro sensor foram conectados aos pinos digitais 7 e 8 e os pinos *Echo* e *Trigger* do segundo sensor foram conectados aos pinos digitais 5 e 6, que eram os pinos que podiam ser utilizados para dar início às intervenções, conforme a Figura 7.

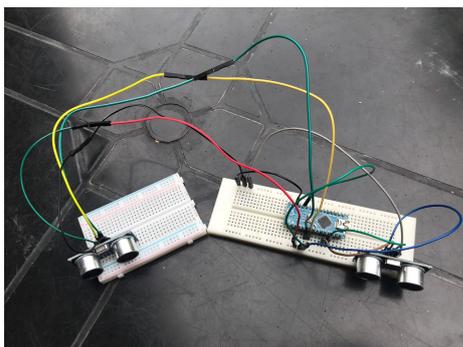


Figura 7. Circuito Montado
Fonte: Elaborado pela Autora

B. Software

Nesta etapa foram implementados os códigos do *Arduino* e *Processing*. O *Arduino* inicializava os dois *Sensores Ultrassônicos*. Quando inicializados, os dados dos sensores ultrassônicos eram atualizados sempre que o visitante se aproximava. Quando isso ocorria, os valores de orientação eram atualizados e enviados ao *Processing* sempre que havia uma aproximação. O *Processing* começava sua execução abrindo uma conexão com a porta serial para recebimento dos dados do *Arduino*. A cada aproximação era enviado um novo dado pela porta serial, indicando que o *Processing* precisava de dados mais atualizados para alterar a projeção.

1) *Código do Arduino*: O código do *Arduino* era responsável por ler os valores dos sensores ultrassônicos e enviá-los pela porta serial ao *Processing*. O *Arduino* foi conectado à porta *COM7* e alimentado com 5V.

2) *Código do Processing*: O código do *Processing* era responsável por ler os dados vindos da porta serial e fazer com que a animação fosse alterada através dos sensores ultrassônicos, e projetado pelo *Resolume*, trazendo um contexto visual para o projeto.

3) *Resolume Arena 6.1.0*: O *Resolume* foi a ferramenta de performance audiovisual responsável pela projeção mapeada e também por enviá-la para o projetor *Sony VPL CX 150* para mapear o dinossauro. Através do *Resolume* pôde-se definir as áreas do dinossauro que foram mapeadas, desenvolvendo máscaras (*slices*) para cada parte do dinossauro que foi mapeada.

Através do *framework Spout* foi possível realizar o compartilhamento de vídeo em tempo real para o *Windows*. A aplicação do *Processing* que representava o emissor da animação e a enviava para o receptor, o *Resolume*, conforme a Figura 8.

V. RESULTADOS

Nesta Seção são discutidos os resultados obtidos durante os testes e aplicação do questionário.

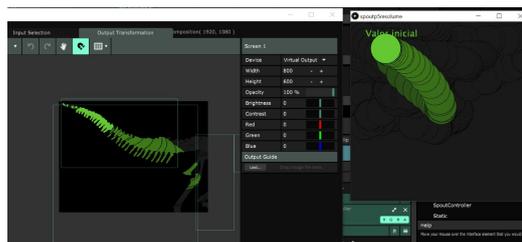


Figura 8. Resolume + Processing
Fonte: Elaborado pela Autora

A. Análise dos Resultados Obtidos

Os resultados coletados através do questionário aplicado são apresentados e analisados nas seções seguintes. Trinta crianças da Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, concordaram em participar deste estudo desenvolvido no Museu. Das 30 crianças que concordaram em participar, 24 responderam ao questionário completamente. Para esse formulário, o preenchimento de todas as questões não era obrigatório. Com base nos resultados submetidos, a média de valores foi calculada para todos os participantes para um maior detalhamento dos dados coletados.

Como mencionado anteriormente, 24 crianças concluíram o experimento, sendo a maioria deles (66,7%) estudantes do Ensino Fundamental, conforme a Tabela I.

Tabela I
 ANO ESCOLAR/SÉRIE

| Ano Escolar/Série | Frequência | Percentual (%) |
|--------------------|------------|----------------|
| Educação Infantil | 5 | 20,8 |
| Ensino Fundamental | 16 | 66,7 |
| Ensino Médio | 3 | 12,5 |
| Total | 24 | 100,0 |

Fonte: Dados da Pesquisa

1) *Avaliação da Frequência de Visitação ao Museu*: a avaliação geral da frequência foi avaliada em três níveis de nunca ter visto a sempre ver, nos últimos 3 anos. Para a amostra de visitantes, foi observado que a maioria deles (58,3%) frequentou algum museu há menos de 1 ano, conforme a Tabela II.

Tabela II
 FREQUÊNCIA DE VISITAÇÃO

| Visitação ao Museu | Frequência | Percentual (%) |
|---------------------|------------|----------------|
| Nunca Visitei | 9 | 33,3 |
| Há menos de 1 ano | 14 | 58,3 |
| De 1 a 3 anos atrás | 1 | 4,2 |
| Total | 24 | 100,0 |

Fonte: Dados da Pesquisa

2) *Avaliação da Experiência com Obras Interativas*: a análise geral da experiência com obras interativas foi em relação ao fato de o visitante ter tido ou não uma experiência

anterior similar. Para a amostra de visitantes foi observado que a maioria deles (62,5%) não teve experiências com obras interativas.

3) *Levantamento do aprendizado com a interação:* quando questionados sobre o aprendizado adquirido com a interação com o dinossauro, foram obtidas respostas positivas. Algumas das respostas analisadas foram: “Se História e Tecnologia podem estar associadas”, “Arte Moderna”, “Se percebiam que o dinossauro possuía luz”.

4) *Levantamento sobre o que mais gostou:* quando questionados sobre o que mais gostou, a grande maioria foi positiva. Algumas das respostas foram: “Cores”, “Experiência com a Interação”, “Tudo”.

5) *Avaliação da Visita ao Museu:* quando questionados se a visita havia sido interessante, todos os respondentes afirmaram positivamente. E em relação aos pontos positivos da visita, a análise de dados a partir das respostas dos estudantes contemplaram como principais respostas: “Projeção Mapeada Interativa”, “Maior aprendizado”.

6) *Avaliação do Coordenador do Museu:* O Professor Bonifácio José Teixeira, Coordenador do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, relatou sobre o valor agregado desse trabalho ao museu:

Todo processo interativo que se introduz no museu fortalece difusão do conhecimento e frequência ao museu para nós é muito importante. Muitas vezes nós não temos ainda grandes processos interativos dado o custo e sobretudo, o custo de manutenção. O museu pela grande importância ao acervo, às vezes fala por si, mas quando se introduz qualquer processo interativo, você amplia as possibilidades. Já tivemos o caso do Pleitoceno, um interessante processo que está sendo refeito agora, pois perdemos ele naquele incêndio, e está sendo refeito. E agora, esse trabalho vai dar uma nova visão para o nosso parque de dinossauros, vai ser muito bom e esperamos novas ofertas desse tipo. Parabéns pelo trabalho.¹

7) *Problemas Encontrados:* A máscara feita exclusivamente para o dinossauro não foi totalmente utilizada pelo mau posicionamento do projetor, não cobrindo a cauda do dinossauro. A iluminação do museu era baseada em seções, deixando a parte direcionada para a projeção muito escura. E devido ao barulho elevado, a qualidade do som foi comprometida.

¹ TEIXEIRA, Bonifácio José . Coordenador do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 24 de Novembro de 2018 .

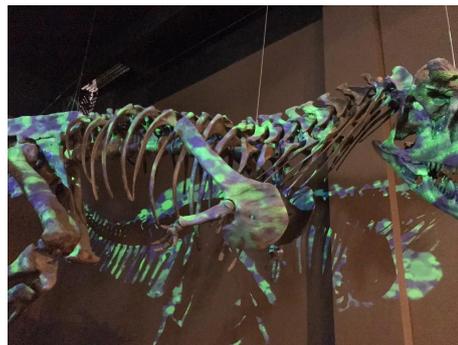


Figura 9. Projeção Mapeada Finalizada
Fonte: Elaborado pela autora

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral de implementar a projeção mapeada interativa entre crianças-jogadoras e obra-elemento jogável foi atingido. A partir da análise do contexto do trabalho desenvolvido no Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, fica evidente a importância da utilização de novas tecnologias digitais, em ambientes virtuais interativos. O outro objetivo de integrar três áreas de conhecimento foi alcançado: paleontologia, a engenharia e a educomunicação, alinhando as tecnologias e as oportunidades de aprendizagem, com a utilização de Realidade Aumentada em Museus, favorecendo assim, a inclusão cultural e científica.

Os possíveis trabalhos futuros para melhoria deste projeto incluem a utilização da técnica de multiprojeção para oferecer alta resolução e grande quantidade de brilho por fundamentar-se no uso de aglomerado de projetores (dois ou mais) e poder proporcionar uma qualidade visual superior composta por apenas um projetor. Ao considerar o custo elevado dos projetores de alto brilho e resolução, o uso de projetores convencionais em sistemas de multiprojeção pode representar uma redução sensível no custo de implementação sem comprometer a qualidade visual (Figura 10). Além disso, é necessária uma melhor fixação do circuito na plataforma próximo ao Dinossauro. Seria ideal que a animação reproduzida fosse do próprio Dinossauro feita através de fotometria para a modelagem 3D para otimizar o tempo gasto com a modelagem tradicional.

Outra possível aplicação para este trabalho é incluir outros tipos de interações com o visitante, como por exemplo: interações com objetos para compor o cenário da projeção, outras animações, projeções em mais de uma obra.

REFERÊNCIAS

- [1] B. C. Rodrigues and G. Crippa, “Arte e tecnologia: da idéia de reprodução técnica de walter benjamin às propostas de museu virtual,” *Configurações. Revista de sociologia*, no. 8, pp. 139–154, 2011.

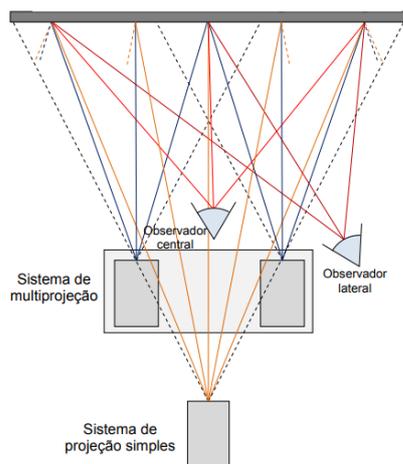


Figura 10. Exemplo de Multiprojeção

Fonte: Elaborado pela Autora

- [2] A. de Oliveira Lozada, D. Scarpa, and M. Aparecida Gurgel de Campos Miranda, “Trabalho integrado entre museu e escola: A contribuição do museu catavento cultural de São paulo para o ensino de ciências,” p. 1, 09 2012.
- [3] “Museu interativo,” Triscele, 2015, disponível em: <https://www.triscele.com.br/museologia/museu-interativo>. Acesso em Junho 2018.
- [4] G. Alves, “Ocupação dos espaços públicos: de baixo para cima e para todos os lados,” *Revista Políticas Públicas Cidades*, vol. 3, no. 3, pp. 78–92, 2015.
- [5] V. Marins, C. Haguenaer, G. Cunha, and F. Cordeiro Filho, “Aprendizagem em museus com uso de tecnologias digitais e realidade virtual,” *Revista Realidade Virtual*, vol. 1, no. 1, pp. 1984–0179, 2008.
- [6] R. d. O. Garcia, “Um estudo teórico e prático sobre projeção mapeada,” 2014.
- [7] C. Kirner and T. Gonçalves, “Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada,” *Livro do XIII Pré-Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia*, pp. 10–25, 2011.
- [8] A. Couri, “História da computação gráfica e novas mídias,” Julho 2017, disponível em: <https://hcgnm20151.wordpress.com/2017/07/23/a-realidade-aumentada-da-projecao-mapeada/>. Acesso em Novembro. 2018.