



Samuel Rogerio Milhomem Lange

**Realidade Virtual e o Museu de Ciências Espaço Ciência InterAtiva: produção de vídeos
Cinematic VR 360° como ferramenta para divulgação científica**

Orientadora:

Profa. Dra. Grazielle Rodrigues Pereira (MP-EGED/IBqM/UFRJ)

Rio de Janeiro

2024

RELATÓRIO TÉCNICO DE PESQUISA ASSOCIADO AO MESTRADO PROFISONAL EM EDUCAÇÃO, GESTÃO E DIFUSÃO EM BIOCÊNCIAS - IBqM/ UFRJ - 2024

Este relatório foi redigido em primeira pessoa do singular, uma vez que apresenta não apenas diretamente a produção, mas apresenta um histórico importante de todos os processos, todas as ações, pesquisas, leitura, trabalho, viagens, testes e experiências práticas iniciadas alguns anos antes, mas que contribuíram decisivamente para a construção de todo o conhecimento e das informações necessárias para que a produção do passeio virtual de fato fosse possível, assim como a padronização de um modelo de baixo custo. A redação desse relatório, deu subsídios para o desenvolvimento do segundo produto do TCM, o passeio em Realidade Virtual do Espaço Ciência InterAtiva.

Relatório Técnico de desenvolvimento de passeios virtuais

O ano de 2017 foi o marco inicial desta jornada, o ano em que concluí o curso de Graduação Tecnológica em Processos Gerenciais na Universidade Federal Fluminense, cujo produto apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) foi um plano de negócios para a oferta de serviços de produção de conteúdos no formato de vídeos para Realidade Virtual (VR 360), que pudessem atender demandas específicas da Indústria e outros setores da economia nacional. O Produto do TCC acabou virando de fato um projeto com a captação de investimento para desenvolvimento de um vídeo demonstrativo que foi apresentado a diversos setores. A proposta era voltada para o treinamento, capacitação e conscientização da segurança do trabalho, e foi nomeado como VR Safety. O projeto ganhou rapidamente adesão de várias empresas e, até mesmo, do Ministério Público do Trabalho, possibilitando em seu desenvolvimento, a utilização do conhecimento acadêmico adquirido para atender demandas práticas e reais da sociedade. A figura 11 apresenta a logo desenvolvida para o projeto VR Safety na época:

Figura 11: Logo do Produto VR Safety – 2017



Fonte: Arquivo do autor

O VR SAFETY consistia basicamente em um conjunto de ferramentas e vídeos para tornar o treinamento imersivo, realista, marcante, impactante, causando a fixação da experiência na memória do participante. Nos setores da indústria pesada, refinarias, óleo e gás, mineradoras, aviação, portos e outros, é necessário constante treinamento, monitoramento e atualização dos funcionários para prevenir e evitar acidentes. Nesses setores um acidente pode causar fatalidades ou mutilações graves.

O ano de 2017 foi um ano de muita aquisição de conhecimento e informação sobre a tecnologia e os processos necessários para o desenvolvimento e exibição de conteúdos em Realidade Virtual. Dentro do ambiente de trabalho que eu ocupava na época na ACERP, responsável pela TV Escola e a TV INES, foi possível que as ideias florescessem e muita prática e muita experimentação foram realizadas.

Em meados de 2017 desenhei um projeto que foi apresentado ao então Ministro da Educação, Mendonça Filho, propondo um modelo de laboratórios de Realidade Virtual em que poderia ser replicado nas Universidades Federais brasileiras, com a aquisição de equipamentos para exibição dos vídeos 360 e câmeras para produção de novos conteúdos que seriam produzidos por professores e alunos, que ficariam disponíveis tanto nos laboratórios quanto na internet para todos os públicos. Acredito que a tecnologia não estava desenvolvida o suficiente ainda ou não foi bem compreendida e o projeto não foi aprovado. Ao final de 2017, foi possível demonstrar o potencial da tecnologia tanto para projetos educacionais, culturais e demandas da indústria, o que permitiu iniciarmos, em 2018, uma série de novos projetos e recursos que

mudariam completamente a visão que as pessoas tinham da Realidade Virtual em diversos setores. Apenas como ponto adicional, vale lembrar que como toda nova tecnologia, no início ela é recebida com muita desconfiança e, até mesmo, preconceito. Foi necessária dedicação, inclusive uso de recursos próprios para a aquisição de equipamentos, licenças, livros e cursos para que um produto viável e convincente pudesse ser demonstrado, e de fato abrisse as portas para as oportunidades que foram conquistadas.

No início de 2018 tive a oportunidade de apresentar as ideias desenvolvidas para juízes, promotores e técnicos do Ministério Público do Trabalho em um seminário realizado por eles, com a finalidade de prevenir acidentes e doenças do trabalho, conforme mostram as figuras 12 e 13.

Figura 12: Palestra apresentada no 2º Seminário de Prevenção de Acidentes e Doenças do Trabalho para conscientização da Realidade Virtual como ferramenta de prevenção, treinamento e capacitação.



Fonte: Arquivo do autor

Figura 13: Sessão de prática e experimentação no 2º Seminário de Prevenção de Acidentes e Doenças do Trabalho, a Realidade Virtual como ferramenta de prevenção, treinamento e capacitação.



Fonte: Arquivo do autor

De modo bem simplificado, editei e exibi um vídeo que mostrava o processo de embarque de funcionários em uma plataforma de petróleo no formato VR 360, onde era possível ver todo o processo de transporte com helicóptero, o embarque, diversos setores da plataforma e algumas operações da estrutura onde o trabalhador teria que realizar suas funções. Este modelo tinha como proposta demonstrar, especialmente para novos contratados que nunca tinham pisado antes em uma plataforma, todo o trajeto, locais e processos que eles teriam que percorrer, buscando informar e preparar os participantes, através da Realidade Virtual, para a realidade que ele logo seria obrigado a vivenciar. Alguns anos depois, tomei conhecimento que esse processo é usado ainda hoje na Petrobras e em outras empresas de energia no Brasil e no Mundo.

Para fechar este ciclo falando da indústria, do setor privado e de demandas fora do âmbito da educação, ciência e cultura, gostaria de citar o caso do Grupo Hospitalar Santa Catarina, gestor de uma grande rede com mais de 70 hospitais em todo o país. Os diretores do grupo tomaram conhecimento do projeto através das ações e eventos onde a tecnologia era

promovida e, por duas ocasiões, tive a oportunidade de ir à sede da instituição apresentar para a diretoria e para o conselho uma ideia simples de uso da VR como ferramenta para distrair, para divertir, para tentar aliviar as jornadas longas e repetitivas de pacientes que tivessem rotinas muito estressantes em tratamentos hospitalares. A figura 14 apresenta a logo que foi criada para representar o projeto na época:

Figura 14: Logo do Produto VR Medical – 2018



Fonte: Arquivo do autor

Até então, não se tratava de nenhuma pesquisa científica, com metodologia qualificada, nem mesmo com experimentos ou experiência com pessoas, tratava-se de fato do levantamento de ideias, baseadas em demandas dos diversos setores da indústria, para produzir vídeos que pudessem ajudar nas necessidades reais que até o momento estavam sem solução.

Voltando ao tema da VR Medical, foi dado como exemplo o caso de pacientes que tinham a necessidade de realizar tratamentos com diálises e aplicações de medicamentos muito longas, que tinham à sua disposição apenas revistas ou uma televisão para passar o tempo. Desta forma, uma solução baseada em Realidade Virtual que pudesse entreter, distrair e até amenizar a experiência do paciente era muito importante. Com isso, produzi um vídeo baseado em imagens de paisagens de lugares muito bonitos e tranquilos do mundo todo, com uma trilha sonora muito calma, que chegou até a ser apresentado em um congresso da própria rede de hospitais em São Paulo, para dezenas de médicos. Os diretores do grupo hospitalar queriam criar um grupo de trabalho e avançar nos estudos e na pesquisa sobre o uso da VR, antes que de fato pudesse ser validado como um produto para uso em pacientes.

Minha atividade seria muito mais dentro do meu campo de ação, no desenvolvimento e na produção do material e dos equipamentos necessários, e a equipe de pesquisadores do hospital ficaria a cargo das pesquisas de fato. Neste ponto, vale destacar o desenvolvimento de um protótipo de equipamento que pudesse ser utilizado para esta finalidade e operado pelos funcionários do hospital de forma simples e fácil, voltaremos a este tema mais à frente.

Com o avanço das reuniões, foi possível verificar o surgimento de novas demandas muito mais complexas do que as apresentadas inicialmente, tais como usar a Realidade Virtual para treinar funcionários e médicos para lidarem com a experiência de comunicar a notícia do falecimento de um paciente para parentes e familiares. Eles queriam de fato um produto para esse tipo de treinamento, outro produto solicitado, muito mais complexo, era para ambientar crianças que passariam por neurocirurgias à sala e aos equipamentos, uma vez que, pelo que foi relatado, era um procedimento que causava bastante medo aos pacientes, haja vista que de uma hora para outra estavam em um local estranho, imóveis e sem entender nada do que estava se passando naquele momento. Houve uma experiência bem-sucedida com a criação de um produto de Realidade Virtual para a vacinação infantil, do qual não tive participação, mas pude experimentar e foi bem interessante. Encerrei meus esforços para levar soluções de VR para a indústria com uma visita ao Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes) da Petrobras, onde houve grande interesse, mas os processos burocráticos para desenvolver algo se tornaram impeditivos ao projeto. Tive a oportunidade de conhecer vários centros de pesquisa que desenvolviam para VR, empresas interessadas no assunto e fabricantes de equipamentos como o SENAI, Petrobras, Braskem do grupo Odebrecht, HTC Vive (maior fabricante de equipamentos para realidade virtual na época) e muitos outros.

Em 2018 eu era oficialmente um produtor e editor de conteúdos para Realidade Virtual, com experiência prática em todos os processos e etapas da produção até a exibição. Finalmente conseguimos a aprovação de recursos do Ministério da Educação para executar um projeto piloto em Realidade Virtual através da ACERP.

Depois da experiência com o setor privado e industrial, decidi concentrar meus esforços no setor público, através da ACERP, para desenvolver ações focadas em conteúdos educativos, científicos e culturais, amparado na relação direta que tínhamos na época com o Ministério da Educação e o Ministério da Cultura. Vale destacar que eu trabalhava diretamente com os projetos da TV Escola, o canal da educação do MEC, a TV INES, também do MEC voltada para o público “falante” de LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais), e a Cinemateca Brasileira, que abriga a história do Cinema e Audiovisual no Brasil. Essa constante mistura de produção

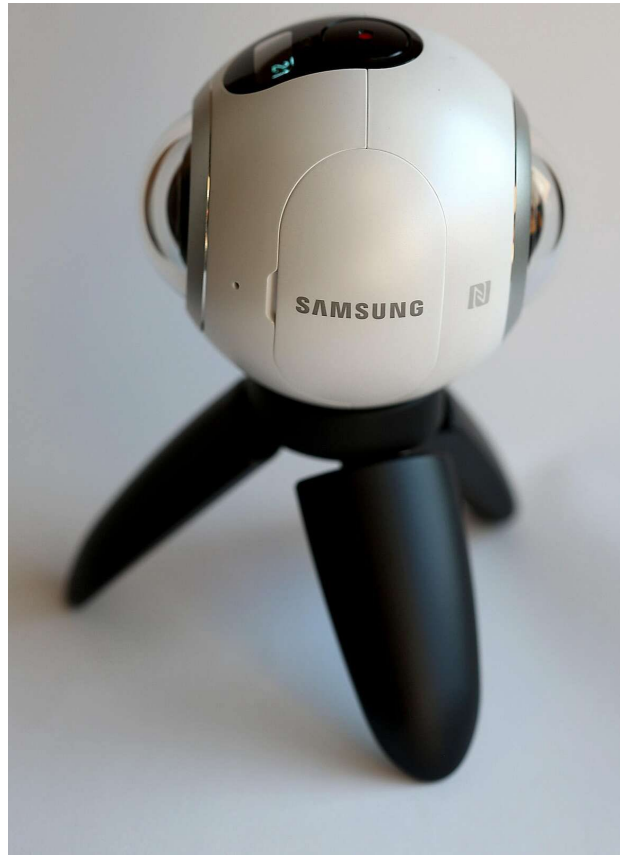
de conteúdos educativos, científicos e culturais em diversos formatos era fonte de muitas ideias criativas e, nesse contexto, depois de uma intensa campanha interna para demonstrar o potencial da Realidade Virtual, surgiu a oportunidade única para desenvolvermos algo novo, desta forma foi criado o projeto TV Escola Realidade Virtual.

O projeto consistia na criação de um passeio virtual, por cinco localidades de interesse histórico, científico ou cultural no município do Rio de Janeiro. Acabamos descobrindo no processo o potencial que a tecnologia tinha e ainda tem para a divulgação do Turismo e das belezas naturais do Rio de Janeiro, fato que chegou a ser apresentado e apreciado pelo presidente da Riotur (Empresa de Turismo do Município do Rio de Janeiro) durante um evento que se desdobrou em algumas reuniões.

Depois de algumas reuniões para a modelagem do projeto, descobrimos que, de fato, nossos equipamentos para a captação de imagens não atendiam aos requisitos necessários para lançar um produto de qualidade. Então tivemos que buscar no mercado, profissionais com experiência em tecnologias de captação de imagens para este novo formato, tão inovador para a época. Até então, estávamos trabalhando com vídeos já gravados por outras empresas, cuidando apenas do processo de edição e ajuste das imagens, agora passamos a acompanhar o processo de captura, tratamento e finalização das imagens diretamente.

Contávamos com uma câmera Samsung Gear 360 de 2017 (Figura 15) que realizava a captura, tanto de fotos quanto de vídeos, gerando o material para Realidade Virtual, fundindo o que era captado por duas grandes lentes esféricas, com resolução máxima de 4k. Esse processo era ineficiente do ponto de vista da qualidade e, até mesmo, da produção que não fosse para fins de pesquisa ou testes.

Figura 15: Câmera Samsung Gear 360.



Fonte: Arquivo do autor

A Câmera Gear 360 era uma câmera 360° da Samsung que foi lançada no Brasil em junho de 2016, com duas câmeras estilo olho de peixe CMOS de 8,4 megapixels com processador de imagem DRIMe5s, captura vídeos no formato MP4 (H.265) com resolução de 4.096 x 2.048 (24 fps), captura imagens no formato JPEG de até 15 megapixels e áudio nos formatos MP3, M4A, AAC e OGG. O formato final do vídeo entregue pela câmera em MP4 (H.265) era uma inovação, pois misturava alta qualidade com um tamanho de arquivo menor, contudo gerava um problema adicional pois o formato ainda não era reconhecido por muitos players de vídeo, o que dificultava muito o processo de edição e exibição. Notem que a quantidade de pixels da imagem gerada era quase o dobro da quantidade de pixels gerada para o vídeo.

Precisávamos encontrar uma solução adequada dentro dos recursos que tínhamos disponíveis dentro do projeto. Chegamos a experimentar outros modelos de câmera parecida, como a Nikon Key Mission 360, que conseguimos emprestada de um colega que trabalhava na TV Brasil, mas o resultado não foi muito diferente do primeiro com a câmera Samsung. Na figura 16 é possível ver a câmera Nikon utilizada no projeto.

Figura 16: Câmera Nikon KeyMission 360 – Manual do Fabricante



Fonte: Site do fabricante

A Nikon KeyMission 360 é uma câmera de ação de lente dupla que captura simultaneamente duas imagens de 180° + UHD 4K e as costura automaticamente em um único vídeo de 360° , também é capaz de gravar vídeos de resolução Ultra HD 4K a 24 FPS, vídeo Full HD 1080p a 24 FPS, vídeo 1440 x 960 de até 30 FPS e imagens de 29MP. De certa forma, era superior à câmera Samsung em qualidade e requisitos técnicos, mesmo assim não atendia as necessidades do projeto.

É importante esclarecer a diferença entre a resolução gravada e a que vai ser vista nos óculos VR, pois o produto basicamente tem a resolução dividida por 2 e acaba perdendo até 50% da qualidade final. Por isso é necessário gravar esse tipo de material com a maior e melhor qualidade possível, pois haverá uma perda considerável quando o material for transferido e executado pelo equipamento onde o usuário irá visualizar as imagens.

A alternativa escolhida veio através da contratação de uma empresa especializada que apresentou uma solução que já havia sido testada de forma comercial para o desenvolvimento de produtos de realidade virtual para empresas do setor de telecomunicações.

Como grande maioria dos equipamentos profissionais, com câmeras e acessórios custando milhares de dólares, fora o processo burocrático de importação e a demora envolvendo a logística, a solução apresentada foi tão simples quanto complexa ao mesmo tempo, uma vez que não era possível comprar uma câmera profissional naquele momento do projeto. A proposta foi realizar a captura de imagens com uma câmera fotográfica profissional de alta qualidade, com uma lente angular bem grande, trabalhando com um tripe e rotacionando a câmera em

torno de todo o eixo horizontal da câmera, fazendo a captura completa de imagens em literalmente todas as direções, para posteriormente essas imagens serem tratadas e costuradas por um profissional que transformaria esse conteúdo em uma imagem para Realidade Virtual. Ou seja, já que não era possível comprar um equipamento profissional que fizesse todo esse procedimento de forma automática, fizemos de forma manual e sem perder a qualidade. A câmera Canon EOS 5D pode ser vista na figura 17 :

Figura 17: Câmera Canon EOS 5D e Lente Grande Angular – Página oficial da Canon



Fonte: Arquivo do autor

O procedimento apresentava uma solução simples em relação a questão do equipamento que não podia ser comprado naquele momento, porém criava outra série de requisitos técnicos que precisavam ser muito bem monitorados:

- a) O local devia estar completamente vazio, do contrário pessoas poderiam aparecer nas imagens de forma indesejada.
- b) A equipe de captura das imagens precisava acertar todo o equipamento e buscar um local para se esconder, do contrário também apareceria nas imagens.
- c) A iluminação precisava estar adequada pois nesse tipo de procedimento não é possível trabalhar com equipamentos de apoio como luzes e holofotes.
- d) Era necessário captar três ou quatro imagens no eixo horizontal do tripe, depois uma na vertical para cima e uma para baixo, para fazer a composição completa de uma esfera de imagem.

Como parte do registro dos processos de produção, foram registradas algumas imagens reais feitas nos dias das gravações para demonstrar o processo de produção, conforme é possível ver nas figuras 18 e 19.

Figura 18: Processo de Captura de Imagens para a composição da imagem VR 360 no Cristo Redentor – RJ



Fonte: Arquivo do autor, 2018

Figura 19: Processo de Captura de Imagens para a composição da imagem VR 360 no Cristo Redentor – RJ



Fonte: Arquivo do autor, 2018

Como resultado, após a captura, tratamento e costura do conjunto de imagens, foi obtida uma imagem final no formato equiretangular que serviria para compor o passeio virtual como imagem 360, conforme demonstrado na figura 20:

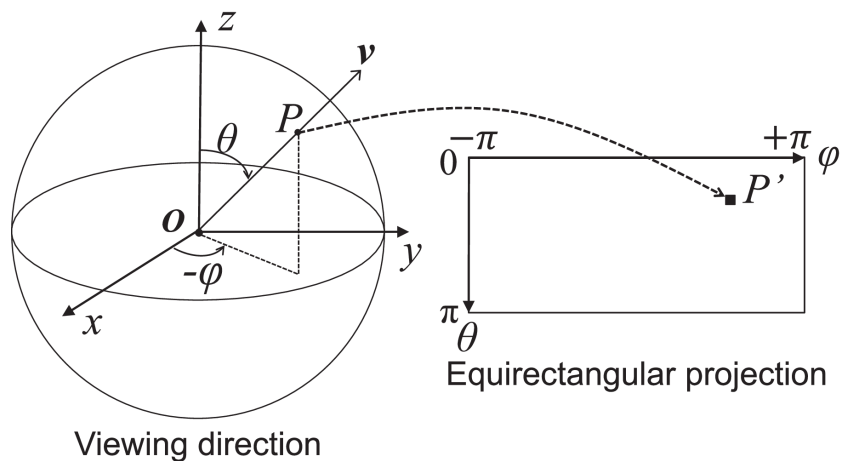
Figura 20: Imagem Equiretangular obtida através do processamento de diversas imagens capturadas do local – Cristo Redentor – Rio de Janeiro – RJ



Fonte: Arquivo do autor, 2018

A projeção equiretangular nos ajuda a entender como cada parte da composição vai ser visualizada no ambiente virtual, ou seja, em uma projeção tridimensional do plano, que na prática é um cubo, mas que na percepção do usuário se torna o mundo ao seu redor, ou seja, uma esfera. Essa projeção pode ser melhor compreendida através da figura 21.

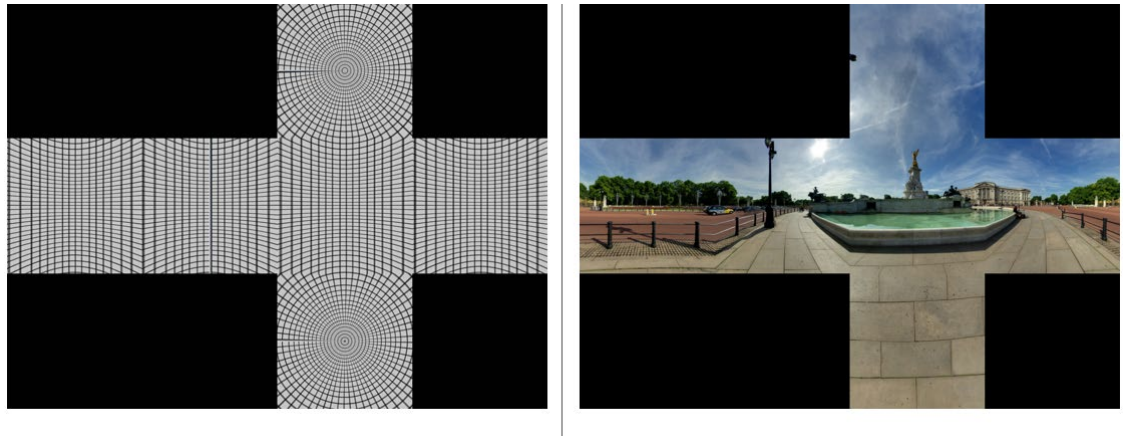
Figura 21 – Projeção Equiretangular



Fonte: Equirectangular convolution in Panoramic image (Medium, 2023)

As partes ou lados da imagem devem ser adequadas para compor cada um dos lados do cubo que vai se transformar na imagem em 360° que fará parte da experiência de Realidade Virtual. Na figura 22, podemos ver a modelagem e a adequação da imagem para compor o cubo.

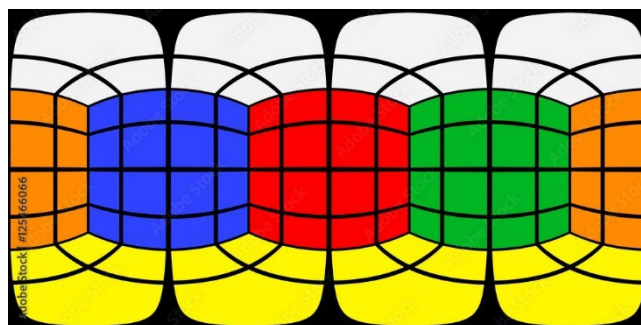
Figura 22 – Transformação do panorama em Equiretangular para o mapa em Cubo



Fonte: Stack Over Flow, 2023.

Outra modelagem que nos ajuda a entender melhor o comportamento da imagem equiretangular é o mapa de faces internas do cubo 360°, permitindo um entendimento mais nítido dos lados que serão vistos pelo usuário de Realidade Virtual. Desta forma é possível, inclusive, trabalhar o planejamento da captura de imagens, definindo o que vai ser o ponto principal de atenção, ou ponto central, o que vai estar à direita ou à esquerda, e na parte de trás. Na figura 23, podemos ver ainda outra forma de retratar a imagem equiretangular, de modo que seja possível estabelecer os pontos de interesse da imagem na produção VR.

Figura 23: Panorama esférico das faces internas do cubo 360° por 180° graus completos em projeção equiretangular.



Fonte: Banco de Imagens Adobe Stock, 2023.

Note que o ponto principal de atenção, ou seja, o ponto central está marcado de vermelho bem a frente. Os quadros azul e verde representam o que ficará à esquerda e à direita, respectivamente, a parte laranja delimita o que vai ficar atrás, exatamente oposto ao ponto de visão frontal e, por fim, amarelo representando o chão, e o branco a parte de cima da composição. Este mapeamento é a base fundamental para se trabalhar com a composição de imagens para Realidade Virtual Cinemática (Cinematic VR 360).

Além das questões técnicas, outros procedimentos em relação às autorizações, deslocamento de equipes e burocracia faziam parte da rotina diária do projeto.

Os cinco pontos de partida para os passeios virtuais selecionados foram o Corcovado, a Lapa, a Praça Mauá, a Praça XV e a Quinta da Boa Vista com a seguinte distribuição de pontos principais:

Ponto 1 – Partindo do Corcovado

- Estação de Trem do Corcovado
- Cristo Redentor
- Pão de Açúcar
- Maracanã
- Lagoa Rodrigo de Freitas
- Jockey Clube
- Copacabana
- Baía de Guanabara

Ponto 2 – Partindo da Lapa

- Arcos da Lapa
- Estação do Bondinho
- Sala Cecília Meireles
- Igreja a Lapa
- Escadaria Selarón
- Escola de Música da UFRJ
- Praça Paris
- Catedral Metropolitana

Ponto 3 – Partindo da Praça Mauá

- Estátua do Barão de Mauá
- Museu do Amanhã
- Edifício a Noite
- Mosteiro de São Bento

- Píer Mauá – Murais do artista Cobra
- Zona Portuária
- Pedra do Sal

Ponto 4 – Partindo da Praça XV

- Praça XV Central
- Antigo Chafariz
- Paço Imperial
- General Osório
- Igreja do Carmo
- Palácio Tiradentes
- Dom João VI
- Ilha Fiscal

Ponto 5 – Partindo da Quinta da Boa Vista

- Templo de Apolo
- Coreto
- Entrada do Zoológico
 - o Falcão
 - o Estátua do Macaco Tião
- Estátua do Dom Petro II
- Estatua da Imperatriz Leopoldina
- Museu Nacional
 - o Entrada do Museu – Meteoro
 - o Escadaria Interna
 - o Dinossauros
 - o Preguiças Gigantes
 - o Fosseis
 - o Minerais
 - o Espaço Ciência Acessível – Vida Marinha
 - o Antropologia – Máscaras e Artefatos
 - o Jardins do Museu

Com a conclusão do processo de captura e tratamento de imagens, foi possível dar início ao desenvolvimento de um aplicativo criado exclusivamente para o sistema operacional de celulares e smartphones Android, que poderia ser publicado e amplamente difundido em todo o país. Previamente, antes da captura de imagens, houve a criação de um roteiro, com a

consultoria de professores, para que uma história fosse contada acompanhando a parte visual do projeto. Um professor de história foi o narrador de todas as 5 jornadas que tinham duração de aproximadamente 10 (dez) minutos cada uma. Da forma que foi desenvolvida, a aplicação permitia que as áreas pudessem ser visitadas individualmente, usando apenas o movimento da cabeça apontando para o local que o participante quisesse visitar na sequência.

Fui o responsável pelo processo de testes e qualidade do projeto, tendo assistido e experimentado a experiência do passeio virtual inúmeras vezes à procura de falhas ou partes que necessitavam de ajustes, contribuindo diretamente para as diversas melhorias que acabaram fazendo parte da versão final da aplicação.

Um dos resultados mais importantes obtidos com o projeto foi o aprendizado, sem dúvida o maior legado foi poder aprender com erros e acertos, sobre todas as etapas do processo de produção para Realidade Virtual no formato VR 360.

Todo aprendizado, desde o mais simples manuseio da primeira câmera VR, o uso dos óculos VR feitos de papelão com lentes de acrílico, até o entendimento de coisas mais complexas passaram por uma longa jornada que teve início em 2017, e com a conclusão do projeto TV Escola Realidade Virtual, estava completando um ano. Nesse período foi possível perceber que a tecnologia deu um salto de qualidade, com inovações em todas as etapas da cadeia de produção e exibição.

Nesta parte, gostaria de compartilhar pontos extremamente importantes que foram aprendidos na prática do dia a dia, com erros e acertos, buscando informações com profissionais da área, consultando manuais de fabricantes e, até mesmo, os próprios fabricantes participando de debates e eventos, e lidando com a falta de literatura especializada na tecnologia, especialmente em língua portuguesa.

Respeitar os limites, regras e normas para o uso de toda tecnologia é fundamental para que a experiência ocorra de forma adequada e segura. Contudo, quando uma tecnologia é muito nova, ou mesmo que não seja realmente nova, mas esteja sendo oferecida há pouco tempo ao público, de modo que não existam ainda padrões ou regras para todas as características, temas ou questões importantes que podem se desdobrar do uso dela, como devemos proceder?

Para responder a essa pergunta, criamos um grupo de trabalho que estava encarregado de testar exaustivamente, dentro da ACERP, as experiências diretamente relacionadas às novas tecnologias. Muito do que foi vivenciado na prática, ajudou a direcionar as melhorias e padronizações de processo que, posteriormente, foram colocados em prática, primeiro em experimentos internos com o corpo de funcionários, antes de ser de fato levado ao público. Vale

destacar que o grupo de voluntários internos que participaram e experimentaram os materiais desenvolvidos, passava de 100 funcionários.

O primeiro ponto crítico fundamental que foi objeto de estudo, pesquisa e experimentos foi olhar para o mercado e ver o que estava sendo criado e colocado à disposição do público como experiência de Realidade Virtual. A resposta é simples, na época experiências de montanhas russas de todas as formas apareceram sendo oferecidas em praticamente todos os centros comerciais e shoppings das capitais. Esse aspecto é bastante interessante e curioso, pois nos faz perceber que logo no princípio, a indústria do entretenimento percebeu o potencial para a Realidade Virtual, e sem nenhuma cerimônia, tratou de criar experiências com foco na aventura, velocidade e na emoção. Até este ponto eles estavam certos, pois a VR é excelente para simular ambientes muito realistas ou próximos da realidade de fato, fazendo o participante da experiência, muitas vezes pensar que está dentro do espaço virtual, e que o que está ocorrendo lá dentro é a realidade naquele momento. Por conta desse fator, tivemos muitos registros de pessoas se assustando, caindo, quebrando telas de TV e diversos outros acidentes em diferentes escalas, envolvendo o uso principalmente de experiências de entretenimento para Realidade Virtual.

Existem tantas lições aprendidas, que o produto deste trabalho de conclusão de mestrado poderia ter sido de fato um manual prático sobre as inúmeras lições aprendidas no processo de produção para Realidade Virtual, em especial no formato de vídeo VR 360 para a divulgação científica, demonstrando as melhores práticas.

A primeira grande lição aprendida foi que a experiência deve ser realizada em um ambiente controlado e seguro, para evitar qualquer tipo de acidente com os participantes, independente do tipo de atividade que esteja contida na Realidade Virtual. É fundamental lembrar que a pessoa que está usando a tecnologia está vendo apenas o mundo virtual, e na grande maioria das vezes não está vendo nada no mundo real, tão pouco tem noção do espaço em que está ou se tem objetos à sua volta.

Baseado na experimentação de diversos tipos de conteúdos de Realidade Virtual, para o projeto TV Escola Realidade Virtual foi padronizado que as experiências seriam realizadas sempre em local controlado, com a presença de monitores ou mediadores, com o participante sempre sentado. Notem que este foi o princípio da criação de regras de segurança próprias e internas elaboradas por nossa equipe de projeto, pois não existia um manual de boas práticas ou práticas seguras. Ao contrário, parecia que o setor do entretenimento fazia questão de não ter nenhuma regra ou controle, pois atraíam a atenção do público e da mídia, que tratava casos de acidente como algo engraçado.

A segunda grande lição aprendida foi que a Realidade Virtual pode enganar o cérebro de tal forma que ele realmente acredite que está vivenciando a experiência virtual, mas se o corpo não estiver vivenciando uma lógica entre o movimento virtual e o movimento real, pode quase sempre ocorrer algum mal-estar, náuseas e dores de cabeça. Tudo isso vai depender do grau de discrepância entre o movimento real e o movimento virtual. Esse é um dos fatores mais importantes na produção de um bom produto para Realidade Virtual e que de fato atualmente já está padronizado. A palavra-chave para essa questão é o deslocamento, ou seja, se o corpo físico está parado e o mundo virtual está se deslocando à sua mente, existe uma grande chance do cérebro interpretar que o corpo foi afetado por alguma toxina e imediatamente inicia os procedimentos necessários para combater o provável envenenamento, podendo fazer a pessoa vomitar. Sobre este tema, podemos ver que essa questão era desconhecida, ignorada ou pouco estudada especialmente pelos fabricantes e produtores de conteúdo, especialmente no início da popularização da Realidade Virtual por volta dos anos 2016 e 2017. Isso fica muito evidente quando buscamos no YouTube, por exemplo, vídeos VR 360 destes anos, onde a pessoa que estava produzindo o vídeo simplesmente achava que podia pegar a câmera e sair por aí, andando em qualquer direção ou velocidade, e que isso não teria nenhum impacto para o participante da experiência. Fica também evidente que, com o passar dos meses, especialmente em empresas mais maduras da indústria, as produções começaram a perceber essa característica e praticamente todas mudaram para a experiência gravada com câmera parada, que é a forma correta de realizar a produção para este tipo de conteúdo.

Para um melhor entendimento desta característica, tive a oportunidade de experimentar um vídeo gravado com câmera VR 360, onde o cinegrafista fixou a câmera em seu capacete, pegou uma bicicleta e fez a travessia de um trecho da cidade de Nova Iorque pelo meio dos carros. Posso afirmar que foi uma das experiências mais terríveis que passei na vida, tive uma dor de cabeça tremenda e um enjoo fortíssimo ao ponto de ter que ficar deitado por mais de uma hora até me recuperar. Esse tipo de reação é descrito na literatura recente como Motion Sickness, muito bem descrito por Ian Ferguson do Centro de Modelagem e Simulação da Escola Real de Artilharia do Reino Unido no artigo Motion Sickness in VR. Praticamente não existem mais produções feitas desta forma, gravar com câmera parada virou um padrão. Quem muda é o cenário, com transições suaves e lentas, de forma que não afete a percepção de deslocamento do participante. A única exceção a essa regra é quando a produção passa a ser 6DoF, onde de fato o participante pode se deslocar fisicamente.

A terceira grande lição aprendida foi que nem tudo é compatível com a Realidade Virtual, ou seja, é necessário fazer um estudo, testes e experimentos para ver se o formato da

história, ou a forma que você quer contar aquela narrativa são compatíveis com a Realidade Virtual, correndo o risco da experiência se tornar chata, desagradável, cansativa e ser rejeitada pelo público.

Passeios virtuais são um bom formato, são muito adaptáveis a qualquer tipo de narrativa, podendo ser educativa, científica ou cultural, até mesmo de ficção e aventura. Já formatos com atores reais, diálogos muito longos e dramáticos precisam ser cuidadosamente elaborados e testados para não se tornarem uma experiência ruim.

Diversas outras lições foram aprendidas ao longo dos testes e experimentos e principalmente experimentando os mais diversos tipos de produção para Realidade Virtual do mundo todo:

- Se a experiência é para ser feita sentada ao gravar, a câmera deve estar ajustada para a altura de uma pessoa sentada, do contrário vai parecer que a pessoa está voando ou sentada em uma cadeira extremamente alta.
- Pessoas, independentemente da idade, podem ter medo da experiência, o mediador deve estar treinado e preparado para ajudar e não para criticar ou rir dos participantes.
- Se a experiência por algum motivo for feita para ser assistida em pé, ao gravar, a câmera deve estar regulada para capturar a altura média de uma pessoa em pé, do contrário vai parecer que ela está muito baixa ou sentada e isso vai causar um desconforto.
- Evitar usar algum cenário completamente escuro, pois causa a sensação de que a pessoa está presa em uma caverna sem luz ou algo do tipo.
- Ajustar a primeira imagem que aparece na experiência para o ponto central, de forma a guiar a pessoa para onde o criador da experiência quer que ela esteja olhando, do contrário a pessoa pode ficar perdida sem saber para onde olhar.
- Usar a narração, a voz em áudio, como guia para orientar para onde o participante deve olhar é uma forma muito eficiente de guiar bem o passeio virtual.
- Em Realidade Virtual, menos é mais, ou seja, para projetos simples ou que não tenham um orçamento tão robusto, busque trabalhar com fotos 360 em vez de vídeos 360 e use as fotos para compor um vídeo. O grau de qualidade da produção vai subir incrivelmente, com a redução do tamanho do arquivo final e ainda terá uma melhor otimização do processamento e da memória durante a execução da experiência. Essa informação pode parecer contraditória, mas no mundo virtual não existe diferença quando estamos falando de um ambiente estático, ou seja, se você mostrar uma foto VR 360 de uma biblioteca bem iluminada e um vídeo VR 360 da mesma biblioteca, não há diferença, o comportamento do vídeo é igual ao da foto, uma vez que não há movimento. Contudo, o vídeo sempre terá resolução e qualidade menor,

ocupando um arquivo muito maior e mais difícil de tratar, processar e ser utilizado. Já a foto, pode ser transformada em ambiente virtual e com o apoio de uma boa narrativa, cria uma experiência muito melhor tanto em qualidade quanto na leveza do arquivo. Praticamente todas essas questões foram aprendidas na prática, não sendo encontradas em artigos ou em literatura acadêmica sobre o tema. Quando o movimento ou a percepção de movimento se faz necessária, não há opção, a não ser trabalhar de fato com o vídeo, um exemplo é a movimentação de atores em algum cenário, não há como substituir o movimento por imagens estáticas, a não ser que esse seja o objeto, por alguma característica artística da obra.

- É possível ajudar o participante a se localizar melhor com o uso de ícones, legendas imagens e até telas de vídeos no ambiente virtual, desde que, com os devidos ajustes para estes artifícios não parecerem distorcidos no espaço. Lembrando que o mundo virtual é sempre semelhante a uma esfera de imagem, onde o participante está sempre alocado no meio de tudo e pode olhar para todos os lados.

- A grande maioria dos manuais de fabricantes recomenda que os produtos de Realidade Virtual não devem ser usados por menores de 12 anos.

- Lembrando que a obra ou experiência deve ser classificada para ser apresentada apenas ao público dentro da faixa etária correta.

- Existe a possibilidade, em alguns casos, da obra ser produzida para fazer uso de áudio direcional, ou seja, o áudio pode ser alocado em pontos determinados, guiando a atenção do participante para certos pontos da experiência. Este tipo de ação só é possível com fones de ouvido e em determinados casos, normalmente não produzidas para passeios virtuais mais simples.

- Não existe zoom ou ajuste de câmera em uma gravação para realidade virtual, de forma que a equipe deve planejar com cuidado o processo de captura de imagens, seja foto ou vídeo, pois uma vez gravado, o conteúdo não pode ser ajustado e caso seja necessário alterar algum enquadramento ou distância, é necessário refazer a gravação.

- A Realidade Virtual pode ser exibida em uma diversidade bem grande de dispositivos tais como óculos VR, telas de celulares e smartphones diretamente via players compatíveis com o formato, Facebook, Youtube, SmartTVs, computadores e até mesmo videogames.

Do início do planejamento do projeto até a finalização de todas as etapas do processo de produção, passando por inúmeros testes para chegar a uma versão final do aplicativo foram 3 (três) meses. Foram adquiridos 30 (trinta) conjuntos de equipamentos da Samsung para que

o público pudesse finalmente vivenciar a experiência do passeio virtual do mesmo modelo e formato apresentado na figura 24 abaixo.

Figura 24: Conjunto Samsung VR (Smartphone Galaxy S8 e Óculos Gear VR) utilizado no projeto.



Fonte: Samsung, 2018.

Antes do lançamento, foram feitas diversas sessões internas com equipes de funcionários para validar o passeio virtual, coletar feedbacks, coletar propostas de melhorias, ajustar possíveis falhas e ter de fato uma resposta definitiva sobre a qualidade. Mais de 100 (cem) participantes foram voluntários nas diversas rodadas de testes que foram realizadas.

Com a validação do público interno, todos os ajustes concluídos, os equipamentos calibrados e o produto de fato concluído, o projeto TV Escola Realidade Virtual foi lançado ao público durante o evento Rio2C (Rio Creative Conference), o maior evento de criatividade da América Latina, na Cidade das Artes no Rio de Janeiro em abril de 2018, se tornando dali para frente, o produto de maior sucesso da TV Escola até hoje. O passeio virtual ficou em exibição durante uma semana, tendo recebido mais de 2.000 (dois mil) visitantes de diversas idades, conforme é possível ver nas figuras 25 e 26.

Figura 25: Estande da TV Escola Realidade Virtual no Rio2C 2018



Fonte: Arquivo do autor, 2018

Figura 26: Público fazendo fila para a experiência TV Escola Realidade Virtual



Fonte: Arquivo do autor, 2018

Em 2017 tive a oportunidade de visitar o IBC em Amsterdam, uma exposição e conferência de tecnologias para produção de conteúdos audiovisuais em diversos formatos, onde pela primeira vez encontrei um microfone pronto e adaptado para realizar este tipo de captura de áudio para Realidade Virtual, apresentado na figura 27.

Figura 27: Microfone Ambisônico multidirecional para captura de áudio em várias direções, IBC – Holanda 2017.



Fonte: Imagem do Autor, 2018

No ano seguinte, 2019, retornei ao evento que ocorreu novamente em Amsterdam, onde uma série de novos fabricantes estavam demonstrando a tecnologia de captura de áudio ambisônico para Realidade Virtual de uma forma bem mais aprimorada e consistente. A tecnologia havia amadurecido e evoluído muito em apenas um ano, as figuras 28 e 29 apresentam um pouco dessa evolução.

Figura 28: Microfones Ambisônicos de vários fabricantes, IBC – Holanda 2019.



Fonte: Imagem do Autor, 2019

Figura 29: Tecnologia Ambisônica sendo demonstrada em aplicação para Óculos de Realidade Virtual, IBC – Holanda 2019.



Fonte: Imagem do Autor, 2019

Para encerrar a questão do áudio, vale voltar um pouco no tempo, quando ainda estávamos pesquisando e aprendendo a usar as tecnologias ligadas à Realidade Virtual na ACERP e não havia ainda nenhum tipo de microfone especial para a captação ambisônica, de modo que, desenvolver a tecnologia também fazia parte do trabalho. Como não havia nenhum produto pronto no mercado para esta finalidade, a solução foi construir nosso próprio protótipo de microfone para captura de áudio espacial, um trabalho que foi realizado em parceria com meu colega Ricardo Bento, especialista em áudio, sonorização e professor do curso de cinema

da Universidade Estácio. Por algum motivo, acabamos registrando imagens desse trabalho, que podem ser vistas nas figuras 30 - 32.

Figura 30: Protótipo de microfone ambisônico para captação de áudio multidirecional para Realidade Virtual, ACERP



Fonte: Imagem do Autor, 2017

Usamos 4 conjuntos de captação de áudio e microfones separados para compor um dispositivo único de captação multidirecional, criando uma adaptação com o suporte para as saídas feita em um tubo de PVC e um tripé de câmera fotográfica.

Figura 31: Montagem e operação do Protótipo de microfone ambisônico para captação de áudio multidirecional para Realidade Virtual, ACERP



Fonte: Imagem do Autor, 2017

Figura 32: Protótipo de microfone ambisônico montado e pronto para gravação de áudio multidirecional para Realidade Virtual, ACERP



Fonte: Imagem do Autor, 2017

Desta forma encerramos as explicações sobre o elemento áudio e sonorização, e vamos nos concentrar no último elemento mencionado por Celine Tricart como componente da experiência de Realidade Virtual, que ela chama de outras sensações (nível de imersão). O que me ajudou muito a entender melhor esse tema foi o auxílio dos professores e pesquisadores da Escola de Comunicação da UFRJ, especificamente do Programa de Pós-Graduação em Mídias Criativas, onde durante o período do mestrado, tive a oportunidade de cursar duas disciplinas voltadas para o processo de produção de conteúdos no formato de Realidade Virtual. Essas outras sensações passam pelo processo de imersão no mundo virtual através o uso de equipamentos específicos para isso, os chamados Óculos de Realidade Virtual ou Óculos VR, que podem ser equipamentos baseados no processamento e exibição através das telas de celulares (smartphones que possuam giroscópio), ou os chamados HMD (head-mounted

displays), que possuem telas e sistema de processamento e exibição de imagens próprio, assim como sensores mais avançados que os giroscópios dos celulares. Jan Gugenheimer, em um artigo publicado pela Universidade alemã de Ulm, faz essa diferenciação chamando os equipamentos baseados em celulares de mobile VR HDMs em oposição aos VR HDMs integrados, e também inicia o debate sobre diferentes formas de interação que, de fato, vão depender dos tipos de equipamentos que estão sendo utilizados. Conforme descrito por Inês Maria S. Maciel., Kátia A. Maciel., R. Ranzenberger & Alberto A. Moura no artigo Vídeo 360° e o design de interatividade para conteúdos imersivos, publicado na 9ª Conferência Internacional de Design Informacional, introduzem o conceito de diferentes níveis de interatividade. Estes diferentes níveis de interatividade vão passar pela escolha da forma, a construção da narrativa, a escolha de equipamentos e, até mesmo, que tipo de experiência se quer entregar. Segundo os autores, inclusive tive a oportunidade de ter aulas e aprender diretamente com eles na ECO/UFRJ, existem três níveis únicos de ambientes virtuais para a narrativa que vão afetar diretamente o tipo de experiência que será construído e vivenciado pelo espectador. Equipamentos e recursos disponíveis devem sempre ser levados em consideração, pois quanto mais imersivo, interativo, tridimensional e realista for o projeto, mais caro fica, de forma que neste projeto, realizamos um trabalho bastante equilibrado considerando os recursos e a situação dos museus de ciências atualmente.

O primeiro dos atributos é a Imersão, que de fato transporta o espectador para um ambiente virtual permitindo que ele esteja cercado por este ambiente de imagens e sons, vivenciando um novo tipo de experiência. O segundo atributo é a Presença, que é mais intensa e é como a sensação de estar de fato dentro do ambiente virtual, respondendo aos estímulos da mesma forma que o espectador responderia no mundo real. Por fim, os autores introduzem o conceito de Embodiment que é o nível mais imersivo de todos, onde o espectador tem a real percepção de interagir fisicamente com o ambiente virtual, sendo essa sensação ampliada com alguns efeitos como poder ver seu próprio corpo na cena, e sua participação direta na narrativa.

Já temos um conjunto de informações suficientes para organizar um conjunto de elementos necessários e possíveis para a construção de uma experiência em Realidade Virtual, de acordo com nosso desejo, necessidade ou orçamento disponível. Veremos em detalhes esses elementos a seguir.

O segundo e último produto dessa pesquisa de mestrado foi elaborado e construído a partir de todas as experiências relatadas no produto anterior (Relatório Técnico). Cada experiência, cada curso, cada disciplina cursada, equipamentos testados, a troca de informações e experiências, cada erro, cada acerto contribuíram para o desenvolvimento de um conjunto de experiências e conhecimentos sobre a tecnologia de Realidade Virtual, de forma que fosse possível estabelecer um modelo selecionado dentre as muitas possibilidades que a tecnologia oferecia, para que um projeto viável, de baixo custo e que se propõe a ser simples de replicar fosse desenvolvido.

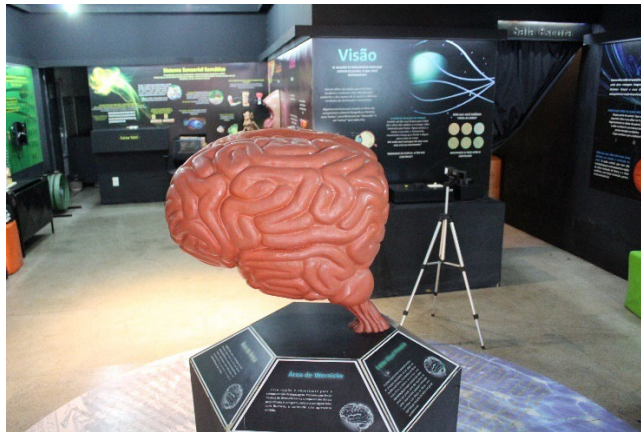
O Passeio virtual ao museu Espaço Ciência InterAtiva foi desenvolvido a partir de cinco etapas, dentro de um processo de produção audiovisual especialmente elaborado para a produção de conteúdos no formato de Realidade Virtual.

1. Planejamento
2. Pré-produção
3. Produção
4. Pós-produção
5. Publicação

O Planejamento consistiu em uma etapa prévia de coleta de informações com as pessoas responsáveis pelo museu, verificação no site e em redes sociais, para que fosse possível elaborar um entendimento inicial sobre as informações básicas e a proposta do museu. Entender qual era o objetivo dos demandantes do projeto também foi muito importante, para que tudo fosse bem alinhado e o resultado saísse de acordo com o esperado. Expectativas alinhadas, o objetivo era que fosse possível replicar integralmente uma visita a exposição permanente NeturoSensações de forma virtual, para múltiplos dispositivos de exibição.

Na etapa de Pré-produção foi realizada uma visita técnica ao local para avaliar as condições de iluminação, as estruturas e observar as partes que fariam parte da produção. Foi realizada a captura de imagens 2D (fotografias) de todas as partes do museu para ajudar no planejamento do projeto, conforme pode ser visto na figura 33.

Figura 33: Captura de imagens no Museu ECI durante o processo de Pré-Produção.



Fonte: Foto realizada pelo autor

A etapa de Produção é uma das etapas mais complexas, pois depende de fatores ambientais, como por exemplo um dia claro e bem iluminado, uma vez que não é possível trabalhar com iluminação auxiliar, pois os equipamentos acabariam aparecendo no passeio final, pois vale lembrar que não é possível esconder nada das câmeras que filmam ou fotografam para Realidade Virtual, pois estas captam em todas as direções ao mesmo tempo. Felizmente para as imagens da parte externa do museu, contamos com um dia bem iluminado e sem chuva.

Para a parte interna, inicialmente acreditamos que o local estava pouco iluminado e foi feita a tentativa de gravação utilizando um equipamento de iluminação auxiliar para a câmera, conforme pode ser visto sendo montado na figura 34.

Figura 34: Montagem de equipamento auxiliar de iluminação em volta da Câmera InstaVR One X2.



Fonte: Foto realizada pelo autor

Todas as etapas do projeto foram realizadas em plena pandemia de Covid-19, de forma que foram necessários cuidados individuais de proteção e, também, gravar com o local fechado ao público. Testes com iluminação auxiliar também foram feitos, mas o resultado não estava ficando bom e foram descartados, conforme é possível ver na figura 35:

Figura 35: Tentativa de captura de imagens com o auxílio de iluminação externa.



Fonte: Foto realizada pelo autor

A iluminação interna do museu estava adequada mesmo sem o uso de iluminação auxiliar, o que permitiu a realização da captura de todas as imagens em um único dia de trabalho. Demais ajustes técnicos de iluminação e cor foram resolvidos com o auxílio de softwares para estas finalidades. Foram mapeados 20 pontos de interesse que poderiam representar bem cada uma das áreas do museu que seriam transportadas e reconstruídas de forma virtual.

A seguir, poderemos ver algumas das imagens capturadas durante o processo de produção, lembrando que a câmera para a finalidade produção VR gera uma imagem equiretangular que, posteriormente, precisaria ainda passar por alguns tratamentos na fase de Pós-produção.

Tudo começou pela área externa do museu, para simular a chegada de um visitante, que entraria pela porta principal, como pode ser visto na figura 36.

Figura 36: Área externa do museu, porta de entrada para o passeio virtual.



Fonte: Foto realizada pelo autor

Dessa forma foram sendo realizadas uma série de capturas de imagens, de todas as áreas internas do museu, que serviram para compor o trajeto do passeio virtual que seria disponibilizado ao final do projeto, conforme pode ser visto nas figuras 37 e 38.

Figura 37: Área interna do museu, parte do passeio virtual.



Fonte: Foto realizada pelo autor

Figura 38: Área interna do museu, parte do passeio virtual.



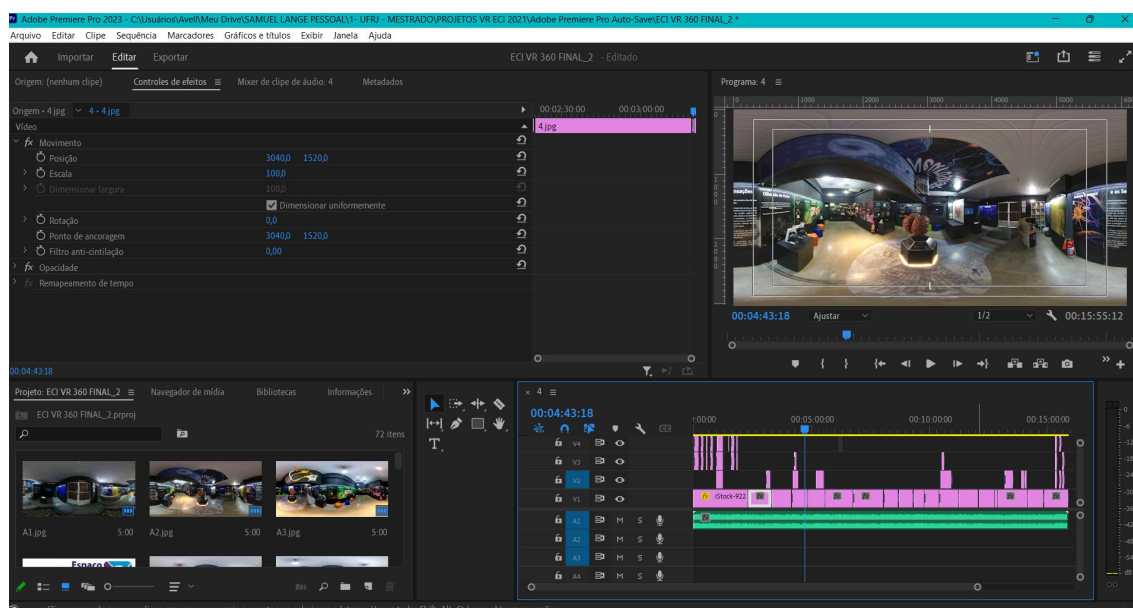
Fonte: Foto realizada pelo autor

Desta forma, todas as áreas internas cobertas por pontos de interesse já mapeados, foram cobertas e fotografadas para gerar uma imagem equiretangular que seguiram para o processo de Pós-produção.

Todas essas imagens foram geradas em alta qualidade, uma vez que no processo de transformação em Realidade Virtual, especialmente quando feito através do uso de óculos, ocorre uma perda natural da qualidade, pois as imagens são divididas e duplicadas através de uma transmissão que é feita individualmente para cada olho, dentro do sistema dos óculos especialmente feitos para esta finalidade.

Na etapa de Pós-produção, as imagens foram tratadas e ajustadas na sequência correta para ficarem alinhadas na ordem em que a história seria contada, de acordo com o roteiro proposto, que contava a história da exposição “NeuroSensações”. Para esse processo de ordenação das imagens foi utilizado um editor de vídeos já adaptado para produções de vídeos para Realidade Virtual VR 360, conforme é possível ver na figura 39.

Figura 39: Processo de Pós-Produção – Edição.



Fonte: Imagem por captura de tela do autor

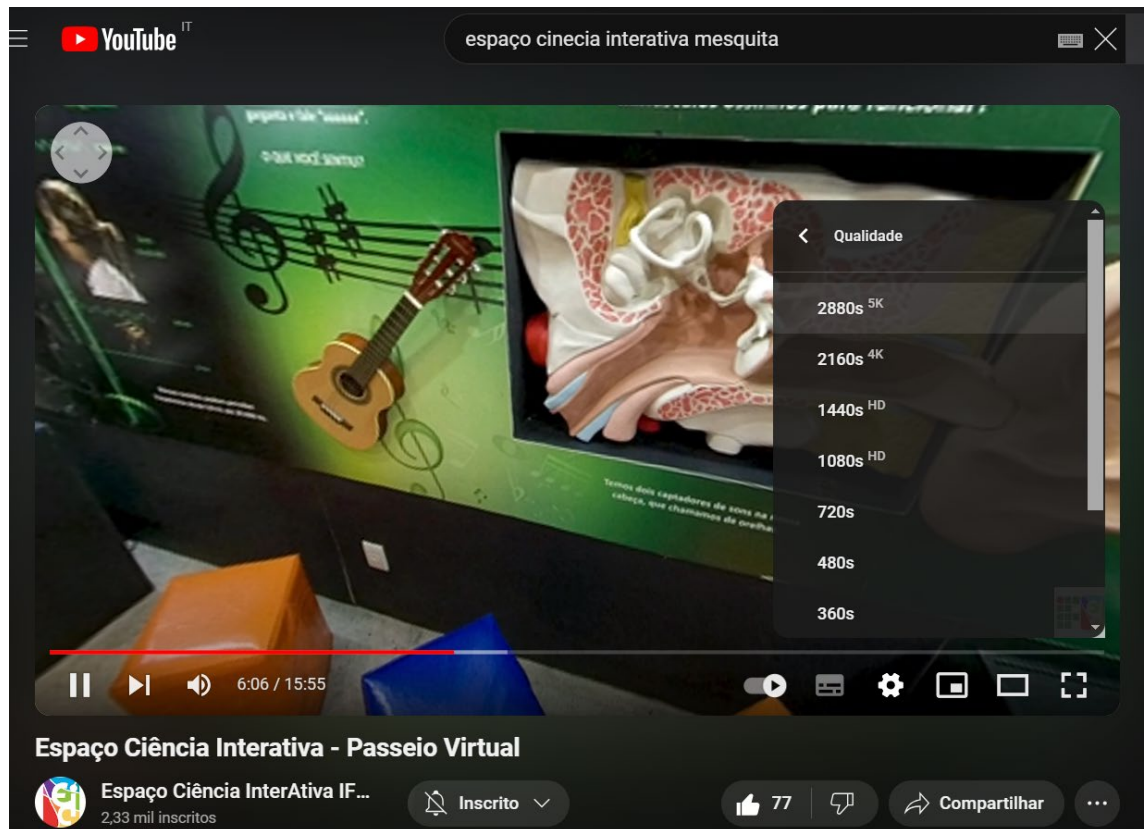
Com as imagens organizadas na ordem correta, o material foi enviado ao estúdio, onde um locutor/narrador profissional foi responsável por narrar cada etapa do passeio virtual, conduzindo os visitantes e, especialmente, orientando para os pontos de interesses definidos no projeto, uma vez que no espaço virtual, especialmente quando feito através do uso de óculos, o participante pode ser perder olhando para qualquer direção, e pode acabar perdendo alguma explicação de uma área importante do museu. Desta forma, a narração é além de tudo um guia sonoro para mostrar o caminho correto e pontos importantes. Na parte final da pós-produção, foi feita a junção da parte de áudio e vídeo, dando origem ao material final em alta qualidade (5K) finalizado.

Depois de inúmeros testes, ajustes e algumas correções, o material foi publicado no canal do YouTube do museu, na resolução mais alta possível. Como o objetivo sempre foi a divulgação para o maior número de pessoas possíveis, a escolha do YouTube foi um fator muito relevante, pois o próprio sistema deles possibilita dividir o vídeo em uma série de formatos de resoluções menores, permitindo que pessoas com os mais variados tipos de conexões de internet possam acessar sem passar por dificuldades, uma vez que, quanto maior a qualidade, maior a necessidade de uma internet mais rápida e robusta.

Conforme podemos ver na figura 40, as configurações do YouTube permitem realizar o ajuste variando entre resoluções muito altas (5K) até resoluções feitas especialmente para rodar em celulares com conexões de internet mais lentas (360s), garantindo o acesso ao maior número

possível de pessoas. Esse procedimento geralmente é feito automaticamente pelo próprio YouTube, mas também permite que o participante ajuste manualmente se quiser.

Figura 40: Área interna do museu, configurações do YouTube.



Fonte: Canal do YouTube do museu.

Por fim, completadas todas as etapas do planejamento a publicação, o passeio virtual foi disponibilizado no canal do museu (Figura 40), onde está disponível para todas as pessoas do Brasil e do mundo por meio do link a seguir:
<https://www.youtube.com/watch?v=1RDUKgbAA0Y&t=333s>

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou analisar as informações, processos e mecanismos de produção da Realidade Virtual para contribuir na elaboração de um modelo simplificado de produção de vídeo VR360, de baixo custo, simples de utilizar, contribuindo para que os museus de ciências pudessem encontrar nessa tecnologia uma aliada para potencializar o alcance suas exposições, especialmente durante o período de isolamento, pois a trajetória desta pesquisa que se desenvolveu atravessando todo o período da pandemia de Covid-19.

É importante considerarmos que o acesso aos museus, especialmente os museus de ciências, é muito restrito às regiões metropolitanas das capitais do país e durante o período de isolamento, todos os museus fecharam em todo o território nacional, desta forma o objetivo principal deste trabalho foi contribuir para a ampliação do campo de ação do museu de ciências Espaço Ciência InterAtiva/IFRJ para além de seus espaços físicos, por meio da tecnologia da Realidade Virtual, uma vez que o acesso físico ao museu não era mais possível.

Para além de alcançar os objetivos e responder à pergunta de pesquisa, foi possível ultrapassar essa barreira do isolamento e mesmo depois da reabertura dos museus, demonstrar que a tecnologia de Realidade Virtual pode ser usada, não só para ampliação da escala de divulgação científica nos museus de ciências, com também para a preservação dos acervos e exposições existentes.

Houve uma mudança positiva na audiência que acessava o canal do YouTube do museu Espaço Ciência InterAtiva/IFRJ, onde um grande crescimento desse público foi resultado direto da publicação do passeio virtual à exposição científica “NeuroSensações”, que se tornou um dos vídeos mais acessados do canal do museu, além de ser o primeiro a superar a barreira das mil visualizações, superando as barreiras da atuação presencial ou física do museu.

Pessoas de diferentes cidades, estados, regiões e até de outros países agora podem acessar os conteúdos que até então eram exclusivos para quem pudesse visitar fisicamente o museu. Os resultados foram positivos tanto na ampliação da capacidade de atuação e divulgação científica do museu de ciências, quanto no retorno positivo da grande parte do público que realizou o passeio virtual, com feedbacks positivos tanto no canal do YouTube, quanto em outras ações com participantes.

Por fim é importante ressaltar que a tecnologia é uma aliada que pode ser usada para ampliar, potencializar, ir além das barreiras físicas e de modo algum pretende tomar o lugar do museu, mas encontrando a forma correta de fazer melhor uso, o museu pode alcançar pessoas

onde jamais imaginou que seria possível e levar a divulgação das ciências para além dos atuais limites estabelecidos.

9.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Essa pesquisa nasceu de algumas limitações estabelecidas pelo isolamento provocado pela pandemia de Covid-19, buscando superar as barreiras impostas com o fechamento dos museus. Por outro lado, a única alternativa disponível para alcançar esse objetivo foi através da internet, que acabou se tornando um fator restritivo também para muitas pessoas. Entrando diretamente na pesquisa e no tema da Realidade Virtual, existem poucos materiais traduzidos, poucos livros e artigos e ainda muita coisa precisa ser estabelecida e definida. A tecnologia, da forma que se apresenta, é relativamente nova e ainda necessita de aprimoramentos e melhorias, tanto na questão de conforto para os usuários quanto da questão de qualidade de resolução, para que se torne mais realista de fato. O maior desafio foi o preconceito contra a própria tecnologia que, de fato, foi ignorada e rejeitada muitas vezes, durante o processo desenvolvimento dessa pesquisa.

9.2 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Mesmo antes da conclusão dessa pesquisa, com a publicação do passeio virtual ao museu Espaço Ciência InterAtiva, alguns desdobramentos em trabalhos e pesquisas começaram a ser realizados e publicados, como é o caso do trabalho de Lemos (2023), intitulado “Exposição Interativa “NeuroSensações” e o ensino de ciências: uma aproximação interdisciplinar entre o museu de ciências Espaço Ciência InterAtiva e professores do Ensino Fundamental”, onde a pesquisadora desenvolveu como produto educacional um catálogo da exposição científica “NeuroSensações” para professores, a partir do passeio virtual desenvolvido neste TCM. Com isso, este trabalho mostra que a área de realidade virtual ainda é um grande campo para pesquisas, tanto do ponto de vista da tecnologia e dos processos de produção e exibição de conteúdos, experimentar outros formatos, possivelmente alguma pesquisa do uso da Realidade Virtual na educação seria bastante interessante também.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Germano Bruno et al. Potencialidades e fragilidades da realidade virtual imersiva na educação. **Revista Intersaberes**, [S. l.], v. 15, n. 34, 2020. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/1800>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CENTROS E MUSEUS DE CIÊNCIA; UFRJ.FCC. CASA DA CIÊNCIA; FIOCRUZ MUSEU DA VIDA. **Centros e museus de ciência do Brasil 2015**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência, 2015.

BRASIL. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. Percepção Pública da C&T no Brasil – 2023. **Resumo Executivo**. Brasília, DF: 2019. 24p.

COSTA, Pedro; ROCHA, Marcelo. A tecnologia digital chega aos Museus: tendências e padrões no ensino de ciências. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 17, n. 46, p. 152-167, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12328>.

CUNHA, Livia Mascarenhas de Paula et al. Ciência, Tecnologia e Sociedade e os Museus Participativos de Ciência: uma interlocução necessária para a promoção da participação cidadã. In: MASSARANI, Luisa; WALTZ, Igor (org.). **Divulgação Científica e sua interface com o Ensino em Biociências e Saúde: Fundamentação teórica e metodológica das linhas de pesquisa do PPG-EBS**. Curitiba: CRV, 2023. v. 1, p. 111-124. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369436730_Divulgacao_Cientifica_e_sua_interface_com_o_Ensino_em_Biociencias_e_Saude.

FONSECA, Fernanda. Lemos. Exposição Interativa “NeuroSensações” e o ensino de ciências: uma aproximação interdisciplinar entre o museu de ciências Espaço Ciência InterAtiva e professores do Ensino Fundamental. 2023. 86 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – Campus Nilópolis, p. 89 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifrj.edu.br/xmlui/handle/20.500.12083/738>.

HENRIQUES, Rosali. Museus Virtuais e Cibermuseus: A Internet e os Museus. In: HENRIQUES, Rosali. Memória, museologia e virtualidade: um estudo sobre o Museu da Pessoa. 2004. **Dissertação** (Mestrado em Museologia) - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Departamento de Arquitectura, Urbanismo e Geografia, Lisboa, 2004. f. 136. Disponível em: <https://pesquisafacomufjf.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/06/memc3b3ria-museologia-e-virtualidade-um-estudo-sobre-o-museu-da-pessoa.pdf>.

JERALD, Jason. **The Vr Book: Human-centered Design for Virtual Reality**. California: Association for Computing Machinery, 2015.

JORGE, Hassan Marra; NASCIMENTO, Bruna Carvalho. O uso de museus e memoriais virtuais como ferramenta didática-pedagógica no ensino de história. **Revista Ciência em Evidência**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 46-61, 2021. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/cienciaevidencia/article/view/1461>.

JÚNIOR, Sérgio de Souza Henrique; PEREIRA, Grazielle Rodrigues. A importância da participação da comunidade escolar na implantação de um centro de ciências em Belford Roxo - RJ. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 18, n. 2, 2023. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1156/1002>.

JÚNIOR, Severino Domingos da Silva; COSTA, Francisco José. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. **PMKT – Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, São Paulo, v. 15, p. 1-16, 2014. Disponível em: https://revistapmkt.com.br/wp-content/uploads/2022/01/1_Mensuracao-e-Escalas-de-Verificacao-uma-Analise-Comparativa-das-Escalas-de-Likert-e-Phrase-Completion-1.pdf.

LANGE, Samuel Rogerio Milhomem. **Pequena oficina de realidade virtual**. TV Escola, 2022.

LÉVY, Pierre. **O que é virtual**. São Paulo: Ed. 34, 1996.

MACIEL, Inês Maria S.; MACIEL, Kátia A.; RANZENBERGER, R.; MOURA, Alberto A. Vídeo 360o e o design de interatividade para conteúdos imersivos. **9º Congresso Internacional de Design da Informação**, Belo Horizonte, p. 1835-1845, v. 6, 2019. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/33765>.

MARÇAL, Edgar; ANDRADE, Rossana; RIOS, Riverson. Aprendizagem utilizando dispositivos móveis com sistemas de realidade virtual. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, 2005.

MARTINS, Cesar Eugenio Macedo de Almeida; BARACHO, Renata Maria Abrantes. Tecnologia e informação: Os museus no contexto das novas formas de expor e comunicar. **Revista Museu**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.revistamuseu.com.br/site/br/artigos/18-de-maio/18-maio-2018/4743-tecnologia-e-interacao-os-museus-no-contexto-das-novas-formas-de-expor-e-comunicar.html>. Acesso em:

MASSARANI, Luisa et al, (org.). **Guia de Centros e Museus de Ciência da América Latina e do Caribe 2023**. Rio de Janeiro: Fiocruz-COC, 2023.

MCARTHUR, A.; SANDLER, M.; STEWART, R. **Distance in audio for VR: constraints and opportunities**. AM '17, Londres, p. 1-17, 2017. Disponível em: https://web.archive.org/web/20200601040717id_/https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3123514.3123530?download=true.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 2013.

MOTION SICKNESS IN VR - Ian Ferguson, **Modelling and Simulation QGI**, Royal School of Artillery, UK 2023

NEWZOO TREND REPORT. **VR Games Market Report: An Overview and Outlook of Virtual Reality in Games and Beyond**, [S. l.], p. 1-44, 2022. Disponível em: <https://newzoo.com/resources/trend-reports/vr-games-market-report>.

NORBERTO-ROCHA, Jéssica; MARINHO, Letícia. Museus e exposições on-line: reflexões sobre evoluções e desafios. In: SALVADOR, Daniel Fábio; CAMACHO, Marcelo; NORBERTO-ROCHA, Jéssica (org.). **Tecnologias educacionais para o ensino de biociências e saúde: fundamentos e experiências**. Curitiba: Appris, 2023. p.77-94.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Museums around the world in the face of Covid-19**. Paris: [s. n.]. 2020.

PAULA, Livia Mascarenhas de. Para além do apertar dos botões: A função social dos museus participativos de ciências. 2017. 177 f. **Tese** (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2017.

PEREIRA, Grazielle Rodrigues et al. Espaço Ciência InterAtiva: o papel social de um centro de ciências na Baixada Fluminense. In: PEREIRA, Marcus Vinicius; RÔÇAS, Giselle (org.). **As nuances e o papel social dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: lugares a ocupar**. João Pessoa: IFPB, 2018. v. 2, cap. 8, p. 232-268. Disponível em: <http://editora.ifpb.edu.br/index.php/ifpb/catalog/book/212>.

RITTA, Ânderson dos Santos; SIEDLER, Marcelo da Silveira; PIOVESAN, Sandra Dutra. O uso da realidade virtual para ensino de astronomia: desenvolvimento e aplicação de um software para simulação de planetário. Educitec - **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 6, p. e096420, 2020. <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/964>. Acesso em:

SANTOS, Carolina Barbosa dos; PEREIRA, Grazielle Rodrigues. Formação de professores em museus de ciências: análise de oficinas formativas do Espaço Ciência InterAtiva. **Revista Teias**, [S. l.], v. 23, n. 71, p. 310–331, 2022. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/revistateias/article/view/64182>.

SOUZA, Karla Cristina da Silva. Quintal da Ciência: implantação de um centro de ciências a partir da participação da comunidade local. 2019. 98 f. **Dissertação** (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Educação, Gestão e Difusão em Biociências, Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo De Meis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

WAGENSBERG, J. Principios fundamentales de la museología científica moderna. **Alambique**, v. 26, p. 15-19, 2001. Disponível em: https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/53801/mod_resource/content/1/Wagensberg_2001.pdf.

WAGENSBERG, J. The “total” museum, a tool for social change. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 309-321, 2005. Disponível em <https://www.redalyc.org/pdf/3861/386137988015.pdf>.

APÊNDICE A: Questionário para levantamento das percepções do público acerca do passeio virtual do Espaço Ciência InterAtiva



Passeio Virtual no Museu ECI - IFRJ

B *I* U

Faça a visita virtual através do vídeo VR360° no canal do YouTube do Museu e responda o questionário.

Link do passeio virtual <https://www.youtube.com/watch?v=1RDUKgbAA0Y>

1- Você já participou de alguma experiência com Realidade Virtual antes? *

- ☐ Sim, de entretenimento para diversão (jogos ou animações).
- ☐ Sim, de experiências realistas, científicas ou educativas (passeios virtuais ou simuladores).
- ☐ Sim, de diversos tipos (entretenimento e experiências realistas, científicas ou educativas).
- ☐ Não, nunca participei de uma atividade com Realidade Virtual antes.

2- O que você achou do Passeio Virtual pelo Museu Espaço Ciência Interativa? *

	1	2	3	4	5	
Não gostei.	☐	☐	☐	☐	☐	Gostei muito.

3- Você já tinha visitado fisicamente o Museu ECI? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

4- Quais Museus de Ciências você conhece além do ECI?
(Liste todos ou deixe em branco caso não conheça outro).

Texto de resposta longa

5- Com que frequência você visita fisicamente Museus de Ciências? *

- ☐ Nunca tinha visitado antes.
- ☐ 1 vez por ano.
- ☐ 2 vezes por ano.
- ☐ 3 vezes por ano.
- ☐ 4 ou mais vezes por ano.

6- Se você tivesse mais acesso a Exposições e Passeios Virtuais a Museus de Ciências essa frequência seria: *

- ☐ A mesma.
- ☐ Maior.
- ☐ Menor.

7- Qual é o principal fator que determina sua frequência de visitas aos Museus de Ciências? *

- ☐ Recursos (dinheiro para passagens, etc.).
- ☐ Distância.
- ☐ Alguém para ir com você.
- ☐ Não sei onde ficam outros museus.
- ☐ Não sei onde encontrar informações sobre os museus.

8- Depois de realizar o Passeio Virtual pelo museu ECI você acredita que a Realidade Virtual ^{*} pode ser uma alternativa válida para a divulgação de conteúdos e exposições de museus de ciências?

- ☐ Sim
- ☐ Não

9- Como você se sentiu durante a visita virtual ao ECI? ^{*}

- ☐ Tranquilo.
- ☐ Assustado.
- ☐ Emocionado.
- ☐ Indiferente

10- Como você avalia o conteúdo e as informações que foram passadas durante o Passeio ^{*} Virtual ao Museu ECI?

- | | | | | | | |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Ruim. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | Muito Bom. |

11- Como você avalia o conhecimento adquirido durante o Passeio Virtual ao Museu ECI? ^{*}

- ☐ Aprendi coisas novas.
- ☐ Pude rever coisas que já sabia.
- ☐ Não consegui aprender nem rever nada.



12- Você realizou o Passeio Virtual ao Museu ECI usando: *

- ☐ Óculos de Realidade Virtual
- ☐ Telefone Celular (Smartphone)
- ☐ Computador
- ☐ Televisão (Smart TV)

13- Como você se sentiu no ambiente virtual ao realizar o passeio ao Museu ECI? *

- ☐ Muito real, me senti dentro do museu.
- ☐ Real, me senti dentro de um filme.
- ☐ Parecia só um vídeo.
- ☐ Não senti nada diferente.

14- Você gostaria de ter acesso a outras Exposições e Passeios Virtuais? *

- ☐ Sim.
- ☐ Não

15- O que você gostaria de ver transformado em passeio virtual para que mais pessoas possam ter acesso? *

Texto de resposta curta

.....