

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes

REINALDO TOSCANO DOS SANTOS JÚNIOR

**IMPLEMENTAÇÃO DE RECURSOS INTERATIVOS ATRAVÉS DO PROTOCOLO
OPEN SOUND CONTROL: UM EXPERIMENTO COM ARTE DIGITAL NO SESI
MUSEU DIGITAL DE CAMPINA GRANDE**

João Pessoa
Agosto / 2021

Reinaldo Toscano dos Santos Júnior

Implementação de Recursos Interativos através do protocolo *Open Sound Control*: um experimento com arte digital no SESI Museu Digital de Campina Grande

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes (PPGCCA) da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

Orientador: Prof. Dr. Ed Porto Bezerra

João Pessoa
Agosto / 2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237i Santos Júnior, Reinaldo Toscano dos.
Implementação de recursos interativos através do
protocolo Open Sound Control : um experimento com arte
digital no SESI museu digital de Campina Grande /
Reinaldo Toscano dos Santos Júnior. - João Pessoa,
2021.

122 f. : il.

Orientação: Ed Porto Bezerra.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI.

1. Arte digital. 2. Museu. 3. Protocolo OSC. I.
Bezerra, Ed Porto. II. Título.

UFPB/BC

CDU 7+004(043)

Reinaldo Toscano dos Santos Júnior

Implementação de Recursos Interativos através do protocolo Open Sound Control: um experimento com arte digital no SESI Museu Digital de Campina Grande

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

A banca considera o presente Trabalho Final: APROVADO.

Data: 30/08/2021.



Prof. Dr. Ed Porto Bezerra

Orientador – PPGCCA/UFPB



Prof. Dr. Pablo Alexandre Gobira de Souza Ricardo

Membro externo – PPGArtes/UEMG



Prof. Dr. Carlos Eduardo Coelho Freire Batista

Membro interno – PPGCCA/UFPB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por abençoar a minha vida e permitir todas as minhas conquistas;

Ao meu orientador Ed Porto Bezerra, pelos ensinamentos, disponibilidade, atenção e motivação;

Aos meus pais, por terem proporcionado, com muito esforço, uma educação de qualidade desde os meus primeiros passos;

A minha noiva Tainah, por todo amor, carinho, dedicação, cuidado e incentivo diante de tantos desafios enfrentados neste período;

Aos meus irmãos Aluska, Raniery e Shirleyde, ao meu sobrinho Guilherme e toda a minha família, minha base de sustentação, por todo apoio, cuidado e incentivo;

As estimadas instituições UFCG e UFPB, e ao Centro de Informática da UFPB, por permitirem uma formação acadêmica de excelência;

Aos professores membros da banca de avaliação, Carlos Eduardo Batista e Pablo Alexandre Gobira de Souza, pelas valiosas contribuições a nossa pesquisa;

Aos professores Carlos Eduardo Batista, Ed Porto Bezerra, Guido Lemos de Souza Filho, José Amâncio Tonezzi Rodrigues Pereira, Juciane Araldi Betrame, Liliane dos Santos Machado, Robson Xavier da Costa e Valdecir Becker, por todo aprendizado obtido no PPGCCA;

A Daniel Macedo, secretário do PPGCCA, por toda atenção, disponibilidade e celeridade;

Ao SESI Museu Digital de Campina Grande, ao SESI/PB e a Federação das Indústrias da Paraíba, especialmente ao Sr. Francisco de Assis Benevides Gadelha (Presidente da Federação das Indústrias do Estado da Paraíba), a Sra. Katarina Leite (Superintendente de Relações Institucionais da FIEP) e a toda equipe do museu, pela confiança depositada, disponibilidade e incentivo depositado em nossa pesquisa;

A Rubem José Vasconcelos de Medeiros, por todo apoio e prestatividade, ao desenvolver o software do nosso experimento;

A Ludemberg Bezerra Gomes, pela confecção das ilustrações do nosso experimento;

A Bernardo Hennys Barbosa, por todo apoio e parceria, e por me substituir na missão de coordenar o LABLIBRAS/UFCG;

A todos os amigos e colegas da UFCG, em especial da Unidade Acadêmica de Letras, por todo apoio e incentivo;

Aos colegas da minha turma de mestrado, em especial a José Arnaud Júnior, por dividirem comigo aflições, incertezas e alegrias durante este período;

Ao Colégio Imaculada Conceição – DAMAS, amada escola que me acolheu integralmente nos Ensinos Infantil, Fundamental e Médio, contribuindo para minha formação estudantil e cidadã;

A todos os Professores e Profissionais da Educação que me guiaram desde a infância até a minha pós-graduação, a quem devo profundo respeito e admiração;

Aos inúmeros passageiros e companheiros de carona do aplicativo BlaBlaCar, que contribuíram economicamente nas minhas idas e vindas de Campina Grande a João Pessoa, tornando as viagens leves e agradáveis;

E ao Manaíra Hostel, por todo o acolhimento em minhas estadias em João Pessoa.

RESUMO

A presente pesquisa trata sobre o campo da arte digital em um contexto museológico que envolve as relações arte, ciência e tecnologia. Realizamos um apanhado histórico, a partir dos anos de 1960, período em que começaram a surgir as primeiras obras de arte digital com uso de recursos computacionais, até os dias atuais. Para contextualizar conceitos e definições que circundam o panorama da arte digital. Relacionamos conhecimentos dos campos da arte e tecnologia para tratar sobre o processo de criação artístico com este viés, entendendo a importância do uso dos algoritmos nas artes digitais. Realizamos um levantamento dados sobre o estado da arte sobre artes digitais em museus, a partir de uma revisão de literatura, elencando trabalhos que envolveram arte digital em museus, entre os anos 2016 e 2019 nas bases digitais da *for Computing Machinery* e do *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Relacionamos obras de arte digital com uso tecnologias emergentes no intuito de verificar os limites da produção artística atual desse segmento. Complementamos a fundamentação da nossa pesquisa com um levantamento sobre museus digitais / interativos, no Brasil e no mundo, observando suas principais características e as relações com os seus visitantes. Com base em um estudo preliminar, verificamos que o protocolo *Open Sound Control* pode ser uma alternativa versátil, flexível, precisa e interoperável na implementação de interatividade em sistemas multimidiáticos, a verificação de sua aplicabilidade no contexto das artes digitais foi um dos objetivos desta pesquisa. Realizamos uma fase experimental para propor a implementação de recursos interativos na Sala de Projeção Panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande, aproveitando a infraestrutura pré-instalada no museu, acrescentando recursos de *hardware* e *software* para viabilizar a implementação. Propusemos um protótipo da implementação de *streaming* interativo na sala de projeção, a partir do desenvolvimento de uma Prova de Conceito. Por fim, apresentamos uma discussão que relacionou as fases exploratória e experimental de nossa pesquisa para criar reflexões sobre o desenvolvimento da implementação proposta em meio ao atual e futuro contexto das artes digitais.

Palavras-chave: Arte digital, Museu, Protocolo OSC.

ABSTRACT

This research deals with the field of digital art in a museological context that involves the relationship between art, science and technology. We carried out a historical overview, from the 1960s, a period in which the first works of digital art using computational resources began to appear, up to the present day. To contextualize concepts and definitions that surround the digital art landscape. We relate knowledge from the fields of art and technology to deal with the process of artistic creation with this bias, understanding the importance of using algorithms in digital arts. We conducted a survey of data on the state of the art on digital arts in museums, based on a literature review, listing works that involved digital art in museums, between the years 2016 and 2019 in the digital databases of for Computing Machinery (ACM) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); We relate digital art works using emerging technologies in order to verify the limits of current artistic production in this segment. We complement the foundation of our research with a survey of digital / interactive museums, in Brazil and worldwide, observing their main characteristics and relationships with their visitors. Based on a preliminary study, we verified that the Open Sound Control (OSC) protocol can be a versatile, flexible, precise and interoperable alternative in the implementation of interactivity in multimedia systems, the verification of its applicability in the context of digital arts was one of the objectives of this research. We carried out an experimental phase to propose the implementation of interactive resources in the Panoramic Projection Room of SESI Digital Museum in Campina Grande, taking advantage of the pre-installed infrastructure in the museum, adding hardware and software resources to make the implementation feasible. We proposed a prototype of the implementation of interactive streaming in the projection room, based on the development of a Proof of Concept. Finally, we present a discussion that related the exploratory and experimental phases of our research to create reflections on the development of the proposed implementation in the current and future context of digital arts.

Keywords: Digital art, Museum, OSC Protocol.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ivan Sutherland usando o <i>Sketchpad</i> , 1962	8
Figura 2: <i>Random Access</i> , 1994	8
Figura 3: Cartaz da exposição <i>Cybernetic Serendipity</i> , 1968.....	9
Figura 4: <i>Sound-activated mobile</i> , 1968.....	10
Figura 5: <i>Sine curve man</i> , 1967	11
Figura 6: <i>A mulher que não é BB</i> , Waldemar Cordeiro, 1971.....	12
Figura 7: Capturas do projeto <i>Electronic Cafe</i> , Los Angeles, 1984.....	14
Figura 8: Diagrama de funcionamento da <i>Electronic Cafe</i>	15
Figura 9: <i>The Golden Calf</i> , 1994.....	18
Figura 10: <i>PLACE, a user's manual</i> , 1995.....	18
Figura 11: <i>Deep Walls</i> - Scott Snibbe, 2002	19
Figura 12: <i>Reflexão 2</i> - Raquel Kogan, 2005 / <i>Viabolus_01</i> - Tania Fraga, 2005	20
Figura 13: Videoarte <i>Ten Thousand Waves</i> (2003).....	21
Figura 14: <i>Um Milagre</i> , 2020.....	25
Figura 15: Imagem promocional das telas Samsung <i>The Frame</i>	26
Figura 16: Exposição <i>Melting Memories</i> , Istambul, 2018.....	26
Figura 17: Protocolo OSC e interatividade.....	33
Figura 18: Aplicação do uso do OSC em Internet das Coisas - IoT.....	34
Figura 19: Autofalante móvel + <i>Raspberry Pi3</i>	35
Figura 20: <i>Pinokio</i> , 2012	44
Figura 21: Instalação interativa <i>Sketch Aquarium</i> , Tóquio, 2013	44
Figura 22: <i>Melting Memories</i> , 2018	45
Figura 23: <i>Melting Memories</i> (captura de dados), 2018.....	46
Figura 24: Show de luzes com drones na China, 2019.....	47
Figura 25: <i>Culturas Degenerativas</i> , 2018	48
Figura 26: Sofia Crespo - <i>Neural Zoo</i> , 2018	48
Figura 27: Um caracol feito de harpa	50
Figura 28: Pintura de uma capivara sentada em um campo ao nascer do sol.....	50
Figura 29: <i>ZKM Center for Art and Media Karlsruhe</i>	54
Figura 30: Captura de tela do <i>Digital Art Museum - DAM</i>	55
Figura 31: Galeria itinerante <i>DiMoDA</i>	56
Figura 32: Instalação interativa <i>Portal 1.0</i> por Raven Kwok, 2020.....	57

Figura 33: <i>Earth Bits – Sentir o Planeta / CO² Mixer</i>	57
Figura 34: <i>Exposição Borderless World, 2018</i>	59
Figura 35: <i>A Praça da Língua e a Grande Galeria</i>	60
Figura 36: Museu do Amanhã, Rio de Janeiro - RJ.....	61
Figura 37: <i>Antropoceno</i> , Museu do Amanhã, 2015.....	61
Figura 38: Espaço expositivo do Museu Cais do Sertão, Recife - PE.....	62
Figura 39: Instalação <i>Túnel do Capeta</i> , Museu Cais do Sertão, Recife - PE.....	63
Figura 40: SESI Museu Digital de Campina Grande.....	64
Figura 41: Videoarte <i>TROPEL</i> , 2017.....	65
Figura 42: Guia Técnico para o sistema de Projeção do SESI Museu Digital de Campina Grande.....	70
Figura 43: Interface gráfica do Resolume Arena.....	71
Figura 44: Diagramação da Sala de Projeção Panorâmica e Cabine Técnica.....	72
Figura 45: Topologia do sistema multimídia.....	72
Figura 46: Configuração do OSC.....	74
Figura 47: Mapeamento OSC.....	75
Figura 48: Mapeamento OSC (em detalhe).....	75
Figura 49: Topologia do sistema + Implementação OSC.....	76
Figura 50: Experimento com projeção interativa.....	77
Figura 51: Edição dos layouts no <i>Touch OSC Editor</i>	78
Figura 52: Sala de Projeção Panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande.....	82
Figura 53: Esboço 01 - Interação na Sala de Projeção Panorâmica.....	83
Figura 54: Esboço 02 - Instalação remota da Câmera PTZ sobre um totem.....	84
Figura 55: Interface do <i>Unity</i>	87
Figura 56: Resolume Arena – Transformação de Entrada.....	88
Figura 57: Resolume Arena – Transformação de Saída.....	88
Figura 58: Mapeamento do parâmetro <i>transform</i> em OSC.....	89
Figura 59: Primeiro teste com o <i>Unity</i>	90
Figura 60: <i>Wallpapers</i> i, ii e iii.....	91
Figura 61: Representação da navegação na imagem (<i>wallpaper</i> ii).....	91
Figura 62: Comportamento do sensor giroscópio do <i>Samsung Galaxy S10+</i>	92
Figura 63: Comportamento dos eixos <i>x</i> , <i>y</i> e <i>z</i> no sensor giroscópio.....	92
Figura 64: Interface de testes, com uso do sensor giroscópio / detalhe ampliado.....	93
Figura 65: Tela da aplicação interativa.....	94

Figura 66: Painel <i>motion</i> para exibição da <i>live</i>	95
Figura 67: Projeto do painel para <i>streaming</i> no Resolume	96
Figura 68: Câmeras PTZ Sony SRG-X120 e Canon CR-N300.....	97
Figura 69: <i>Encoder</i> Matrox MAEVEX 6120	97
Figura 70: Proposta para nova topologia do sistema.....	98
Figura 71: Token <i>QR-Code</i> no iPad	99
Figura 72: <i>Score MATcH Checklist</i>	112

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Categorização das obras	38
Gráfico 2: Tecnologias utilizadas	41

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Comparativo entre OSC e MIDI.....	32
Quadro 2: Classificação da Usabilidade por <i>Score</i>	80

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. SOBRE ARTE DIGITAL.....	6
1.1. Percurso histórico.....	6
1.2. Arte digital: conceitos e definições.....	22
1.3. Por dentro da arte computacional.....	27
1.4. O protocolo <i>Open Sound Control (OSC)</i>	31
2. O ESTADO DA ARTE DA ARTE DIGITAL.....	36
2.1. A arte digital na pesquisa.....	36
2.2. Arte digital emergente.....	43
3. MUSEUS DIGITAIS, IMERSÃO E INTERATIVIDADE.....	53
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
4.1. Um experimento preliminar.....	68
4.2. Análise do experimento preliminar.....	79
4.3. Proposta para o experimento final.....	81
5. IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO FINAL: ELABORAÇÃO DA PROVA DE CONCEITO.....	86
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	100
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	106
ANEXO I – AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DA INTERFACE GRÁFICA DO EXPERIMENTO PRELIMINAR.....	112
ANEXO II – CÓDIGO FONTE DA APLICAÇÃO.....	113

INTRODUÇÃO

Podemos considerar que o campo das artes digitais começou a surgir na década de 1960. Neste período, as tecnologias digitais começavam a se efetivar em aplicações práticas, diante de ideias e concepções que já preexistiam desde a primeira metade do século XX. Segundo Christiane Paul (2005), o meio digital apresenta inúmeros desafios da arte tradicional, desde o seu processo de produção até a sua preservação. Em seu entendimento, a arte digital resiste a noção tradicional do “objeto de arte” e converte essa objetificação em um processo, numa forma que se baseia em tempo, dinâmica, interatividade, colaboração, personalização e variação.

Em nossa pesquisa, desenvolvemos um estudo sobre arte digital no qual foi verificada a aplicabilidade do protocolo *Open Sound Control* (OSC), na implementação de recursos de interatividade em uma das alas instaladas no SESI Museu Digital de Campina Grande. Realizamos experimentos que utilizaram um smartphone como plataforma para a interação, por este ser um equipamento de fácil acesso que possui diversos tipos de sensores embarcados e que permite variadas formas de comunicação com outros sistemas computacionais.

A proposição deste estudo foi motivada por uma demanda de ampliação do acervo do museu que já era prevista em seu plano de ação inaugural. Por tratar-se de um museu que dispõe de diversos suportes digitais em seu ambiente expográfico. Com o propósito de abordar a história da cidade de Campina Grande – PB de maneira lúdica e inovadora, efetivou-se o entendimento de que novos conteúdos poderiam ser acrescentados a seu acervo ao longo do tempo, sem a necessidade de um desmonte da infraestrutura instalada. Uma das alas previstas para estas expansões é Sala de Projeção Panorâmica, espaço destinado a exibição de filmes e/ou diversos outros produtos audiovisuais, utilizando-se de equipamentos de projeção, sonorização e automação de última geração. Percebemos que a implementação de interatividade no sistema de multimídia desta ala do museu pode expandir e potencializar as suas capacidades operacionais e promover novas experiências aos visitantes do museu. A nossa ideia é que estes recursos interativos se somem a infraestrutura técnicas previamente instaladas, considerando recursos de *hardware* e o *software* Resolume Arena, licenciado no museu para gestão e controle de mídias do sistema de projeção panorâmica. Embora a proposta se apresente com uma percepção pragmática, ratificamos que esta experimentação serviu para produzirmos uma discussão sobre a arte digital em seu momento atual sob o contexto museológico com o viés tecnológico-interativo. Complementando os objetivos de nossa pesquisa, podemos elencar a realização de um levantamento prévio do estado da arte digital levando em consideração, principalmente, o ambiente museológico.

O nosso primeiro capítulo foi norteado a partir do percurso histórico da arte digital. Apresentamos obras e eventos relacionados a este gênero, ocorridos desde a segunda metade do século XX até os dias atuais. Nessa contextualização verificamos reflexões de artistas e curadores sobre o uso dos computadores na produção artística, tais como a britânica Jasia Reichardt que fez a curadoria da exposição *Cybernetic Serendipity: the computer and arts* no ano de 1968, em Londres. O evento é considerado pioneiro em relação a arte computacional. No catálogo da exposição, a curadora afirma que o objetivo da exibição era mostrar o uso criativo das tecnologias, a partir do manifesto envolvimento de artistas com a ciência e de cientistas com a arte (REICHARDT, 1968, p. 6).

Diversos apontamentos que foram feitos desde esse período, nos trouxeram para o segundo tópico do capítulo inicial, que trata sobre conceitos e definições sobre arte digital. Sobre este campo artístico, apresentamos um embate de ideias e pensamentos de alguns autores como Herbert Franke (1987), Domenico Quaranta (2013) e Suzete Venturelli (2017). Vimos que no entorno das relações entre arte, ciência e tecnologia computacional podem existir diversas definições, com ideias convergentes e divergentes, a exemplo de arte computacional, *new media arts*, ciberarte, entre outras. Em nossa pesquisa compreenderemos que essas modalidades artísticas pertencem ao campo das artes digitais que, de acordo Cristiane Paul (2015), engloba práticas artísticas que fazem parte de um conjunto não unificado de estética e que podem ser atribuídas como: i) artes que utilizam tecnologias digitais como meio para criação de objetos de arte tradicional, exemplo: pintura, escultura, fotografia etc.; ou ii) artes computacionais criadas, armazenadas e distribuídas através de tecnologias digitais como seu próprio meio. Nesta pesquisa, não tratamos o indivíduo que participa das exposições com arte digital como apenas um apreciador ou visitante. A partir das definições propostas por Cleomar Rocha (2018, p. 107): “ao estabelecer que o usuário é parte do sistema, exercendo um papel fundamental nos acionamentos e na dialogicidade deste, desvela-se a gênese da interatividade”, neste caso o usuário de um sistema interativo pode ser compreendido como um interator.

Ainda discorrendo sobre a primeira parte da nossa pesquisa, estudamos o processo de criação artística atrelado ao uso das tecnologias digitais, difundindo conhecimentos da i) área computacional relacionados a compreensão dos algoritmos, a partir dos autores Bruno Pierro (2018) e Thomas Cormem (et. al., 2018); e ii) das artes digitais computacionais, utilizando discussões de Suzete Venturelli (2017) e Richard Colson (2007), contextualizando o papel do artista nas práticas com a computação. Complementamos essa discussão apresentando alguns protocolos de comunicação utilizados em aplicações multimidiáticas como o protocolo *Open*

Sound Control, justificando as motivações para a escolha do uso do OSC no desenvolvimento da nossa implementação.

No segundo capítulo, abordamos o estado da arte das artes digitais em duas perspectivas. A primeira foi um levantamento de trabalhos acadêmicos que foram publicados entre 2016 e 2019 e relacionaram os descritores: “arte digital”, “tecnologia” e “museus”, em duas bases de dados que publicam trabalhos deste gênero: a *Association for Computing Machinery (ACM Digital Library)* e o *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Xplore*. A busca nessas bibliotecas resultou em 24 trabalhos que possibilitaram uma categorização das tecnologias mais utilizadas nas práticas com arte digital. O segundo viés do capítulo apresentou um panorama sobre as tecnologias emergentes que têm sido contempladas por artistas, a exemplo da inteligência artificial, robótica, redes neurais e visualização de dados. Realizamos uma pesquisa exploratória, na qual selecionamos obras de subgêneros distintos, produzidas por seis artistas e expostas em diversos locais do mundo, a partir da década de 2010.

Concluimos a fase de levantamento de dados da nossa pesquisa com um estudo sobre a inserção dos “museus digitais” no cenário museológico, que se apropriaram das novas tecnologias para oferecer uma experiência de visita diferente dos museus tidos como tradicionais. O nosso primeiro exemplo foi o *ZKM Center for Art and Media*, fundado em 1989 na cidade de Karlsruhe, na Alemanha – tido como pioneiro nesse segmento. Apresentamos o museu virtual *ZKM Media Museum*, que reúne um acervo de importantes artistas da área; o *DiMoDA – Digital Museum of Digital Art* que tem o propósito de preservar e exibir um acervo de obras de arte em realidade virtual, sendo uma instituição itinerante; e os museus recém-inaugurados *Museum of Digital Arts – MuDA* (2016), situado em Zurique; e o *MORI Building Digital Art Museum: teamLab Borderless* (2018), situado em Tóquio. Num segundo momento, referenciamos museus com características similares no Brasil: o Museu da Língua Portuguesa, em São Paulo (SP); o Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro (RJ); o Museu Cais do Sertão, em Recife (PE); e finalmente, o SESI Museu Digital de Campina Grande (PB). Após esse levantamento, refletimos sobre as mudanças comportamentais do público nos museus digitais, com base nas reflexões de Suzete Venturelli (2017) e Lúcia Santaella (2018); e, por fim, elucidamos o entendimento dos termos “imersão” e “interatividade” em nossa pesquisa, com base na discussão conceitual das ideias defendidas por William Sherman e Alan Craig (2003), Pierre Lévy (2010), Júlio Plaza (2003) e Roy Ascott (1991).

A composição metodológica do nosso estudo iniciou-se com um levantamento bibliográfico em paralelo a uma fase exploratória compreendidos nos três primeiros capítulos. No quarto capítulo, denominado como “Materiais e métodos”, apresentamos o

desenvolvimento de um experimento preliminar que simulou a implementação dos recursos de interatividade, utilizando o protocolo OSC em uma infraestrutura compatível com o sistema de projeção panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande, experimentação que foi discutida no grupo de trabalho “Arte computacional”, do III Congresso Intersaberes em Arte, Museus e Inclusão – CIAMI (edição virtual, ano de 2020), sediado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Em nosso entendimento, o experimento contempla os materiais que serão utilizados em nosso desenvolvimento, uma vez que realizamos um detalhamento da infraestrutura técnica do sistema multimídia, resultando na produção de um mapeamento de sua topologia. Na sequência, realizamos a avaliação da interface gráfica da aplicação que utilizamos para realizar as interações com a projeção no experimento, a partir de uma análise heurística, baseada em conhecimentos advindos do campo da Interação Humano-Computacional (IHC), cujo principal autor utilizado para fundamentar nossas ideias foi o autor dinamarquês, Ph.D. em IHC, Jakob Nielsen (1994; 2005).

Utilizamos esse levantamento prévio para desenvolver a proposta de implementação de recursos interativos no museu, com uso do protocolo OSC. Trata-se de uma instalação com *streaming* de vídeo interativo, na qual o interator apontará um *smartphone* (como se estivesse usando a câmera do aparelho para filmar) para uma tela de projeção panorâmica, controlando remotamente uma câmera motorizada. Esta tela panorâmica é uma grande tela curvada que ocupa boa parte do campo visual das pessoas que adentram a sala de projeção. A nossa ideia é que as imagens geradas pela câmera remota sejam exibidas em tempo real no sistema de projeção. Objetivamos que os participantes tenham uma experiência de telepresença interativa ao controlarem a visão do “olho remoto” num ambiente imersivo, com a tela panorâmica curvada ocupando boa parte do seu campo visual. Para concatenar a ideia do experimento com o contexto do museu, imaginamos a instalação da câmera remota em um ponto representativo da cidade de Campina Grande, com um ângulo de visão privilegiado sob a cidade (como, por exemplo, uma vista do alto de um prédio). Além da câmera é necessária uma infraestrutura que disponha de um servidor (para controle da câmera e transmissão do vídeo), conectado a uma rede banda larga de alta performance, no intuito de reduzir ao máximo a latência da transmissão.

No nosso quinto capítulo, apresentamos a implementação do nosso experimento final através da elaboração de uma Prova de Conceito. Em decorrência das dificuldades impostas pela Covid-19, não foi possível realizar o experimento por completo e nem a execução de testes com participantes. Entretanto, a estratégia que utilizamos permitiu validar o modelo proposto para *streaming* interativo, a partir da realização de dois experimentos no ambiente do SESI Museu Digital de Campina Grande: i) desenvolvimento de uma aplicação interativa para

mobile, utilizando o sensor giroscópio de um *smartphone* e o protocolo OSC para gerenciar o controle do movimento das imagens no *software* de projeção disponível no museu; e ii) um teste de *streaming* realizado na Sala de Projeção Panorâmica, identificando alternativas para obter o vídeo em tempo real neste sistema multimídia. Por fim, elaboramos uma proposta para o protótipo da instalação de *streaming* interativo, apresentando um mapa topológico da implementação no sistema de projeção panorâmica e discutimos questões relevantes que devem ser observadas no desenvolvimento do projeto.

O nosso último capítulo concentrará discussões expostas ao longo da nossa pesquisa, relacionando as fases exploratória e experimental. Trouxemos relatos sobre o processo de desenvolvimento dos nossos experimentos, expondo questões sobre o sistema de projeção panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande, os *softwares* utilizados e a nossa proposta de implementação de *streaming* interativo, através do uso de dispositivos móveis e do protocolo OSC. Refletimos acerca do processo criativo e do fazer artístico em artes digitais a partir das experiências que obtivemos e especulamos sobre o futuro da arte digital, com base nos avanços tecnológicos e sociais que têm ocorrido nos últimos tempos.

1. SOBRE ARTE DIGITAL

“A arte sempre foi produzida com os meios do seu tempo” (MACHADO, 2007, p. 9)

Iniciaremos nossa discussão teórica sobre arte digital abrangendo aspectos relacionados ao contexto histórico que permitiram o seu surgimento, a sua trajetória, e as concepções que lhes foram dadas. Trataremos sobre este campo artístico sob uma ótica mais pragmática, relacionando o fazer artístico atrelado aos meios da computação.

1.1. Percurso histórico

De acordo com a reflexão de Arlindo Machado na epígrafe deste capítulo, a produção artística está relacionada aos meios disponíveis de cada época. As primeiras manifestações no campo da arte digital se iniciaram a partir da segunda metade do século XX, mais precisamente a partir dos anos de 1960, período no qual emergiam para o mundo as primeiras tecnologias digitais. De certo modo, o interesse da classe artística em paralelo ao aparecimento dessas novas possibilidades tecnológicas reafirma o caráter inovador das artes. “A criação” carece de algo novo, inexistente – mesmo quando se apropria de algo que já exista sob um novo olhar ou perspectiva. Podemos relacionar a aproximação do universo artístico ao campo das ciências e das tecnologias desde a criação de simples ferramentas de trabalho utilizadas pelos artistas, como um pincel até o surgimento da fotografia, do cinema etc., que se utilizaram de tecnologias desenvolvidas inicialmente para atender demandas do campo científico.

É fato que o início da história da arte digital deriva de diversas outras influências, sejam artísticas ou até mesmo tecnológicas. Por exemplo, no início do século XX começaram a aparecer efeitos de iluminação e projeções em espetáculos de teatro (impulsionados pelos avanços na eletricidade) resplandeciam na plateia e, deste modo, estimulavam a interação entre os espectadores e as apresentações teatrais (POISSANT, 2009, p. 76-77). As inquietudes advindas da produção teatral dessa época exemplificam e podem ser enxergadas como sementes para os anseios artísticos que seriam amplificados com o nascimento das tecnologias digitais. A primeira metade do século XX foi um período de exploração das novas tecnologias que estavam surgindo, e contribuíram significativamente para avanços em diversas direções como o cinema e a fotografia, aos poucos a ideia de objetificação das obras de arte começou a trilhar rumo a sua desmaterialização.

Na década de 1940, surgiam os primeiros conhecimentos sobre cibernética – que se propunha a estudar as relações entre o homem e o computador. Entretanto, só a partir dos anos

1960 que os conceitos sobre as tecnologias digitais começaram efetivar. Sobre este período, percebamos a reflexão da autora Christiane Paul (2015) em seu livro *Digital Art*:

A década de 1960 acabou sendo uma década particularmente importante para a história das tecnologias digitais - uma época em que foram estabelecidas as bases para grande parte da tecnologia de hoje e sua exploração artística. As ideias básicas de Vannevar Bush foram levadas a outro nível pelo americano Theodor Nelson que, em 1961, criou as palavras 'hipertexto' e 'hipermídia' para um espaço de escrita e leitura em que textos, imagens e sons podiam ser interconectados e vinculados eletronicamente por qualquer pessoa contribuindo para um 'docuverse' em rede. O ambiente de hiperlink de Nelson era ramificado e não linear, permitindo que os leitores / escritores escolham seu próprio caminho através das informações. (PAUL, 2015, p.11, tradução nossa)

Estas definições criadas por Ted Nelson foram primordiais para o processo evolutivo das mídias digitais, são conceitos utilizados e discutidos até os dias atuais. Tanto a ideia do “docuverso” (universo de documentos), quanto as concepções sobre o *hiperlink* e a *hipermídia* reforçaram o potencial da não linearidade disponibilizada pelas tecnologias digitais. Essa idealização propôs a criação de documentos eletrônicos que poderiam ser localizados e acessados a partir de um banco de informações e através de conexões denominadas de *links*, a criação de narrativas textuais não lineares e a mesclagem de textos com conteúdo multimidiático (imagens, vídeos e sons etc.); que efetivamente ocorreram na medida em que os avanços tecnológicos foram acontecendo.

Na década de 1960, surgiram os primeiros conceitos sobre Computação Gráfica (CG). Em 1962, o cientista da computação Ivan Sutherland realizou uma publicação denominada *Sketchpad – A Man-Machine Graphical Communication System*. O invento utilizava um teclado e uma caneta ótica para desenhar em um computador, as imagens eram visualizadas em um monitor. O *software* permitia manipular as imagens, até mesmo girar e ampliar. Apesar de não ter uma relação direta com arte, a invenção de Sutherland introduziu a Computação Gráfica Interativa (CGI) e é considerado um precursor dos *softwares* CAD (*Computer Aided Design*) que até hoje são amplamente utilizados na CG (AZEVEDO; CONCI, 2003, p. 4-5). Vejamos uma demonstração do funcionamento do *Sketchpad* na Figura 1.

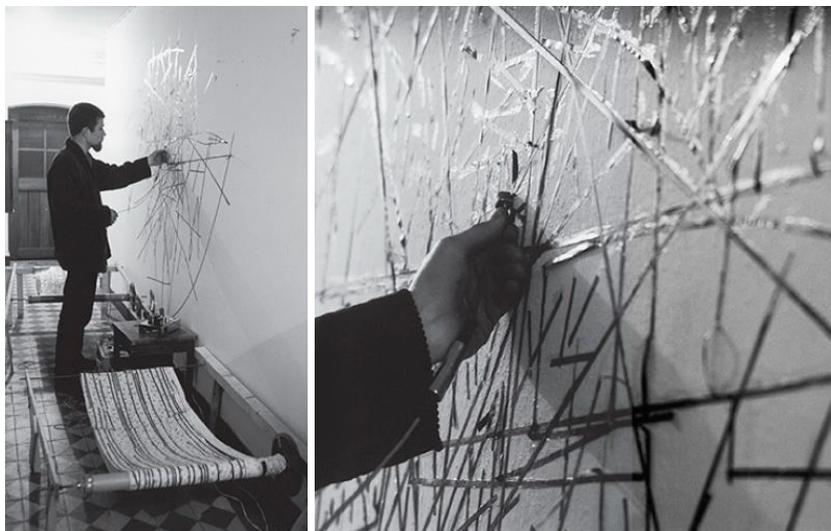
Figura 1: Ivan Sutherland usando o *Sketchpad*, 1962



Fonte: *History-computer.com website*¹

Um dos grandes diferenciais da tecnologia digital em relação ao analógico é a forma não linear de acessar as informações, também denominada de acesso randomizado. Inspirado nessa questão, na Galeria *Parnass* na Alemanha, em 1963, o artista coreano Nam June Paik expôs uma obra intitulada de *Random Access*. Era uma instalação que continha pedaços de fita cassete recortados e colados na parede de maneira aleatória, ou seja, alterando seu tamanho, posição e inclinação (conforme Figura 2). O visitante era provocado a utilizar um dispositivo que estava disponível no local e passá-lo por cima do trecho da fita que desejasse. Esse dispositivo nada mais era que um cabeçote conectado a um par de alto-falantes, fazendo a leitura e reprodução dos sons ao ter contato com a fita magnética.

Figura 2: *Random Access*, 1963



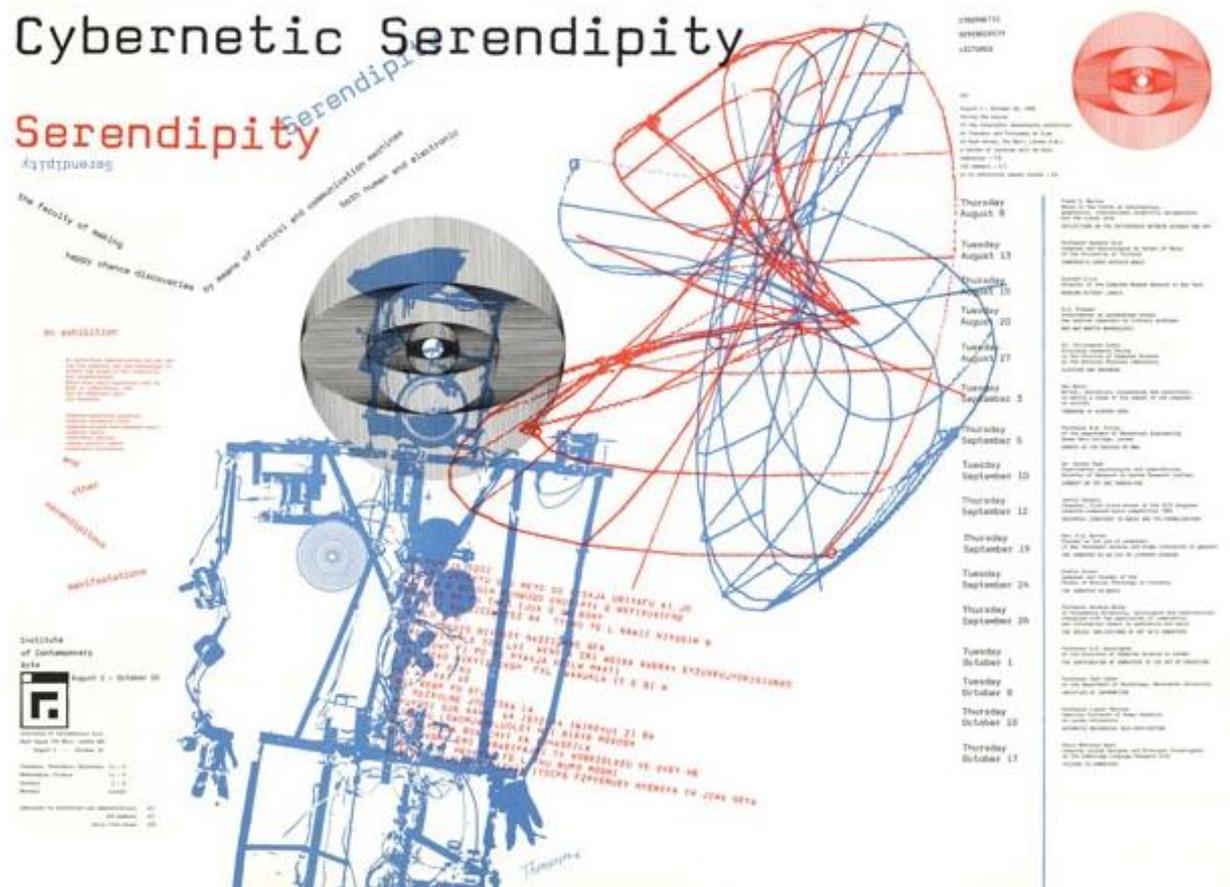
Fonte: *Digital Art* (PAUL, 2015, p. 74)

¹ Disponível em: <<https://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>>. Acesso em: 05 jul. 2020.

Apesar da *Random Access* não se utilizar efetivamente de recursos digitais, ela sugere a possibilidade de acessar informações de modo aleatório, assim como acontece em um computador, e é uma obra interativa.

Seguindo a cronologia, as décadas de 1970 e 1980 foram férteis para experimentações com arte digital. Alguns artistas das mais variadas áreas (fotografia, pintura, escultura, música etc.) se entusiasmaram com a ainda recente inserção dos computadores no universo das artes. Este foi um período de afirmação da arte digital, que passou a ganhar espaço em galerias e conceituadas instituições museológicas (BANDEIRA, 2012, p. 58). Em 1968, ocorreu a pioneira exposição *Cybernetic Serendipity: the computer and arts* no Instituto de Arte Contemporânea (ICA) em Londres, na Inglaterra. O evento reuniu obras de 130 participantes, dentre eles compositores, engenheiros, artistas, matemáticos e poetas (REICHARDT, 1968). Cerca de 60 mil pessoas visitaram a exposição ao longo de dois meses. Na Figura 3 veremos o cartaz promocional da *Cybernetic Serendipity*:

Figura 3: Cartaz da exposição *Cybernetic Serendipity*, 1968



Fonte: Acervo ICA *website*²

² Disponível em: <<https://archive.ica.art/whats-on/cybernetic-serendipity-documentation>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

Dentre uma considerável diversidade de obras da exposição, que englobavam experimentações com CG, cibernética, robótica, música, literatura, videoarte, projetos de arquitetura, está o *Sound-activated mobile (SAM)* de Edward Ihnatowicz (REICHARDT, 1968, p.38). O *mobile* possuía uma estrutura similar a uma coluna vertebral em sua parte inferior, e o formato de uma flor em sua estrutura superior. Também considerado como uma escultura cinética, o SAM possuía um sistema eletro-hidráulico que fazia com que ele se movesse respondendo a sons e ruídos ao seu redor. Vejamos (Figura 4) uma fotografia do *mobile*:

Figura 4: *Sound-activated mobile*, 1968



Fonte: *Compart – Center of Excellence Digital Art*³

Como podemos observar na imagem, a parte superior era composta por uma estrutura em fibra de vidro (remetendo a uma flor) e quatro microfones em posições distintas. Um circuito comparava as informações sonoras de cada captação e enviava comandos para os pistões hidráulicos movimentarem a “coluna” na direção em que o som estava sendo emitido.

No catálogo da exposição, existiam reflexões no entorno das artes computacionais. Em um dos relatos da curadora Jasia Reichardt, ela afirmou que “o computador executa várias funções que, no sentido mais amplo, parecem ser um ato de inteligência [...] no entanto, o

³ Disponível em: <<http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/647>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

computador não é capaz de fazer abstrações e é desprovido das três forças principais por trás da criatividade: imaginação, intuição e emoção” (REICHARDT, 1968, p.71). Esta percepção estará presente em nossas discussões sobre arte, tecnologia e inteligência artificial ao longo deste trabalho.

No âmbito da CG, um dos artistas pioneiros foi o norte-americano Charles Csuri, ele foi professor participante do Grupo de Pesquisa em Computação Gráfica da Universidade do Estado de Ohio nos EUA. De acordo com o *Digital Art Museum (DAM)*⁴, a partir da década de 1960, Csuri publicou diversos trabalhos artísticos produzidos com uso do computador – eram desenhos e animações gráficas, alguns estiveram presentes em exposições como a *Cybernetic Serendipity*, no Festival Internacional de Cinema Experimental, em Bruxelas na Bélgica; Csuri também expôs suas obras no Museu de Arte Moderna de Nova York (MoMA). Notemos na Figura 5 um dos seus desenhos mais conhecidos:

Figura 5: *Sine curve man*, 1967



Fonte: *Compart – Center of Excellence Digital Art*⁵

Seguindo a cronologia temporal, podemos relacionar outros eventos que aconteceram neste período como a exposição *The Machine as Seen at the End of The Mechanical Age* que aconteceu no Museu de Arte Moderna de Nova York (MoMA) em 1968. No ano de 1970

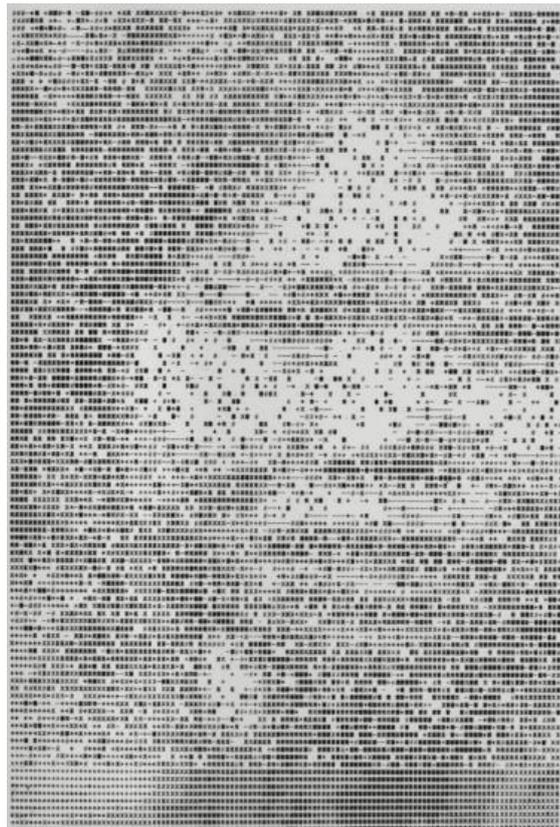
⁴ Disponível em: <<http://dam.org/artists/phase-one/charles-csuri>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

⁵ Disponível em: <<http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/96>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ocorreram as mostras *Software, Information Technology: its Meaning for Art* no Museu Judaico e *Information* no MoMA, ambas em Nova York (EUA). Ainda no mesmo ano, em Los Angeles (EUA), ocorreu a exposição *Art and Technology* no *Los Angeles Country Museum of Art (LACMA)*. Em 1979, na cidade de Linz na Áustria, foi criado o festival *Ars Electronica*, evento que permanece acontecendo até os dias atuais. Além dos eventos propriamente artísticos, esta época marcou o surgimento do *Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH)*, que é um dos principais eventos acadêmicos relacionados a CG e interatividade, promovido pela *The Association for Computing Machinery (ACM)* (BANDEIRA, 2012, p. 58-59).

Nos anos de 1970, o artista Waldemar Cordeiro – considerado um dos precursores da arte computacional no Brasil organizou a primeira exposição do gênero no país, travava-se da “Arteônica” que aconteceu em São Paulo (SP), na Fundação Armando Álvares Penteado (VENTURELLI, 2017, p. 24). A exibição reuniu trabalhos dele e de outros onze artistas: Aldir Mendes de Souza, Aloysio Raulino, Antonio Berni, Clark S. Knowlton, Ernesto Deira, François Morellet, Gianni Bertini, Giorgio Moscati, Jorge Glusberg, Rogelio Polesello, Rudá de Andrade. Reparemos na Figura 6 uma das criações expostas no evento:

Figura 6: *A mulher que não é BB*, Waldemar Cordeiro, 1971



Fonte: Waldemar Cordeiro *website* (CORDEIRO, 1972)

Para essa exibição, Cordeiro escreveu o texto “O uso criativo de meios eletrônicos nas artes”, refletindo sobre o momento da arte contemporânea naquela época. Ele entendia que a obsolescência do sistema de comunicação, no entorno da arte tradicional, residia na limitação de consumo implícita ao meio de transmissão, dificultado a sua fruição na sociedade moderna. A exemplo dessa questão, Cordeiro pressupõe o deslocamento físico dos fruidores para o contato com as obras, em centros urbanos cada vez mais expandidos. Ele reconheceu que, muitas vezes, as obras eram conhecidas a partir da sua reprodução por meios mecânicos ou eletrônicos ao invés do contato direto. Sobre o contexto da exibição “Arteônica” em relação a este momento, o artista fez a seguinte reflexão:

A utilização de meios eletrônicos pode proporcionar uma solução para os problemas comunicativos da arte mediante a utilização das telecomunicações e dos recursos eletrônicos, que requerem, para a otimização informativa, determinados processamentos da imagem. No caso da Arteônica o transporte não causa transformação. A utilização dos novos meios comunicativos pouco significaria, no entanto, se não levasse em conta as mais diversas variáveis da cultura, aumentando o número de fruidores a situação da cultura se torna mais diversificada e o feedback mais complexo. Na medida em que a compreensão das condições gerais esteja à base de todo esforço criativo, o ato de criar vem exigir métodos mais complexos e meios mais eficazes. Nesse rumo é que a arte poderá reencontrar as condições para o desempenho da sua função histórica. Sabe-se que a mera utilização do computador não significa por si só a solução de todos os problemas. (CORDEIRO, 1972)

Nesse ponto podemos observar interligações entre os novos meios de comunicação e a arte computacional. As artes tradicionais já sofriam interferência das novas tecnologias que emergiam, da computação e da eletrônica. No período entre as décadas de 1960 e 1980, os meios de comunicação em massa estavam em expansão, novos dispositivos surgiram nessa época, a exemplo das câmeras de vídeo portáteis – que logo foram apreciadas por alguns artistas (RUSH, 2006). Entretanto, as inovações não se deram apenas no critério tecnológico, mas também na linguagem da produção artística, a exemplo do surgimento das primeiras videoartes. Em seu livro *Novas Mídias na Arte Contemporânea*, Michael Rush (2006) esclarece que:

O vídeo, como forma de arte, deve ser distinguido dos usos do vídeo, mesmo os executados de modo artístico, em documentários, notícias e outros campos significativos, ou seja, adaptados. “Arte” e “artístico” são termos distintos, embora ligados, que existem para nos ajudar a diferenciar entre o que pode, ou não, ser considerado como arte. [...] A arte está na intenção do artista: fazer ou conceber algo sem a limitação de algum outro objetivo. (RUSH, 2006, p.77)

Seguindo este entendimento, os artistas ao se depararem com os aparatos tecnológicos, não apenas os observavam de modo a executar suas funções primárias, ou seja, uma câmera de

vídeo não serviria apenas para gravar filmes, notícias etc., mas poderia assumir novas funções a depender da intencionalidade de quem a manuseava. Nas videoartes, as formas de captar e reproduzir vídeos (ainda analógicos nesse período) ocorriam de maneiras distintas e diferentes do uso comum.

Em seu livro sobre a história da arte computacional, Thomas Dreher (2015) afirma que o desenvolvimento desse gênero artístico ocorreu de maneira multilinear, ou seja, podemos subdividir essa evolução em diversas direções: cibernética, literatura, CG, vídeo, animação computadorizada, arte evolucionária, realidade virtual, net arte, jogos eletrônicos etc. Mas, apesar de certa independência evolutiva, essas modalidades acabavam se misturando.

Questões colaborativas são inerentes a arte digital, uma vez que é necessário reunir conhecimentos de áreas distintas para a execução dos projetos. Em 1984, o casal de artistas Kit Galloway e Sherrie Rabinovitz lançaram em Los Angeles (EUA) o projeto telecolaborativo denominado *Electronic Cafe*, que tinha o propósito de reunir e facilitar conversas criativas remotas numa comunidade que envolvia arte, tecnologia, telecomunicações e comunicação transcultural. A infraestrutura criada envolvia recursos da computação, de produção audiovisual e rede telefônica (DREHER, 2015, p. 221-226). Observemos capturas de telas extraídas da instalação na Figura 7.

Figura 7: Capturas do projeto *Electronic Cafe*, Los Angeles, 1984

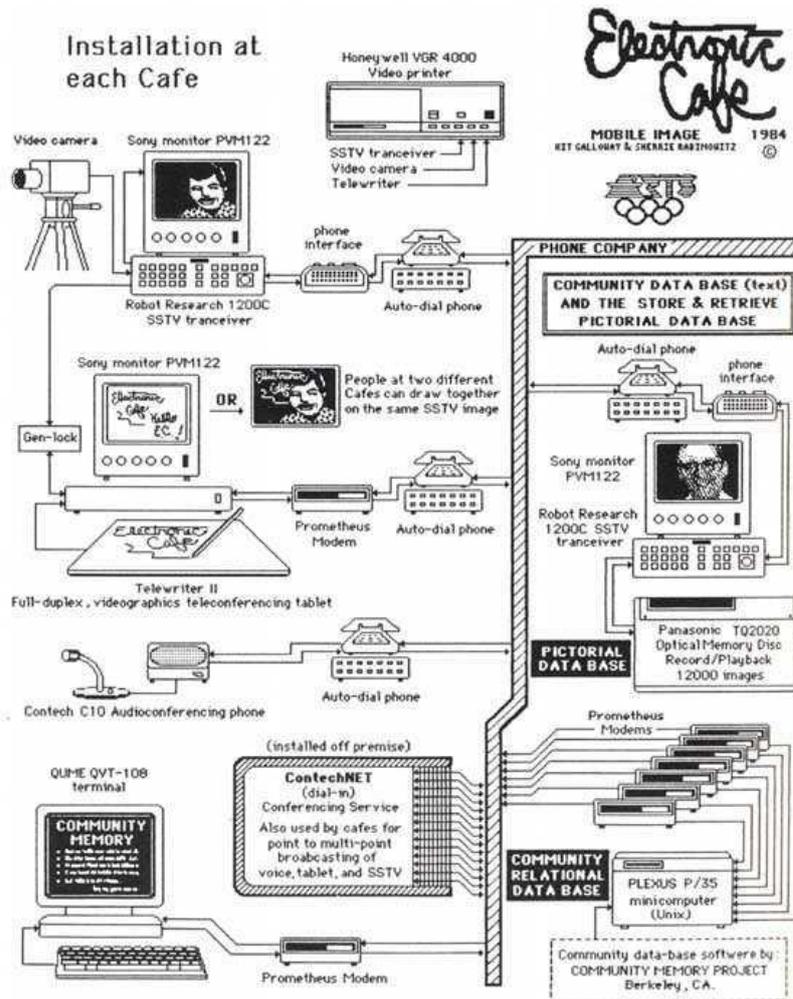


Fonte: *History of Computer Art* (DREHER, 2015, p. 223)

O sistema era composto por uma rede de computadores baseada em texto, que permitia aos usuários a criação de tópicos de discussão, um banco de dados de imagens que permitia

pesquisas através de palavras-chave, um sistema de áudio e videoconferência, um sistema de escrita em tela que possibilitava a escrita, exibição e transmissão de desenhos ou manuscritos criados em uma mesa digitalizadora e impressoras que poderiam fazer cópias físicas das imagens e textos. Observemos o diagrama do sistema da *Electronic Café* (Figura 8):

Figura 8: Diagrama de funcionamento da *Electronic Café*



Fonte: *History of Computer Art* (DREHER, 2015, p. 222)

Pode-se dizer que essa instalação telemática serviu como protótipo para a criação dos "internet cafés" que se popularizaram a partir dos anos de 1990. Com o propósito de fomentar a produção artística colaborativa, o projeto se tornou internacional em 1988 quando a rede alcançou vínculo com a cidade de Paris, na França. Algumas outras atividades autônomas se utilizaram dessa infraestrutura, permitindo criações de novas modalidades como a *telepoesia* e as *teleconversas* musicais, por exemplo.

Antes de adentrarmos na década de 1990, podemos observar que todo o percurso histórico do campo da arte digital no século XX, certamente, pode ter sofrido influências de

outras expressões artísticas como a arte moderna ainda no final do século XIX. Com uma proposta de romper com os padrões formais da arte tradicional, alguns movimentos artísticos adentraram o século XX reconfigurando a linguagem artística em seu novo momento. Vejamos a reflexão de Michael Rush (2006) sobre essas transformações:

No final do século XX, pode-se afirmar que a percepção simplista do desenvolvimento da arte moderna, em função de “movimentos”, não é mais cabível. O uso de desenvolvimentos tecnológicos como novos meios de expressão para fazer arte, entre outras razões, tornou inaplicável essa maneira de ver as coisas [...]. A aliança ocasionalmente conturbada entre arte e tecnologia amadureceu: a marcha inexorável do mundo para uma cultura digital (ou computadorizada) inclui a arte em seus passos. A arte digital é um meio mecanizado cujo potencial parece ilimitado (RUSH, 2006, p. 162).

Seguindo o raciocínio, observemos que a transição para o ciclo da arte contemporânea, após meados do século XX, trouxe consigo novos rompimentos até mesmo em relação a arte moderna. O caráter inventivo e experimental continuava a ser desejado pela classe artística, entretanto, o “conceito artístico”, a atitude e a ideia sobre a obra assumiram certo protagonismo no processo de criação, assim como a liberdade de expressão sem compromissos institucionais. Podemos considerar que a contemplação de uma obra talvez não fosse o principal ponto a ser observado, mas a ênfase nas reflexões subjetivas sobre o que a obra propunha. Em meio a esse contexto, a fotografia e o cinema como arte se instauraram definitivamente como arte. A performance, a arte de rua e outras manifestações também estavam em efervescência, assim como a consolidação do *Op Art* e o surgimento do *Pop Art*. Ernst Gombrich (2000) afirmou que “se existe algo que marca o século XX é justamente a liberdade de experimentação com toda espécie de ideias e meios”.

A autora Lúcia Santaella, em seu texto “Arte, ciência & tecnologia: um campo em expansão” reforça a ideia de que a evolução da linguagem humana é um fator preponderante para o desenvolvimento das artes:

As linguagens humanas estão em constante processo de evolução. Uma evolução que depende do grau de desenvolvimento histórico das forças de produção da linguagem. A capacidade humana para produzir linguagens parece inesgotável. Da oralidade evoluiu para a escrita, em paralelo com a música instrumental e as artes pictóricas e cênicas, então para a escrita em forma impressa e para a diversidade de mídias imagéticas e audiovisuais da era da comunicação de massas. Esta começou a repartir a sua soberania com as mídias adjacentes dos anos 1970-80, como a TV a cabo, o vídeo cassete, o walkman etc., que foram preparando a sensibilidade humana para o advento da interatividade computacional dos anos 1990. Deu-se aí por iniciada a era digital cuja evolução, nos últimos vinte anos, tem sido tão veloz quanto inquietante e desconcertante. (SANTAELLA, 2018, p. 29)

Considerando as transformações ocorridas no século XX, essa percepção de Santaella sobre a evolução das linguagens humanas em meio ao desenvolvimento tecnológico condiz com o rompimento de fronteiras da arte através dos movimentos que ocorreram, principalmente, com o surgimento da arte contemporânea. Segundo ela, as tecnologias dão corpo a linguagem, e que não há tecnologia emergente que surja imune aos artistas (SANTAELLA, 2018, p. 30). Diante desse cenário, o campo da arte digital se instaurou efetivamente a partir dos anos de 1990, quando as tecnologias digitais passaram a se expandir em diversos segmentos da nossa sociedade, assim como a “explosão da internet” ocasionando a emergência das mídias.

Nessa década, museus e galerias passaram a incorporar em seus espaços, de maneira consistente, obras e exposições desse gênero (PAUL, 2015, p. 18). Além dos crescentes avanços computacionais desse período, começaram a surgir e se popularizar câmeras de fotografia e vídeo digital, assim como *softwares* para manipulação de imagem como o emblemático Adobe Photoshop que passou a ser comercializado no início do ano de 1990 (SHUSTEK, 2013). Santaella também constata a efervescência desse campo da arte quando afirma:

Antes que se desse a explosão da internet e das novas formas de net arte que ela viria crescentemente instaurar a partir dos anos 1990, na década anterior, com o surgimento da imagem numérica, isto é, imagem produzida por computador, a febre da arte computacional atingiu seu ápice nos experimentos dos artistas com a geração de imagens computacionais e a representação de objetos tridimensionais animados. Já nessa época, o potencial da arte digital, feita de imagens processadas computacionalmente, prometia ser ilimitado. (SANTAELLA, 2018, p. 31)

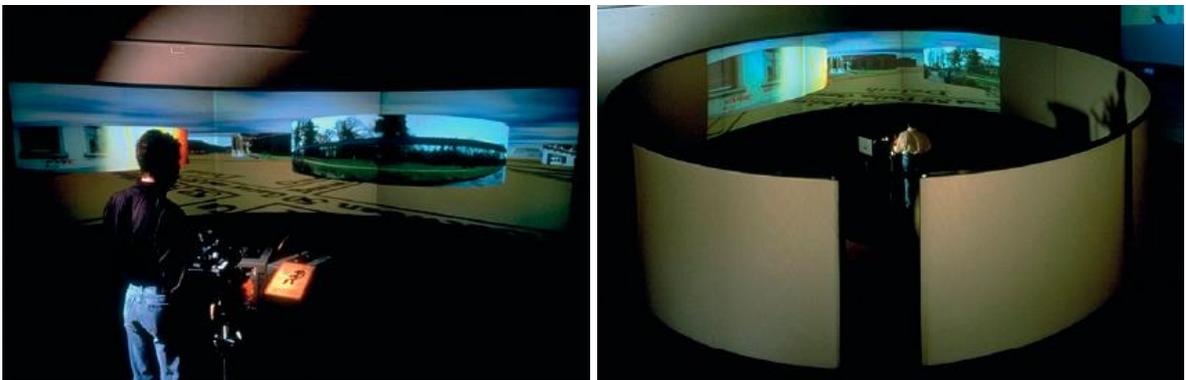
O amadurecimento das tecnologias e linguagens relacionadas a CG marcou a produção artística desse período. Como exemplo, podemos relacionar o trabalho do artista visual australiano Jeffrey Shaw, que já havia realizado exposições em vários países desde os anos de 1960. Dentre a sua produção artística com uso de tecnologias digitais, relacionamos os trabalhos 1) *The Golden Calf* (1994) e 2) *PLACE – a user’s manual* (1995), ambos expostos em galerias na Áustria.

A primeira instalação é relacionada a realidade aumentada, em que o visitante segurava uma tela de cristal líquido conectada através de um cabo a um pedestal branco no qual, virtualmente, poderia ser visualizado um bezerro de ouro, conforme a Figura 9. Neste caso, a tela poderia ser movida em qualquer direção, alterando o ângulo de visualização conforme a orientação desejada.

Figura 9: *The Golden Calf*, 1994

Fonte: *Digital Art* (PAUL, 2015, p. 74)

No segundo caso, o visitante se posicionava no centro da instalação, sob uma plataforma giratória motorizada e rodeado por uma tela cilíndrica em que eram projetadas imagens panorâmicas com um ângulo de 120 graus. O conteúdo exibido era uma composição formada entre fotografias panorâmicas de vários lugares do mundo mesclados com um cenário virtual gerado pelo computador. Além da imersão proporcionada pela obra, quando as imagens visualizadas ocupavam boa parte do campo visual do visitante, existia a interação do indivíduo com o conteúdo através de uma câmera de vídeo modificada, que servia como interface de comunicação: os botões da câmera serviam como manipuladores que possibilitavam uma navegação no cenário virtual e a rotação da plataforma. Na Figura 10, podemos perceber a estrutura da montagem com visualizações da parte interna e externa da plataforma:

Figura 10: *PLACE, a user's manual*, 1995

Fonte: *Digital Art* (PAUL, 2015, p. 74)

Verificamos que essas duas instalações de arte digital demandam a interação por parte do visitante, alterando o contato com a obra. Nos “bastidores da criação”, existe uma equipe especializada e uma infraestrutura técnica de *software* e *hardware*, assim como o artista visual e o idealizador dos projetos. Além do investimento financeiro para o uso de tais recursos

tecnológicos, nota-se que é necessário preservar e dispor de manutenção para a parte física e para a parte lógica das obras. Sobre essas implicações, Cristiane Paul (2015) afirma que:

Devido às suas características, o meio digital apresenta uma série de desafios para o mundo da arte tradicional, principalmente em sua apresentação, coleção e preservação. [...] Projetos de arte digital geralmente exigem o envolvimento do público e não revelam seu conteúdo de relance. Eles também costumam ser caros para mostrar e, idealmente, exigem manutenção consistente. (PAUL, 2015, p. 18, tradução nossa)

A transição para o novo milênio trouxe consigo diversos aspectos que impulsionaram as criações digitais: a crescente expansão e popularização da internet, assim como dos computadores e diversos outros dispositivos eletrônicos. A evolução da capacidade gráfica dos computadores proporcionou um maior estímulo a criação e manipulação de imagens digitais. As artes digitais seguiram nesse fluxo de expansão e popularização em várias direções: seja em mídias tradicionais como o cinema, a fotografia, a pintura e a escultura, ou no que se denomina como *New Media Arts* que, de acordo com Quaranta (2013), é um termo utilizado em trabalhos que se utilizam de tecnologias emergentes da mídia preocupando-se com as possibilidades culturais, políticas e estéticas que essas ferramentas podem propiciar – aprofundaremos a discussão sobre esta e outras terminologias na próxima subseção (1.2).

Ao adentrarmos no século XXI, selecionamos inicialmente a vídeo instalação interativa *Deep Walls*, com autoria do artista de mídia interativa Scott Snibbe a obra foi disponibilizada no ano de 2002, no Museu de Arte Moderna de São Francisco, nos Estados Unidos (PAUL, 2016, p. 320-321). Observemos um mosaico com silhuetas animadas era projetado em uma grande tela (Figura 11):

Figura 11: *Deep Walls* - Scott Snibbe, 2002



Fonte: (PAUL, 2016, p. 321)

Os visitantes do museu poderiam passar na frente da tela (projetando uma nova silhueta). Quando isto acontecia, o indivíduo era filmado e o seu movimento era reproduzido em sequência numa posição aleatória do mosaico, alimentando conseqüentemente o seu banco de vídeos. Também considerada como “arte reativa”, podemos fazer uma alusão relacionando essas pequenas animações da instalação *Deep Walls* com cenas de filmes ou novelas. O caráter colaborativo da obra estimulava os participantes a pensar em movimentações que complementassem o conteúdo exibido.

Retornando ao cenário brasileiro, o Instituto Itaú Cultural de São Paulo realizou a exposição *Cinético Digital* no ano de 2005, que também resultou na produção de um documentário de mesmo título. Sob a curadoria de Mônica Tavares e Suzete Venturelli, esta exposição foi concebida em três módulos: arte computacional, arte em rede e instalações artísticas. Com o intuito de promover reflexões acerca da exploração estética, histórica e educativa desse gênero artístico, foram expostos trabalhos que, em suas práticas criativas, se utilizaram de novas tecnologias eletrônicas/digitais⁶.

Figura 12: *Reflexão 2* - Raquel Kogan, 2005 / *Viabolus_01* - Tania Fraga, 2005



Fonte: Captura retirada do Documentário *Cinético Digital*⁶

Na Figura 12 pudemos conferir duas obras que foram expostas na *Cinético Digital*. Ao lado esquerdo temos a instalação *Reflexão 2* da artista Raquel Kogan, a obra projeta uma cachoeira de números nos corpos dos visitantes da sala escura, a imagem é replicada em cascata a partir da reflexão de um espelho instalado que permite que o interator observe o seu corpo sendo recoberto pela imagem digital. A direita está a arte computacional *Viabolus_01* desenvolvida por Tania Fraga, uma obra tátil em que o participante interagia com um monitor eletrônico permitindo navegação não linear nas imagens interativas que surgiam na tela, a interação sensível também produzia sons de acordo com a movimentação da mão. Essa

⁶ Fonte: Itaú Cultural: *Cinético Digital*, *website* e documentário. Disponível em: <<https://www.itaucultural.org.br/cinetico-digital-documentario-integral>>. Acesso em: 02 ago. 2020.

exposição reiterou a importância da obra de artistas, que foram homenageados no evento, como Waldemar Cordeiro que é considerado pioneiro na arte computacional brasileira. Julio Plaza, precursor das artes em rede, e as obras de Abraham Palatnik que são referências importantes no desenvolvimento da arte cinética.

Reafirmando a maior robustez tecnológica desse período, podemos citar a vídeo instalação em múltiplas telas *Ten Thousand Waves*, comandada pelo artista e cineasta britânico Isaac Julien. A obra retrata uma tragédia que ocorreu na Baía de Morecambe, na Inglaterra, em fevereiro de 2004, onde pelo menos 21 imigrantes ilegais chineses morreram afogados em um trabalho clandestino de pesca. A exposição teve seu ápice entre 2013/14, quando exposta no Museu de Arte Moderna de Nova York (MoMa). A obra foi concebida para ser exibida em nove telas suspensas com projeções independentes e sincronizadas, a videoarte assume um potencial imersivo ao propor a livre movimentação dos visitantes no espaço (HARTUNG, 2013). Vejamos a composição da instalação (Figura 13):

Figura 13: Videoarte *Ten Thousand Waves* (2003)



Fonte: *Website* do MoMa⁷

A multidimensionalidade da *Ten Thousand Waves*, considerada como obra verticalizada, é proposta não apenas pelas imagens projetadas em telas com dupla face, mas em conjunto a um sistema de som independente, que permite escutar sonoridades diferentes dependendo do ponto de vista em que o visitante observa a instalação. Essa videoarte exemplifica a necessidade da integração de diversos profissionais em um projeto de arte digital, neste caso envolvendo profissionais das áreas de design audiovisual, desenho de som e computação. Além da cidade de Nova York, a obra foi exibida em diversos lugares do mundo

⁷ Disponível em: <<https://mo.ma/2WSJibw>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

como em Dusseldorf (2011), Seoul (2011), Amsterdam (2012), Sidney (2012), Paris (2016) e Shangai (2016)⁸.

Nesta última década, as artes digitais têm consolidado o seu espaço no meio das artes contemporâneas. Retomaremos essa discussão no próximo capítulo, no qual apresentaremos obras artísticas dos últimos anos em um levantamento sobre o atual estado da arte digital. Na próxima seção discutiremos sobre conceitos e definições que circundam ao entorno das artes digitais, fundamentando o uso deste termo em nossa pesquisa.

1.2. Arte digital: conceitos e definições

Como pudemos verificar na subseção 1.1, a arte digital surgiu na metade do século passado. Motivada por um período de experimentações, ela foi se estabelecendo ao passo em que as tecnologias digitais emergiam para o mundo. Novos desafios foram estabelecidos a partir da transição para o século XXI com a forte expansão da internet e com a consolidação do digital em nossa sociedade. Atualmente, a relação entre arte e tecnologia já estabelece um diálogo com segmentos efusivos do campo das ciências da computação, tais como: a inteligência artificial e a internet das coisas – questões que serão discutidas no Capítulo 3. A seguir, iniciaremos uma discussão sobre o universo da “arte digital” com base em conceitos e definições observados por artistas e pesquisadores dessa área.

Uma das vertentes desse campo é denominada por “arte computacional”. Em 1987, o cientista e escritor austríaco Herbert Frank, publicou o artigo *The Expanding Medium: The Future of Computer Art* na revista científica americana *MIT Press*, no texto afirma que “o termo 'arte computacional' não se refere a um estilo específico nem a uma qualidade específica, apenas caracteriza o instrumentário” (FRANKE, 1987, p. 335, tradução nossa). Em sua concepção, Frank entendia o computador como um meio que possibilitava a expressão artística. Ao tratar da expansão desse meio, ele já vislumbrava que a arte computacional amadureceria juntamente aos avanços tecnológicos que estavam por vir através de melhorias tecnológicas no *hardware* dos equipamentos e na inteligência artificial, prevendo a evolução na comunicação interativa com o computador.

O termo “arte computacional” intitulou um livro da autora brasileira Suzete Venturelli em 2018. A obra teve como objeto de estudo a estética das artes computacionais, abrangendo diversos aspectos como: as mutações da estética, a arte computacional como uma nova forma de arte e a confluência entre arte e tecnociência (VENTURELLI, 2018). Para a autora, o objeto

⁸ Fonte: *Isaac Julien Website*. Disponível em: <<https://www.isaacjulien.com/projects/ten-thousand-waves/>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

do artista computacional é o *software*, para ela a arte computacional é uma arte sensibilizada, que demanda a interatividade. Segundo a autora, o público da arte computacional é diferente do público contemplativo das artes tradicionais, neste caso o apreciador passa a ser um indivíduo que contribui para gerar o resultado da obra quando ocorrem as interações. Ela ressalta que toda obra de arte computacional é descrita pelos seguintes elementos:

i) é definida como arte pelo meio; ii) é obrigatoriamente executada em um computador; iii) é interativa; e iv) é interativa, porque é executada em um computador. Os itens iii) e i) distinguem obras de arte computacional de trabalhos auxiliados por computador. (VENTURELLI, 2018, p. 63)

Seguindo essa concepção, o papel do artista computacional é o de criar possibilidades através de códigos de programação que serão executados por processos computacionais. Esta visão diverge, por exemplo de situações em que o computador é utilizado para simular técnicas tradicionais da arte, exemplo do desenho, da pintura, da escultura, da fotografia e do audiovisual – estes entendidos pela autora como arte digital. Venturelli também afirma que “a arte computacional deve ser imaginada a partir de diferentes dimensões humanas, de diversos pontos de vista. Isso sugere a participação de sujeitos de múltiplas áreas do conhecimento no diálogo, na troca de informação [...]” (VENTURELLI, 2018, p. 227).

Além de arte computacional, pudemos verificar ao longo das discussões de outros autores, pesquisadores e artistas que as taxonomias desse campo artístico nem sempre encontram denominadores comuns. Divergências entre definições nas discussões dos autores aqui mencionados, foram encontradas comumente ao longo desta pesquisa. Verificamos diversos termos englobam relações entre a arte e as tecnologias computacionais, tais como: Ciberarte, Net Arte, Webarte, Gamearte, Arte Eletrônica, Artemídia, Arte Interativa, Arte Virtual, Bioarte, *New Media Art* (arte das novas mídias).

Este último termo, *New Media Art*, foi discutido pelo curador e crítico de arte italiano Domenico Quaranta, uma de suas publicações sobre este assunto é o livro *Beyond New Media Art*, no ano de 2013. Em sua concepção, esta é uma definição que “estende o alcance a todas as mídias: imprensa, rádio, fax, telefone, comunicações via satélite, vídeo e televisão, luz, eletricidade, cinema, fotografia, também computadores, *software*, web e videogames” (QUARANTA, 2013, p. 23, tradução nossa). O autor enfatiza que não considera que a expressão represente um gênero ou movimento, mas que descreve que a arte é produzida, discutida, criticada e vista em um universo artístico específico, o mundo das novas mídias (QUARANTA, 2013, p. 35-36).

Apesar de todas as distinções e até mesmo divergências entre conceitos e definições, entendemos que todas essas “modalidades” podem ser compreendidas no campo da arte digital. O entendimento da autora Christiane Paul (2015, p. 10) sobre “arte digital” se adequa a este universo que estamos compreendendo, uma vez que ela considera que há uma grande amplitude de obras e práticas artísticas que não descrevem um conjunto unificado de estética, sendo possível atribuir a este campo duas distinções: i) a arte que usa as tecnologias digitais como meio para a criação de objetos de arte tradicionais, a exemplo da fotografia, pintura e escultura – esta forma se assemelha com a tradicional relação entre arte e tecnologia; ii) as artes computacionais que são criadas, armazenadas e distribuídas através de tecnologias digitais empregando seus recursos como seu próprio meio.

A concepção de Paul (2015) engloba a arte digital como um todo, contemplando suas diversas derivações, inclusive a arte computacional – segmento que estudaremos de maneira mais aprofundada neste trabalho. Quanto as artes que usam o universo computacional como meio, também podemos distingui-los dos segmentos tradicionais da arte, isso não ocorre apenas por conta do aparato tecnológico. Se observarmos o pensamento de Santaella, mencionado na seção anterior, sobre a questão da evolução constante da linguagem em paralelo a evolução tecnológica, podemos criar algumas reflexões sobre a “prática artística tradicional” nos meios digitais.

No Brasil, pudemos observar o relatório da primeira reunião do Grupo de Trabalho de Arte Digital, produzido no ano de 2009 e promovido pelo então Conselho Nacional de Políticas Culturais, vinculado ao Ministério da Cultura. No documento consta a seguinte definição sobre arte digital:

A Arte Digital compreende a Produção Artística envolvendo Arte, Tecnologia e Ciência em diálogo com outras áreas como Ciência da Computação, Robótica, Mecatrônica, Genética, Comunicação. A produção de Arte Digital pode envolver outras linguagens artísticas como fotografia, videoarte, instalação, performance, dança, música, considerando diferentes interfaces áudio-tátil-motoras-visuais. No contexto mais abrangente da arte e tecnologia, a arte digital pode compreender as produções denominadas webarte, netarte, ciberarte, bioarte, gamearte, instalações interativas, mídias locativas e outras atividades relacionadas. (MINISTÉRIO DA CULTURA, 2009, p. 2)

Esta definição reforça a ideia de um entendimento mais abrangente para o campo da arte digital, relacionando não apenas arte, tecnologia e ciência, mas entendendo que sua produção pode envolver outras linguagens artísticas. Contudo, a nossa discussão não se propõe a descaracterizar divergências de pontos de vista defendidos pelos autores mencionados, mas convergir esses pensamentos para o que compreendemos por arte digital.

Consideremos que o ato de criar, recriar ou até mesmo subverter algo que já havia sido inventado são importantes elementos no universo das artes. Através do uso de computadores, alguns artistas passaram a aplicar seus conhecimentos em *softwares* que lidam com imagens, sons etc. A maioria desses *softwares* disponibilizam ferramentas virtuais que simulam as características de ferramentas reais, como um pincel, por exemplo. Estas podem ser personalizadas de diferentes maneiras, fornecendo uma enorme gama de possibilidades.

Seja com a criação de um desenho, de uma pintura ou de uma escultura, o ambiente digital possibilita ao artista a criação de novas técnicas, ferramentas e/ou desenvolvimento de novas linguagens que talvez, até então, não fossem vislumbradas pela arte tradicional. Vejamos na Figura 14 uma escultura criada com o uso de uma caneta para impressão 3D, pela artista russa Ekaterina Dobrolyubova:

Figura 14: *Um Milagre*, 2020



Fonte: Dell Arte Magazine⁹

Observemos que uma caneta de impressão em 3D pode não ser considerada, explicitamente, como uma ferramenta digital porque não deixa de ser uma ferramenta manual. Mas, o surgimento delas se deu em meio a conhecimentos advindos da modelagem tridimensional no computador e até mesmo das impressoras 3D convencionais, que utilizam como matéria prima os filamentos termoplásticos: PLA, ABS e PET, dentre outros materiais.

Estendendo um pouco esse contexto, podemos verificar que as contribuições das tecnologias digitais não se limitam ao processo de criação, mas na exibição das artes. Ainda enfocando nas artes tradicionais, a indústria da tecnologia já oferece telas eletrônicas com atributos de alta fidelidade, como cores, brilhos e contrastes – este é um fluxo natural para a

⁹ Disponível em: <<https://bit.ly/3k1wcRE>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

evolução tecnológica. Dentre eles podemos citar uma linha de *displays* eletrônicos que foram lançados recentemente para o mercado de consumo. Fabricadas pela empresa sul-coreana Samsung. Observemos uma imagem promocional dessa linha de produtos na Figura 15:

Figura 15: Imagem promocional das telas Samsung *The Frame*



Fonte: *Website* da Samsung¹⁰

As telas denominadas como *The Frame* tem aparência similar ao de molduras utilizadas para acomodar telas de pinturas convencionais, com largas bordas brancas que arejam a imagem do acabamento externo, possuem tratamento fosco para redução de reflexos comumente percebidos em telas convencionais, e desenvolvida para entregar uma faixa dinâmica de cores mais ampla ocasionando uma maior fidelidade na reprodução das cores.

Em nossa pesquisa exploratória sobre obras de arte digital (que será apresentada no Capítulo 2), verificamos que a exposição *Melting Memories*, ocorrida em 2018 na Turquia utilizou *displays* do tipo *The Frame* para expor esculturas digitais, representadas de modo bidimensional como podemos ver na Figura 16:

Figura 16: Exposição *Melting Memories*, Istambul, 2018



Fonte: *Website* da exposição¹¹

¹⁰ Disponível em: <<https://www.samsung.com/br/lifestyle-tvs/the-frame/art-mode/>>. Acesso em: 26 jul. 2020.

¹¹ Disponível em: <<http://refikanadol.com/works/melting-memories/>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Dispositivos como este, mesmo se propondo a simular digitalmente a reprodução de imagens estáticas de um quadro de pintura tradicional, não deixam de ser telas eletrônicas. Entretanto, a sua tecnologia embarcada permite o surgimento de novas possibilidades de exibição, interação e de conexão com outros dispositivos eletrônicos.

Podemos denotar que a arte digital tem criado suas bases e possibilitado novas práticas artísticas até mesmo em contato com segmentos entendidos como “arte tradicional”. Esse embate de ideias serviu para refletirmos sobre o que é arte digital, num contexto mais amplo relacionado aos seus conceitos e definições. Assim como ressalta o próprio Quaranta (2013, p. 23), embora sejam utilizados termos diferentes, eles acabam sendo frequentemente utilizados como sinônimos. Na próxima seção aprofundaremos os conhecimentos sobre o processo de criação na arte digital computacional utilizando percepções advindas do campo das artes em confluência com o campo da computação, a começar pelo entendimento sobre algoritmo.

1.3. Por dentro da arte computacional

Nesta seção abordaremos o processo de produção artística condensando ideias provindas dos distintos campos de conhecimento: arte e computação. Invariavelmente, para se criar arte com o uso de computadores é necessário entender que se estabelece um processo de comunicação diferente da nossa linguagem tradicional, o ponto de partida é a construção de um algoritmo. Usualmente, o algoritmo é “uma sequência de etapas para resolver um problema ou realizar uma tarefa de forma automática” (PIERRO, 2018, p. 20).

Essa sequência de etapas pode ser dada em vários níveis: i) desde o uso de um *software* já disponha de uma série de ferramentas e/ou recursos pré-programados que permita a realização de trabalhos artísticos, a exemplo de um aplicativo para criar pinturas digitais, com ferramentas virtuais como pincéis, paletas de cor etc.; ou ii) através do desenvolvimento de um *software* específico para uma determinada obra, onde o artista poderá idealizar ou até mesmo programar um *software*, estendendo as suas capacidades de criação no meio digital, mas demandando conhecimento específico na área de computação. Para entendermos como esse desenvolvimento ocorre no ambiente computacional, vejamos mais uma definição sobre o que é um algoritmo:

Informalmente, um algoritmo é qualquer procedimento computacional bem definido que toma algum valor ou conjunto de valores como entrada e produz algum valor ou conjunto de valores como saída. Portanto, um algoritmo é uma sequência de etapas computacionais que transformam a entrada na saída. Também podemos considerar um algoritmo como uma ferramenta para resolver um problema computacional bem especificado. O enunciado do

problema específica em termos gerais a relação desejada entre entrada e saída. O algoritmo descreve um procedimento computacional específico para se conseguir essa relação entre entrada e saída. (CORMEN; LEISERSON; RIVEST; STEIN, 2012, p. 17, tradução nossa)

Hipoteticamente, se aplicássemos essa definição sobre algoritmo ao processo de criação de uma pintura, teríamos inicialmente a concepção da ideia definida como “saída”, ou seja, o resultado esperado. Faremos a seguir uma breve analogia relacionando o processo algorítmico ao processo de criação de uma pintura, em termos genéricos. Após a concepção da ideia, seria necessário um ambiente para o desenvolvimento: que pode ser descrito por uma tela em branco montada em um cavalete; em seguida, seriam utilizadas as ferramentas disponíveis e necessárias para a pintura (pincel, tinta, etc.) em uma sequência de ações definidas pelo artista, descrevendo detalhadamente cada um dos passos: 1) pegar o “pincel A”, 2) passar o “pincel A” sob a “tinta B”, 3) passar o pincel A sob a tela, nas “posições X e Y”, utilizando a “intensidade de força Z”; ou seja, para cada pincelada haveriam diversas instruções, efetivamente um passo a passo até chegar ao resultado final. No computador, todo esse procedimento pode ser realizado através de linguagens de programação, linhas de códigos, compiladores etc.

Assim como o artista precisa planejar os passos para ir da tela em branco até a finalização de um quadro, os algoritmos demandam de um processo de desenvolvimento:

A construção de um algoritmo segue três etapas. A primeira consiste em identificar com precisão o problema a ser resolvido – e encontrar uma solução para ele. [...] A segunda etapa ainda não envolve operações matemáticas: consiste em descrever a sequência de passos no idioma corrente, para que todos possam compreender. Por último, essa descrição é traduzida para alguma linguagem de programação. Só assim o computador consegue entender os comandos – que podem ser ordens simples, operações matemáticas e até algoritmos dentro de algoritmos –, tudo em uma sequência lógica e precisa. É nesse momento que entram em cena os programadores, profissionais incumbidos de escrever os algoritmos ou trechos deles. A depender da complexidade da missão, equipes extensas de programadores trabalham em conjunto e dividem tarefas. (PIERRO, 2018, p. 20-21)

A partir desse modelo de construção identificamos que o desenvolvimento de um algoritmo não requer conhecimento computacional, assim como um leigo pode imaginar a criação de uma pintura sem possuir técnica alguma – nas duas ocasiões só não será possível materializar a ideia. No segundo momento é necessário um esforço para que se consiga recodificar uma informação que está em nosso pensamento em algo “materializável”, ou seja, é necessário que se tenha um detalhamento de tudo que foi pensado para que se comece a traçar uma estratégia de como poderá ser desenvolvido o processo de criação. Num terceiro momento

é que entra o conhecimento técnico específico para que o algoritmo seja criado a partir da programação. Nessa perspectiva, a formação de uma equipe com artistas e profissionais de diversas áreas do conhecimento passa a ser um procedimento recorrente, para Suzete Venturelli (2017):

O processo criativo da arte virtual/interativa é um processo essencialmente colaborativo. É um fazer artístico que envolve a participação de especialistas das mais diversas áreas: engenheiros, cientistas da computação, programadores, designers, sonoplastas, cenógrafos... (VENTURELLI, 2017, p. 197)

No âmbito da computação, é necessário que o artista tenha a noção do que é um algoritmo (mesmo que de maneira empírica) para que consiga repassar todas as suas concepções para a sua equipe de criação. É necessário que o artista respeite as suas limitações e confie em sua equipe para que sejam solucionados eventuais problemas e desafios de sua obra. Este processo de desenvolvimento demandará experimentos e uma fase de testes para que se possa verificar se a obra está de acordo com anseios do seu criador.

Um algoritmo pode surgir a partir de uma noção mais conceitual, em que o artista não detém de conhecimento específico na área de programação e repassa suas ideias para um profissional com essa expertise, ou até mesmo uma equipe. No outro extremo, existe a figura do artista computacional que detém conhecimentos das duas áreas e pode se debruçar nos códigos de programação para desenvolver o algoritmo em linguagem computacional. Ainda assim, é sabido que mesmo profissionais com formação na área de programação hora ou outra se depararão com problemas que extrapolam as suas limitações, isso reforça o caráter colaborativo no processo criativo, citado anteriormente.

Com o passar do tempo, houve uma popularização de inúmeros dispositivos eletrônicos e digitais, tanto em relação a valores financeiros como na diversidade de dispositivos existentes. A exemplo disso, podemos citar microcontroladores como o Arduíno e uma vasta quantidade de componentes eletrônicos como: módulos, sensores, displays etc., permitindo a criação das mais diversas invenções, que muitas vezes podem ser de baixo custo. De fato, atualmente existe quantidade abundante de recursos digitais que podem atender a finalidades artísticas.

A democratização do acesso à informação e a naturalização de uma cultura digital, tem possibilitado o surgimento de novos artistas. Hoje podemos (até mesmo na palma da mão) acessar diversos conteúdos relacionados a tecnologia e somá-los aos conhecimentos específicos de outras áreas como as artes. Em uma rápida busca pela internet podemos nos deparar com inúmeros cursos e treinamentos nos mais diversos campos do conhecimento e da computação,

em níveis de aprofundamento distintos. Isso permite que o artista crie uma maior liberdade para agir de maneira autônoma.

Quanto a parte lógica, existe uma notável mudança. As formas de desenvolvimento de *software* e a atual maturidade das linguagens de programação já permitem uma maior aproximação de pessoas que não possuem formação na área. Colson (2007, p. 98) relata que nos primórdios da arte digital, nas décadas de 1960 e 1970, os artistas não tinham escolha a não ser aprender linguagem de código de máquina (os zeros e uns) ou conseguir alguém que executasse a programação. A princípio, os artistas tinham que lidar com linguagens de programação de baixo nível, ou seja, uma comunicação mais aproximada da linguagem de máquina, exemplo: linguagem binária. Atualmente, existe uma série de opções de linguagens de programação de alto nível disponíveis, aplicáveis a projetos artísticos. Elas possuem um nível comunicacional mais “entendível” por alguém que não é da área das ciências da computação porque a comunicação criada nos códigos de programação se aproxima das linguagens de comunicação humana. O *Processing* é um bom exemplo de linguagem de programação, pois foi desenvolvida para artistas visuais. Neste ponto, podemos enxergar a tecnologia indo ao encontro do artista.

Partindo para o universo acadêmico, podemos observar a figura do artista computacional – que busca o conhecimento da computação em seu processo de formação. Para Suzete Venturelli (2017):

o artista computacional é programador e, portanto, se diferencia de outros artistas na atualidade, pois ele é ao mesmo tempo artista e programador [...]. Esses artistas surgiram nas universidades, na sua maioria são doutores ou estão estudando para isso, e trabalham em centros de pesquisa relacionados a questões da arte, ciência e tecnologia computacional. (VENTURELLI, 2017, p. 161)

Nas artes digitais, o papel do artista em si pode ser comparado ao de um maestro, por exemplo, orquestrando não apenas a sua equipe, mas o processo de criação, desenvolvimento e amadurecimento da “sua” obra. O surgimento dos artistas computacionais sugere que as artes digitais se enraizaram no ambiente universitário, imersas nesse contexto multidisciplinar. Todas essas implicações fazem parte de um diálogo contínuo, pois a arte digital possui características disruptivas, que não só exploram os limites do uso da tecnologia, mas a descoberta de fronteiras ainda não estabelecidas entre os humanos e as máquinas. Ao olharmos para o passado, compreendemos que desde os primeiros experimentos com arte digital já existiam tentativas de provocar a exploração de territórios ainda não descobertos e explorados.

Estamos vivenciando um período de inúmeras transformações em que as tecnologias digitais têm se naturalizado nos mais diversos segmentos da nossa sociedade. Os algoritmos passam a exercer um protagonismo nas relações entre arte e tecnologia. Além dos critérios estéticos e técnicos, a arte possui funções sociais e que estimulam a nossa capacidade de enxergar e refletir sobre o mundo.

1.4. O protocolo *Open Sound Control (OSC)*

Num instante inicial é necessário entendermos que, para o universo da computação, os protocolos podem ser considerados como convenções que normatizam os processos de comunicação entre os sistemas computacionais. A sua utilização facilita a interoperabilidade na conexão, comunicação e tráfego de dados entre os mais diversos tipos de dispositivos, *softwares* e linguagens de programação. Para um leigo: essas regras funcionam nos bastidores, tornando possível que conectemos um computador a internet, por exemplo, através de protocolos de rede ou até mesmo ao utilizar um *hardware* externo no computador, como um pendrive, uma webcam ou uma impressora – a exemplo do *Universal Serial Bus (USB)* que é bastante conhecido por estar presente na grande maioria dos equipamentos periféricos.

O *Open Sound Control (OSC)* é “um protocolo para comunicação entre computadores, sintetizadores de som e outros dispositivos multimídia otimizados para uma moderna tecnologia de rede”¹², suas principais características são: interoperabilidade, precisão, flexibilidade e organização. O OSC foi desenvolvido no final dos anos de 1990, pelo *Center for New Music and Audio Technologies (CNMAT)*, da Universidade da Califórnia, situada em Berkeley (EUA).

Em uma das primeiras publicações científicas sobre o protocolo, na *International Computer Music Conference (ICMC)*, realizada no ano de 1997 em Tessalônica na Grécia, os seus principais desenvolvedores Adrian Freed e Matthew Wright relataram que o OSC era “um novo protocolo otimizado para modernas tecnologias de transporte. [...] um protocolo aberto, eficiente, independente de transporte e baseado em mensagens, desenvolvido para comunicação entre computadores, sintetizadores de som e outros dispositivos multimídia” (FREED; WRIGHT, 1997, p. 1, tradução nossa).

Nesse período já existiam protocolos de comunicação voltados a aplicações multimídia, como o MIDI e o DMX. De acordo com a *MIDI Manufacturers Association (2009)*¹³, o termo significa “Interface Digital de Instrumentos Musicais” e “é um sistema que permite que

¹² Fonte: *Opensoundcontrol.org*. Disponível em: <<http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

¹³ Fonte: *MIDI Manufacturers Association*. Disponível em: <<https://bit.ly/367uEyp>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

instrumentos musicais e computadores eletrônicos enviem instruções um para o outro”. Já o DMX (*Digital Multiplexer*) foi desenvolvido no final da década de 1980 pelo Instituto dos Estados Unidos para Tecnologias de Teatro (USITT) e se tornou o protocolo padrão utilizado na indústria luminotécnica, sendo comumente utilizado em projetos de iluminação cênica¹⁴.

Apesar das distinções, é possível haver a intercomunicação entre esses três protocolos. É comum que alguns *softwares* e *hardwares* desenvolvidos para aplicações multimídia sejam compatíveis com ambos. Entretanto, o OSC se diferencia em relação aos outros dois porque é um protocolo amplamente utilizado para controle e processamento de mídia; de fácil implementação pois a comunicação é baseada em rede Ethernet, enquanto o MIDI e o DMX requerem interfaces específicas; e permite a transmissão de vários tipos de dados, como: números inteiros de 32 bits, números com ponto flutuante (*float*), *strings* etc. O MIDI, por exemplo, transmite apenas números inteiros. Os tipos de mensagens geradas pelo protocolo OSC podem ser predefinidas pelo usuário, com número de canais de comunicação ilimitados, permite um sincronismo de informações preciso e uma capacidade mais elevada em relação a taxa de transferência de dados, quando comparada ao MIDI e DMX. Vejamos no Quadro 1 um comparativo entre os protocolos OSC e MIDI:

Quadro 1: Comparativo entre OSC e MIDI

	OSC	MIDI
Examples of Messages	/wii/ir/x 0.1503 /stylus/pressure 0.014 /camera/look-at 5. 12. 17. /play-note 15 0.9	144 60 64 (MIDI Note-on) 128 60 64 (MIDI Note-off)
Message types	User-defined Human-readable	Pre-determined Byte-encoded
Atomic Update of Multiple Parameters	✓ via Bundles	⊖
Time-tagging	✓ via Bundles	⊖
Hardware Transport Independent	✓	⊖
Number of channels	Unlimited	16
Data formats	Integer, Double Precision Floating Point, Strings, and more	1-byte integers 0-255
Message Structure	User-defined	Pre-determined
Microcontroller-friendly	✓	✓
State-machine independent	✓ * (Unless user-imposed)	⊖ (e.g. "The Note-off problem")
Application Areas	Music, Video, Robotics and more	Music
Clock-sync accuracy, theoretical limit	picosecond (via NTP / IEEE 1588 Sync)	20833 microseconds
Data Rate	Gigabit Speed (> 800M bits / sec)	31,250 bits / second

Fonte: Opensoundcontrol.org¹⁵

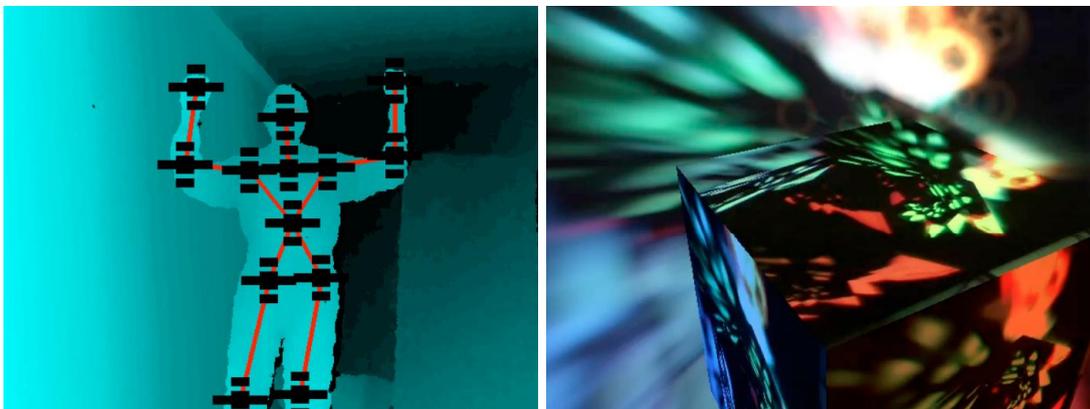
¹⁴ Fonte: *Light Sound Journal*. Disponível em: <<https://bit.ly/3577Jls>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

¹⁵ Disponível em: <<https://bit.ly/3xg36Ui>>. Acesso em: 01 jul. 2021.

O protocolo OSC surgiu com pretensões iniciais de atender a necessidades da produção musical em computadores, mais especificamente para facilitar o controle de sintetizadores de som. Por tratar-se de um protocolo aberto e baseado em redes, o OSC tornou-se uma alternativa versátil e flexível. Com o passar do tempo, começaram a surgir aplicações multimidiáticas com uso do protocolo, extrapolando pretensões iniciais que se limitavam apenas a soluções para o campo da música. Atualmente, as bibliotecas OSC estão disponíveis para implementação em diversas linguagens de programação, como o *Processing* que citamos na subseção anterior. Como já relatado, uma das suas características mais atraentes é a interoperabilidade, ou seja, a capacidade que o OSC possui de operar em diversos tipos de sistemas e arquiteturas computacionais, exemplo: a troca de informações OSC entre um microcontrolador Arduino, um smartphone e um computador pode ser realizada sem maiores esforços, utilizando apenas uma rede, sem a necessidade de outras interfaces.

Para continuar a exemplificação, mencionaremos alguns projetos que utilizaram este protocolo. O primeiro é um sistema que traduz gestos e performances corporais em imagens e sons, utilizando o protocolo OSC, as linguagens de programação visual *Quartz Composer* e *PureData*, e o sensor de movimento Kinect, desenvolvido pela Microsoft. O estudo foi realizado pelo pesquisador Joey Bargsten (2013), neste caso o OSC foi utilizado na extração e transporte dos dados fornecidos pelo sensor Kinect para um *software* que convertia os dados em informações visuais e sonoras que eram projetadas em um cubo, vejamos na Figura 17 duas imagens do experimento:

Figura 17: Protocolo OSC e interatividade



Fonte: BARGSTEN, 2013, p. 4-17

Nesse estudo, o autor apresentou algumas ilustrações com esquemas que continham instruções para as movimentações que o interator poderia executar para alterar as formas e cores que eram projetadas.

O segundo trabalho tratou sobre uma aplicação do protocolo OSC para intermediar automações residenciais através de dispositivos Arduíno e outros componentes, uma possibilidade de uso com IoT (Internet das Coisas). Publicada no XXXIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, em 2016, sob autoria de Tiago Wanzeler, Heleno Fülber e Bruno Merlin, a pesquisa “Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito de IoT vislumbra o uso do protocolo OSC como uma alternativa de baixo custo, utilizando lâmpadas comuns, rede *wi-fi* e um *smartphone*. Confirmamos na Figura 18 a apresentação do protótipo:

Figura 18: Aplicação do uso do OSC em Internet das Coisas - IoT



Fonte: WANZELER; FÜLBER; MERLIN, 2016, p. 3-4

A Internet das Coisas é um segmento tecnológico que está em ampla expansão nos mais diversos segmentos da nossa sociedade, associado diretamente aos conceitos de cidades e casas inteligente, e cada vez mais presente em nosso dia a dia. Existem vários protocolos de comunicação que podem ser utilizados em soluções de IoT. O *Wi-fi* e do *Bluetooth* são protocolos baseados em rede e, assim como o OSC, podem ser compreendidos como protocolos “generalistas” porque possuem diversas aplicações em redes computacionais, inclusive em IoT. Há também protocolos que foram desenvolvidos exclusivamente para usos em IoT, a exemplo do *Zigbee* e *ZWave* – bastante utilizados em automação residencial; o *LoRa* – protocolo que utiliza tecnologias de rádio frequência e se destaca por permitir comunicações em longas distância (quando comparado aos outros aqui mencionados), este protocolo é otimizado para aplicações em projetos de cidades inteligentes. Atualmente existe uma ampla gama de protocolos de IoT, sejam eles destinados a aplicações específicas: sistemas de automação industrial, sistemas de refrigeração etc., e tantos outros com aplicações generalistas. Neste ponto, observamos que o OSC, por ser um protocolo que necessita apenas de uma infraestrutura

de redes, é capaz de trafegar informações interoperáveis com os mais diversos dispositivos e protocolos IoT.

Vejamos o projeto *Cloudspeakers – a mobile performance network*, um sistema de sonorização baseado em nuvem, que se utiliza de uma rede sem fios (*wi-fi*) para distribuir sons entre as caixas, comandadas por servidores locais que usam minicomputadores do tipo *Raspberry Pi3* (com placa de áudio de baixa latência), conforme disposição da Figura 19:

Figura 19: Autofalante móvel + *Raspberry Pi3*



Fonte: VISSER; VOGTENHUBER, 2017, p. 1

Os autores desse trabalho, Jeroen Visser e Raimund Vogtenhuber (2017), sugerem que esse sistema possa ser utilizado em aplicações artísticas, através de uma rede estável e escalonável, na qual pode ser utilizado um servidor web ou até mesmo um dispositivo móvel para fazer a gestão das mídias sonoras. Ainda em sua pesquisa, os autores mencionaram pontos críticos a serem observados em projetos como este: estabilidade da rede, latência, sincronização, *jitter* (variação do atraso na entrega dos dados) e gerenciamento de software.

Os exemplos apresentados neste tópico ressaltam o uso do protocolo OSC em aplicações distintas, possibilitando visualizar características do OSC que podem se adequar a variados projetos artísticos. Portanto, entendemos a sua aplicação na implementação de recursos interativos em artes digitais pode ser uma alternativa eficiente, acessível e de baixo custo financeiro. Ao observarmos os exemplos de artes e museus digitais elencados nesta pesquisa, percebemos que, em sua grande maioria, seria possível utilizar o OSC de alguma forma. Voltaremos a nos aprofundar sobre o protocolo no desenvolvimento do nosso experimento. Doravante, seguiremos com o aprofundamento sobre arte digital no próximo capítulo, no qual apresentaremos trabalhos realizados nos últimos tempos, contemplando diversas modalidades artísticas.

2. O ESTADO DA ARTE DA ARTE DIGITAL

Arte com robôs, arte com big data, arte com inteligência artificial, arte com Internet das Coisas, arte com Internet de Tudo, arte com jogos digitais, arte com cidades inteligentes, arte com uso de ondas cerebrais, arte com biologia molecular, arte com código criativo, arte com novas ligas metálicas, arte com novos materiais condutores... tendo resultados poéticos diversos que tem sido perdido nas últimas décadas da história das relações entre arte, ciência e tecnologia. (GOBIRA, 2019, p. 13)

Neste capítulo, apresentaremos um estudo sobre o estado da arte da arte digital. Inicialmente apresentaremos uma revisão da literatura a partir de um levantamento bibliográfico, na qual foram pesquisados trabalhos acadêmicos publicados em duas bases de dados: da *Association for Computing Machinery, a ACM Digital Libray*; e do *Institute of Electrical and Electronics Engineers, a IEEE Xplore*, relacionando a arte digital sob um contexto museológico. Em seguida, relacionaremos trabalhos artísticos lançados na última década, com o envolvimento de tecnologias emergentes relacionadas a robótica, inteligência artificial, visualização de dados, Internet das Coisas, entre outros.

2.1. A arte digital na pesquisa

Com o intuito de investigar, no âmbito acadêmico, trabalhos científicos publicados em portais eletrônicos com acesso disponibilizado pelo Portal de Periódicos da CAPES, selecionamos as bases digitais da Biblioteca Digital da ACM e da IEEE por concentrarem trabalhos de diversos lugares do mundo relacionados computação e eletrônica, no nosso caso relacionando arte digital, tecnologia e museus, a partir desse levantamento bibliográfico que nos ajudará a compreender o panorama das publicações científicas relacionadas a esta temática nos últimos anos.

Realizamos um recorte temporal entre 2016 e 2019 para identificar o contexto atual das publicações. Nota-se que o recorte se refere a publicação dos trabalhos, não necessariamente igual ao período de lançamento das obras mencionadas neles. Em seguida, desenvolvemos a *string* de busca. A partir de algumas tentativas e análise prévia dos títulos e resumos dos trabalhos retornados, pudemos testar alguns descritores até calibrar e obter a seguinte *string*: *((digital art) and museums and technology)*. É sabido que poderíamos ter utilizado outros descritores já mencionados anteriormente neste trabalho, por exemplo *new media art*, que fazem parte do mesmo contexto, porém, nas tentativas realizadas para calibração, o termo *Digital Art* performou melhor em relação ao tipo de trabalhos almejados pela demanda desta pesquisa.

Uma vez definido o termo de busca, iniciamos a preparação de um protocolo avaliando critérios de filtragem para obtermos um maior enfoque em relação ao objetivo dessa revisão bibliográfica. Como critério de filtragem, determinamos que fossem incluídos apenas os trabalhos relacionados a obras de arte digital, protótipos e estudos aplicáveis, evitando demais discussões que envolviam o contexto da busca. Foram excluídos os trabalhos relacionados a ensino e educação, infraestrutura dos museus etc. Por limitações financeiras, realizamos a exclusão de cinco trabalhos que não permitiram acesso completo e gratuito utilizando nossa credencial no Portal de Periódicos da CAPES.

A busca resultou inicialmente em 56 ocorrências. Todos os resultados foram catalogados com o auxílio do *software* Mendeley. A partir dessa etapa, foram lidos todos os títulos, resumos, introduções e conclusões para que pudéssemos realizar a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Após a filtragem foram selecionados apenas 24 trabalhos – sendo 9 na base da ACM e 15 na IEEE, estes foram analisados para que pudéssemos coletar as informações necessárias elucidando quais tecnologias foram implementadas e quais suas implicações. Em seguida, criamos uma planilha para categorizar os trabalhos e relacionar as tecnologias notoriamente utilizadas em cada uma das obras além de inserir uma coluna para comentários e observações, permitindo uma melhor visualização dos dados.

A seguir, apresentaremos a síntese dos resultados obtidos. Para estruturar melhor as ideias, fizemos uma subdivisão em quatro tópicos: a) Categorização dos trabalhos, b) Tecnologias utilizadas, c) Interatividade e d) Discussão dos resultados do estudo.

a) Categorização dos trabalhos

Podemos visualizar no Gráfico 1 a categorização das obras nos trabalhos coletados neste levantamento bibliográfico e a quantidade de ocorrências de cada uma delas. É importante ressaltar que algumas obras foram categorizadas em mais de um critério.

Gráfico 1: Categorização das obras



Fonte: nossa autoria (2019)

Pudemos observar, no Gráfico 1, que as obras foram categorizadas em oito segmentos, o último, “outros”, concentra outras que não se encaixaram nas subdivisões anteriores. Destaca-se que, entre 2016 e 2019, os trabalhos acadêmicos destinados a estudos aplicáveis sobre artes digitais em museus reportaram, em sua maioria, experimentos com realidade virtual – seja para visitação virtual de galerias de arte (em museus virtuais), como para contato e interação com artefatos artísticos tais como esculturas e pinturas em museus. As temáticas sobre realidade virtual foram encontradas nos seguintes estudos: *Virtual Reality Interactivity in a Museum Environment* (HAYES; YOO, 2018), *VR Touch Museum* (ZHAO, 2018), *Virtual Digital Promotion and Communication of Yi Costume in Yunnan* (LEI; WU; YING, 2017), *Caravaggio in Rome: A qoe-based proposal for a virtual gallery* (DI STEFANO; BATTISTI, 2017), *An artistic and curatorial installation in virtual reality: the development of an artistic low-cost interface at university* (GOBIRA; MOZELLI, 2016), *An Interactive 3D Holographic Pyramid for Museum Exhibition* (BOVIER; CAGGIANESE; PIETRO, 2016), *Empower VR art and AR book with spatial interaction* (ZHANG; ZHU; ZHU, 2016) e *When Sound Modulates Vision: VR Applications for Art and Entertainment* (BIALKOVA; GISBERGEN, 2017).

Foram identificados dois trabalhos relacionados a realidade aumentada, nos quais o visitante utiliza um dispositivo móvel (*smartphone ou tablet*) para visualizar e interagir com a obra virtual: *The Intangible Cultural Heritage Show Mode Based on AR Technology in Museums* (WANG, 2018) e *Empower VR art and AR book with spatial interaction* (ZHANG; ZHU; ZHU, 2016).

Seis artigos apresentaram sistemas de visualização interativa, seja com projeções de imagens nos espaços físicos, com o uso de telas eletrônicas sensíveis ao toque e com outras

interfaces de interação humano-computador: *Temari and Shadow: an interactive installation combining virtual handicraft and real shadow* (OBUSHI; KOSHINO, 2018), *Design of Somatosensory Interactive Display of Ancient Architecture Museum* (WEI; WU; KONG, 2017), *Accessibility and affect in technologies for museums: a path towards socio-enactive systems* (HAYASHI; BARANAUSKAS, 2017), *Digital technologies as a way to popularize museum collections* (SCHERBININ, 2018), *Developing a Narrative Experience in a Post-Media Environment* (FEINSTEIN; MORRIS, 2016) e *An Interactive System for Visualisation of Cultural Heritage Objects of Sindh in a Web-Based Environment* (UNAR; UNAR; PATOLI, 2016).

Em relação a realidade misturada, o trabalho *Leveraging Mixed Reality Technologies to Enhance Museum Visitor Experiences* (SYLAIYOU; KASAPAKIS; DZARDANOVA; GALAVAS, 2018) destacou diversos experimentos, dentre eles: uma exposição sobre castelos medievais no *Smithsonian American Art Museum*, em Washington, na qual existe uma cenografia de castelo e o visitante senta no trono antes de colocar o óculos de realidade virtual; e a obra *Birdly* no *Tech Museum of Innovation*, em Manhattan, onde é oferecida ao visitante uma simulação de voo de um pássaro, unindo uma estrutura mecânica com sensores eletrônicos a um óculos de realidade virtual.

Três trabalhos envolveram a visualização de hologramas: *An Interactive 3D Holographic Pyramid for Museum Exhibition* (BOVIER; CAGGIANESE; PIETRO, 2016), *MagicHOLO - A Collaborative 3D experience in the museum* (KASOMOULIS; VAYANOU; KATIFORI; IOANNDIS, 2016) e *3D Re-creation of Heritage Artefacts using a Hybrid of CGI and Holography* (OSANLOU; WANG; EXCELL, 2017) – neste último são exibidos artefatos da dinastia chinesa que foram recriados em três dimensões, exemplificando possibilidades de interação com artefatos históricos.

Quanto a experiência musical, relacionamos a *Sound Florest – Evaluation of an Accessible Multisensory Music Installation* (FRID; LINDETORP; HANSEN; ELBLAUS; BRESIN, 2019), uma instalação musical interativa situada no Museu Sueco de Artes Performáticas. A obra dispõe de cordas luminosas que emitem sons da floresta ao serem tocadas, os autores destacaram a interação multissensorial como recurso que promove a acessibilidade. Outras duas obras foram relacionadas em artigos sobre a experiência musical são: *User Generated Soundscapes Activating Museum Visitors* (SALO; BAUTERS; MIKKONEN, 2017) e *When Sound Modulates Vision: VR Applications for Art and Entertainment* (BIALKOVA; GISBERGEN, 2017).

Dois trabalhos abordaram temáticas referentes ao cinema: *Beyond the Screen: Moving images in physical spaces* (FEINSTEIN, 2017) e *Developing a Narrative Experience in a Post-Media Environment* (FEINSTEIN; MORRIS, 2016), estas pesquisas apresentaram as obras *Post Box Cinema* e *Temporal Chaos* para produzir discussões sobre conceitos do cinema expandido aplicados a práticas artísticas em museus.

Classificamos como “outros”, três trabalhos distintos: 1) *Learning from the Crackle Exhibition* (ANDERSEN; WARD, 2017): uma pesquisa sobre a exposição interativa Crackle apresentada no Museu Stedelijk, em Amsterdã, no ano de 1975. Nesta pesquisa os autores relacionaram os 20 experimentos da exposição, que envolviam interação com circuitos elétricos, com o atual contexto tecnológico dos museus. 2) *Involving the Crowd in Future Museum Experience Design* (VERMEEREN; CALVI; SABIESCU; TROCCHIANESI; STUEDAHL; GIACCARDI, 2016): a pesquisa trata sobre o design de experiência em museus, baseado no engajamento dialógico do público e na utilização de recursos relacionados a Internet das Coisas (IoT)¹⁶ e experimentos do tipo “faça você mesmo” (DIY)¹⁷. 3) *A Kinesthetic Approach to Digital Heritage using Leap Motion: The Cycladic Sculpture Application* (VOSINAKIS; KOUTSABASIS; MAKKRIS; SAGIA, 2016): envolve técnicas de interação tridimensional a partir da captura das mãos para a criação de esculturas digitais.

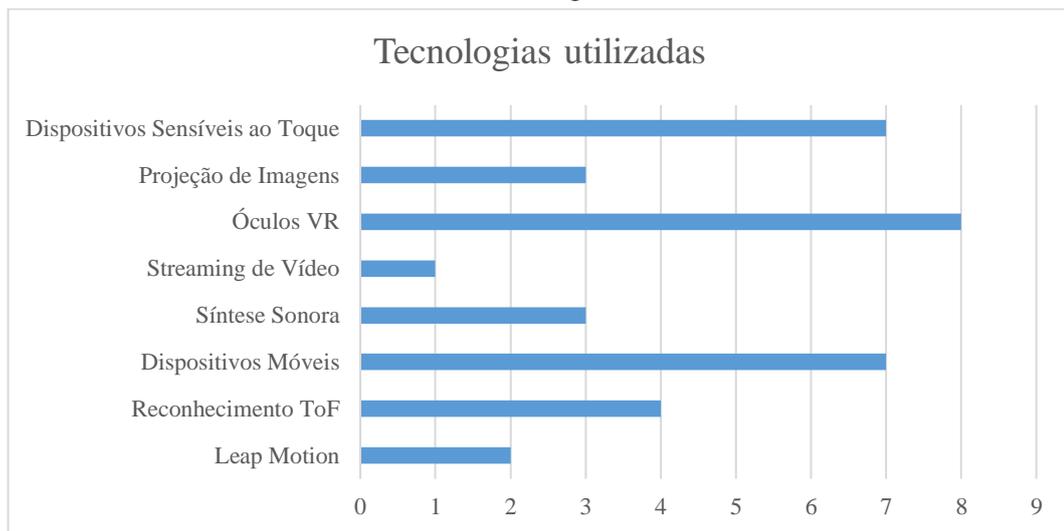
b) Tecnologias Utilizadas

Antes de nos atermos as tecnologias, um dado representativo detectado na análise dos artigos, foi a demanda relacionada a modelagem de objetos e cenários virtuais em três dimensões - identificada em 18 dos 24 trabalhos incluídos nessa pesquisa. O Gráfico 2 exhibe as técnicas/tecnologias digitais de *hardware* e *software* encontradas nos trabalhos.

¹⁶ Segundo a CERP (2009), a Internet das coisas é uma infraestrutura de rede global dinâmica, baseada em protocolos de comunicação em que “coisas” físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, utilizando interfaces inteligentes e integradas às redes telemáticas. As coisas/objetos tornam-se capazes de interagir e de comunicar entre si e com o meio ambiente por meio do intercâmbio de dados. As coisas reagem de forma autônoma aos eventos do “mundo real / físico” e podem influenciá-los por processos sem intervenção humana direta.

¹⁷ Segundo Rui Filipe Nunes (2010, p. 45): “o DIY – Do It Yourself - é um conceito que vai contraditoriamente ganhando força à medida que estão disponíveis mais serviços e produtos que nos solucionam os problemas simples ou complexos. A prática da autoprodução pode ter razões de base financeira, funcional ou ter como intenção uma maior independência do mercado.”

Gráfico 2: Tecnologias utilizadas



Fonte: nossa autoria (2019)

Destacam-se os usos de óculos HMD (*head-mounted display*) para realidade virtual; dispositivos sensíveis ao toque: cinco deles encontrados em telas *touchscreen* e outros dois tangíveis ao toque como as cordas luminosas citadas anteriormente; e o uso de dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* – alguns deles disponibilizados pelo museu e outros sugerindo o uso do aparelho particular. Alguns trabalhos listaram o uso de mais de um dos itens apresentados no Gráfico 2.

Outros dispositivos de entrada foram encontrados: reconhecimento de movimento *Time-Of-Flight* - a partir do uso de aparelhos como Kinect, da Microsoft; e *Leap Motion* para captura de movimentos das mãos e dos dedos. Como dispositivos de saída podemos relacionar as projeções multimídia, telas eletrônicas e aparelhos reprodutores de som. Foi detectada uma ocorrência relacionada ao *streaming* de vídeo que transmitia imagens entre obras de dois museus.

c) Interatividade

Todos os trabalhos aqui relacionados envolveram recursos de interatividade, ressaltando o contexto interativo das artes digitais na atualidade. Neste quesito destacaram-se as formas de captura de movimento, além das tradicionais entradas por toque e dos sensores de acelerômetro e giroscópio embutidos nos óculos de realidade virtual. Apenas três trabalhos relacionaram formas de interação tangível, dois deles mencionaram o termo “acessibilidade” em seus textos.

Pudemos relacionar outros dois trabalhos com características colaborativas: o *MagiHOLO* (KASOMOULIS; et. al., 2016) que propõe uma experiência colaborativa em museus a partir do uso de dispositivos móveis dos visitantes e a exibição de hologramas; e o

trabalho *User Generated Soundscapes Activating Museum Visitors* (SALO; BAUTERS; MIKKONEN, 2017) que utilizou plataforma *Soundscape* para dispor aos visitantes do Museu da Tecnologia da Finlândia a capacidade de mixar a paisagem sonora do ambiente através do seu dispositivo móvel e do aplicativo que interage com a plataforma.

d) Discussão dos resultados do estudo

A partir dos dados coletados, verificamos que obras ou experimentos que utilizaram recursos de Realidade Virtual despontaram como a tecnologia mais recorrente na atualidade das pesquisas relacionadas a nossa temática. Em segundo lugar, foram encontradas diversas aplicações com uso de sistemas de visualização interativa - estes se utilizaram principalmente de projeções multimídia e telas sensíveis ao toque. Tecnologias relacionadas a Realidade Aumentada, Realidade Misturada, Visualização Holográfica, Cinema e Experiência Sonora foram elencadas em nossa busca.

A criação, digitalização e/ou reprodução de conteúdo em 3D (imagens, ilustrações, vídeos e animações) está diretamente associada a grande parte das criações artísticas relacionadas neste levantamento, seja em sistemas de RV ou nas outras categorizações mencionadas em nossos resultados.

Pudemos verificar a inerência do uso de aplicações que envolveram interatividade e imersão no contexto contemporâneo das artes digitais. Em sua maior parte, estas interações ocorreram através da interação humano-computador (IHC) como: utilizando dispositivos para captura de movimento, diversos tipos de sensores e uso de telas sensíveis ao toque. Dispositivos móveis particulares, ou de propriedade dos museus, estão sendo utilizados em aplicações interativas e colaborativas.

Evidentemente, a implementação das artes digitais nos museus requer a composição de equipes multidisciplinares que envolvam principalmente artistas e profissionais da área tecnológica. O desenvolvimento dos processos criativos e dos *softwares* está relacionado diretamente com as tecnologias que são utilizadas nas obras.

As tecnologias digitais têm assumido funções preponderantes nos museus. Elencamos algumas implicações quanto ao uso delas nas artes digitais em museus. Além de proporcionar a expansão das relações de experiência dos visitantes interatores, a implementação dessas tecnologias pode ser uma forma econômica e eficiente na preservação de patrimônios artístico-culturais - uma discussão recorrente em alguns dos trabalhos aqui analisados. Verificamos, por exemplo, que artefatos museológicos reais (artísticos ou históricos) puderam ser reproduzidos no meio virtual de maneira tangível, oferecendo uma maior interação em relação aos

participantes e ao mesmo tempo preservando a integridade das peças. Outra implicação recorrente, foi a ampliação de possibilidades no quesito acessibilidade, através de experiências multissensoriais.

Atualmente estamos evidenciando o surgimento e expansão de diversas tecnologias digitais. A inteligência artificial e a visão computacional certamente são componentes bastante explorados nas artes digitais. Possivelmente, esses avanços na tecnologia e na pesquisa incrementam a relação das experiências interativas nos museus.

Após verificarmos trabalhos recentes sobre arte digital no âmbito acadêmico, apresentaremos no próximo tópico trabalhos recentes observando a inserção de tecnologias emergentes nas atuais práticas artísticas envolvendo arte, ciência e tecnologia.

2.2. Arte digital emergente

Nos últimos anos, vivenciamos diversos impactos dos avanços das tecnologias digitais em nosso dia a dia. Esta última década marcou a inserção efetiva dos dispositivos móveis em nossa sociedade, assim como avanços tecnológicos em várias direções. Podemos citar alguns exemplos como: a expansão das redes de internet de banda larga que possibilitou um maior tráfego de dados – inclusive de mídias digitais; um maior amadurecimento da inteligência artificial; a popularização da robótica com a difusão de microcontroladores como o Arduino; dentre tantas outras evoluções.

No contexto artístico, evidentemente, surgiram novas possibilidades. Elencaremos algumas obras da década de 2010 para demonstrar que o campo das artes digitais tem tomado diversas direções e explorado novas fronteiras. A começar pelo *Pinokio*, um exemplo de arte digital com robótica que utilizou seis motores servos, um controlador Arduino, uma microcâmera e alguns outros componentes para transformar o que seria uma luminária (Figura 20) em um robô inteligente. Ao ser acionada, a luminária passa a enxergar e escutar o interator e se movimenta estimulando uma dualidade de ação e reação inusitada entre eles.

Figura 20: *Pinokio*, 2012

Fonte: Adam Ben-drór *website*¹⁸

Esta obra foi concebida pelo artista e designer neozelandês Adam Bem-drór, e se utiliza da visão computacional para explorar potenciais comportamentais e expressivos da robótica. Também programado em linguagem *Processing*, o *Pinokio* é capaz de interagir de maneira autônoma com as pessoas, observando e reagindo aos seus comportamentos, se assemelhando a características emocionais de animais¹⁸.

Em 2013, foi lançado o *Sketch Aquarium*, uma instalação digital colaborativa disponibilizada no *MORI Building Digital Art Museum* na cidade de Tóquio. Ao adentrar na área da instalação os participantes são convidados a colorir desenhos de criaturas marinhas de suas preferências, após a conclusão da tarefa os desenhos são digitalizados e inseridos no aquário virtual, como podemos observar na Figura 21:

Figura 21: Instalação interativa *Sketch Aquarium*, Tóquio, 2013

Fonte: *teamLab Borderless website*¹⁹

¹⁸ Disponível em: <<http://www.ben-drór.com/pinokio/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

¹⁹ Disponível em: <<https://borderless.teamlab.art/pt/ew/aquarium/>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

Além de digitalizar os desenhos, o *software* utiliza um algoritmo de IA que transforma essas figuras estáticas em animações autônomas e interativas. Além de produzirem os desenhos, os participantes podem observar e interagir com o aquário que é projetado em larga escala nas paredes do local, eles podem tocar nos peixes virtuais e até mesmo os alimentar. Essa instalação foi desenvolvida pelo coletivo internacional *teamLab*, que foi fundado em 2001, reunindo um grupo interdisciplinar de diversos especialistas como artistas, programadores, engenheiros, animadores de CG, matemáticos e arquitetos visando o desenvolvimento de práticas colaborativas envolvendo arte, ciência, tecnologia e mundo natural²⁰.

Partindo para outra direção, o segmento da visualização de dados é um campo das ciências da computação que está em efervescência nos últimos anos. A simples utilização de um *smartphone* é capaz de fornecer inúmeros dados sobre a nossa vida pessoal a diversas empresas que desenvolvem os *softwares* que utilizamos, nunca fomos tão monitorados na história quanto nos tempos atuais e, inevitavelmente, podemos sofrer consequências positivas e/ou negativas em decorrência dessas circunstâncias. Essas questões não passariam despercebidas pelo campo artístico, na verdade impulsionaram o surgimento de obras de arte que se utilizam da visualização de dados. Observemos nas Figura 22 e 23 um dos trabalhos do artista turco Refik Anadol:

Figura 22: *Melting Memories*, 2018

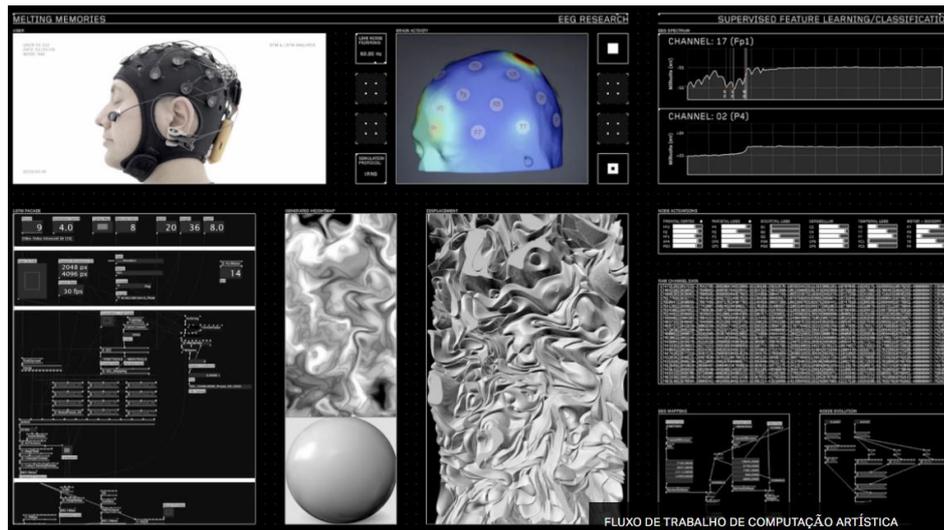


Fonte: *Refik Anadol website*²¹

²⁰ FONTE: *Website do teamLab*. Disponível em: <<https://www.teamlab.art/about/>>. Acesso em: 26 jul. 2020.

²¹ Disponível em: <<http://refikanadol.com/works/melting-memories/>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Figura 23: *Melting Memories* (captura de dados), 2018



Fonte: Refik Anadol website²²

A obra *Melting Memories* foi exposta na *Pilevneli Gallery*, no ano de 2018 em Istambul. Em pinturas e esculturas apresentadas digitalmente em telas com tecnologia LED, a obra trata sobre a materialização das lembranças, oferecendo uma possibilidade representativa e artística de dados coletados da memória de indivíduos pré-selecionados que foram instruídos a focarem em memórias específicas de longo prazo: i) através de um eletroencefalograma (EEG) – como podemos observar na Figura 22; ii) e do uso de redes neurais recorrentes que possibilitou a extração, interpretação e tratamento desses dados que originaram pinturas e esculturas tridimensionais, conforme apresentado na parte superior da imagem.²²

Seguindo esse contexto emergente, em 2019 surgiram espetáculos de luzes com o uso de drones – envolvendo conhecimentos da robótica e da inteligência artificial. Algumas empresas de tecnologia como a Intel têm desenvolvido tecnologias para utilização de inúmeros drones equipados com lâmpadas do tipo RGB para formar imagens a partir de uma matriz desses pontos de cor. Observemos nas duas próximas imagens (Figura 24) a matriz de drones luminosos prontos para o voo do lado esquerdo, e o show luminoso com os drones no céu do lado direito:

²² Disponível em: <<http://refikanadol.com/works/melting-memories/>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Figura 24: Show de luzes com drones na China, 2019



Fonte: China Daily (2019)²³

Esse show luminoso aconteceu em maio de 2019, na *China International Big Data Industry Expo* em Guiyang na China. Foram utilizados 526 drones para a produção do show luminoso. Espetáculos como este requerem uma grande infraestrutura computacional, a partir de um sistema que controla e automatiza o movimento dos drones com precisão, além de um mapeamento dos pontos luminosos que são distribuídos em espaço tridimensional. Esse tipo de espetáculo tem sido recorrente em alguns eventos de grande relevância, como a abertura das Olimpíadas de Tóquio que ocorreu neste ano e utilizou 1824 drones equipados com luzes RGB²⁴ em parte da cerimônia de abertura dos jogos olímpicos, controlados por um sistema computacional desenvolvido pela Intel.

Retrocedendo um pouco na cronologia temporal, relacionamos o projeto *Culturas Degenerativas*, uma obra lançada no ano de 2018 e produzida pelo artista e pesquisador brasileiro César Baio²⁵ em parceria com o coletivo *The League of Imaginary Scientists* (LOIS). A invenção explora uma perspectiva híbrido bio-digital, na qual organismos vivos se integram a inteligência artificial e as redes de comunicação. Na prática, um determinado livro aberto era exposto a um fungo em um ambiente controlado, um sistema digital microfilmava a proliferação do organismo vivo sobre as letras e palavras do texto. Um algoritmo de inteligência artificial recodificava essa irradiação a partir do percurso percorrido pelo fungo, como se ele estivesse lendo o livro. Essas informações eram exibidas em um monitor e impressas em papel termo sensível (em rolo). A sequência de imagens a seguir (Figura 25) demonstra o fungo sobre o papel (a esquerda); uma imagem geral da obra contendo uma tela para a visualização da microfilmagem, uma pequena impressora térmica centralizada e o domo onde ocorre a parte

²³ Fonte: China Daily. Disponível em: <<https://bit.ly/2Seo9FV>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

²⁴ Fonte: MIOTTO, Rafael. FEITOSA JR., Alessandro. Drones na abertura das Olimpíadas de Tóquio: entenda como funciona a tecnologia. Portal do G1. Disponível em: <<https://glo.bo/377JzdV>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

²⁵ Fonte: CESAR & LOUIS. Disponível em: <<http://cesarandlois.org/digitalfungus/>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

biológica com a câmera acoplada na parte superior (ao meio); e pessoas interagindo com a obra (ao lado direito):

Figura 25: *Culturas Degenerativas*, 2018



Fonte: Cesar & Lois (2018)

Como podemos perceber, o livro estava inserido em um domo fechado, com uma câmera instalada na parte superior, as imagens eram processadas pelo *software* criando fragmentos textuais que eram impressos e publicados na rede social Twitter, a partir de um perfil denominado como *@HelloFungus*. Esse exemplo demonstra o quanto as artes digitais podem se difundir nas nossas relações com o mundo e com a natureza, não se restringindo apenas as relações artísticas.

Seguindo com a relação entre arte, biologia e inteligência artificial, elencamos um segundo trabalho, da artista Sofia Crespo denominado como *Neural Zoo*. Ela desenvolveu um algoritmo que se utiliza da visão computacional e das redes neurais para desenvolver processos cognitivos similares ao processo criativo humano²⁶. Atentemos a duas imagens (Figura 26) produzidas pelo algoritmo:

Figura 26: Sofia Crespo - *Neural Zoo*, 2018



Fonte: *Neural Zoo website*²⁶

²⁶ Disponível em: <<https://neuralzoo.com/>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

Como podemos observar na Figura 26, a “musa” do algoritmo são os seres vivos. A composição do lado esquerdo apresenta elementos que se assemelham a um organismo humano e do lado direito o resultado parece com um inseto. A autoria das imagens se deu a partir das rotinas de uma rede neural utilizadas pelo algoritmo que foi desenvolvido para o *Neural Zoo*, este processo de criação confronta com uma questão que tem se popularizado nas discussões sobre inteligência artificial: “a arte pode ser reduzida ao remapeamento de dados absorvidos por processos sensoriais?”²⁶. Os computadores já se mostraram bastante competentes para cumprir funções determinísticas, como cálculos, processamento de dados e tantas outras atividades úteis ao nosso cotidiano. Porém, ainda existe um desafio relacionado a inteligência artificial relacionado a questões subjetivas como a criatividade e o desenvolvimento de poéticas artísticas. Quanto a este quesito, a autora Suzete Venturelli (2017) faz a seguinte reflexão:

A arte computacional se encontra numa posição histórica em aplicações informáticas, pois, recorrendo aos computadores, o artista se envolveu numa atividade que tem sido um domínio exclusivo dos seres vivos: o ato de criação. A estética emergente surge de modo espontâneo, com seres artificiais e interatividade de alto nível de complexidade entre seres vivos e máquinas, abrangendo a auto-organização das suas estruturas emergentes, assim como as redes adaptativas e de evolução, no sentido darwinista. (VENTURELLI, 2017, p. 229)

Assim como os humanos e, especificamente, os artistas desenvolvem seu aprendizado seja com estudos ou com vivências cotidianas, as máquinas também são capazes de obter aprendizado, de serem treinadas e realizarem suas próprias criações. Em janeiro de 2021 foi anunciada a rede neural DALL·E²⁷, capaz de criar imagens a partir de estímulos textuais em forma de legenda. Em sua versão inicial, a rede utiliza 12 bilhões de parâmetros da *Generative Pre-Training Transformer 3* (GPT-3) – modelo de linguagem de aprendizagem de máquina para inteligência artificial que opera com fluxos de dados de textos e imagens. Vejamos nas Figuras 27 e 28 alguns exemplos de legendas que fizeram o DALL·E produzir imagens:

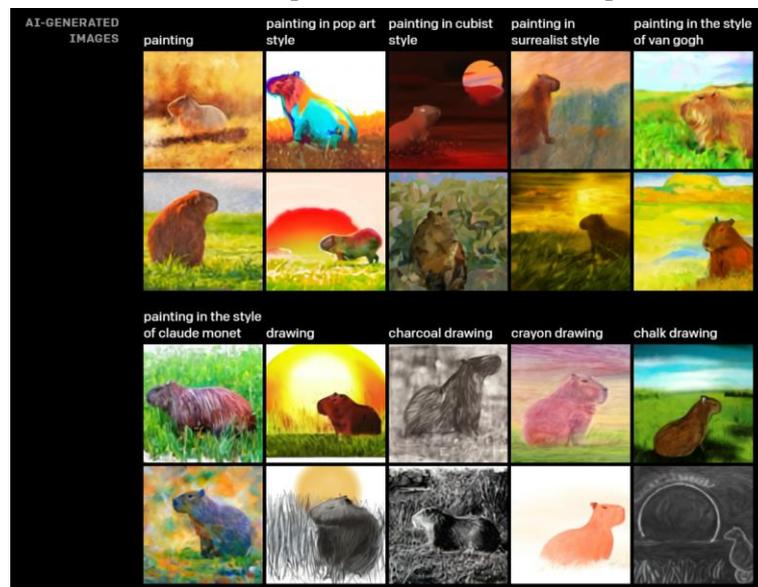
²⁷ Fonte: *Website* do OpenAI. Disponível em: <<https://openai.com/blog/dall-e/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

Figura 27: Um caracol feito de harpa



Fonte: DALL·E *website*²⁸

Figura 28: Pintura de uma capivara sentada em um campo ao nascer do sol



Fonte: DALL·E *website*²⁹

Dentre as capacidades do DALL·E, é possível criar imagens que: desenharam vários objetos; controlam seus atributos; possibilitam várias perspectivas e tridimensionalidade; possibilitam visualizam interna e externa dos objetos; permite inferência de detalhes contextuais; pode combinar conceitos não relacionados; criar ilustrações de animais; possui conhecimento geográfico e temporal; entre outros. Essa rede neural permite reflexões sobre a capacidade criativa dos computadores, com base em instruções e gigantescos bancos de dados, e vislumbrar um futuro promissor nesta direção. Imaginemos uma rede neural como a DALL·E

²⁸ Disponível em: <<https://openai.com/blog/dall-e/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

²⁹ Disponível em: <<https://openai.com/blog/dall-e/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

que possa sintetizar centenas e milhares de anos de produção artística para criar músicas, obras de literatura, pinturas, esculturas etc., nos resta indagar até que ponto os computadores terão capacidade de criação com intervenção humana, e sem ela?

No desfecho dessas reflexões sobre o estado da arte digital, concluímos que a interrelação entre arte, ciência e tecnologia tem resultado na exploração de novos territórios, não se limitando a delimitações fronteiriças das artes tradicionais e propondo novas percepções de experiência oferecidas aos participantes desse campo artístico, uma vez que o ato de apreciação não parece ser o elemento principal no universo artístico no qual estamos nos referindo.

Antes de concluirmos este levantamento, não podemos desconsiderar que essa efervescência das artes digitais em nossa atualidade continua se disseminando não apenas no âmbito evolutivo/tecnológico, mas ao longo da nossa pesquisa pudemos notar diversos eventos como bienais e festivais se difundindo em diversos lugares do mundo, podemos mencionar alguns que tem ocorrido nos últimos anos: *Ars Electronica* – Linz, Áustria³⁰ (que ocorre desde 1979); *ADAF - Athens Digital Arts Festival* – Atenas, Grécia³¹; *(at)Fest festival* – Castro, Itália³²; *Brighton Digital Festival* – Brighton, Inglaterra³³; *DA-Z – Digital Art Zurich* – Zurique, Suíça³⁴; *Digital Art Festival Istanbul* – Istambul, Turquia³⁵; *Elektra Montréal* – Montreal, Canadá³⁶; *FAD – Festival de Arte Digital* – Belo Horizonte, Brasil³⁷; *FILE – Festival Internacional de Linguagem Eletrônica* – São Paulo, Brasil³⁸; *Future Everything* – Manchester, Inglaterra³⁹; *Immersive Art Festival* – Paris, França⁴⁰; *Miami New Media Festival*, Miami – Estados Unidos⁴¹; *Mira Festival* – Barcelona, Espanha⁴²; *NEoN Digital Arts Festival* – Dundee, Escócia⁴³; *Seoul Mediacity Biennale* – Seoul, Coréia do Sul⁴⁴.

Ao observar todo o percurso histórico da arte digital, considerando os seus aspectos evolutivos e desencadeando uma vasta pluralidade em suas práticas e obras, percebemos que

³⁰ Disponível em: <<https://ars.electronica.art/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³¹ Disponível em: <<https://www.adaf.gr/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³² Disponível em: <<https://www.atfest.it/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³³ Disponível em: <<https://brightondigitalfestival.co.uk/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³⁴ Disponível em: <<https://da-z.net/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³⁵ Disponível em: <<https://digitalartfestistanbul.org/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³⁶ Disponível em: <<https://www.elektramontreal.ca/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³⁷ Disponível em: <<https://festivaldeartedigital.com.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³⁸ Disponível em: <<https://file.org.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

³⁹ Disponível em: <<https://futureeverything.org/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁴⁰ Disponível em: <<https://immersiveartfestival.com/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁴¹ Disponível em: <<https://www.miaminewmediafestival.com/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁴² Disponível em: <<https://mirafestival.com/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁴³ Disponível em: <<https://northeastofnorth.com/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁴⁴ Disponível em: <<http://mediacityseoul.kr/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

tem se estabelecido um diálogo contínuo com outras disciplinas e campos do conhecimento. Acreditamos que as artes digitais continuarão seguindo em expansão, a partir de experiências artísticas que explorem e se utilizem das emergentes e mais recentes inovações tecnológicas. Para complementar essa fase exploratória da nossa pesquisa, trataremos no próximo capítulo sobre museus digitais elencando exemplos desse gênero em diversos locais do mundo e, posteriormente, realizando um levantamento desse cenário no Brasil.

3. MUSEUS DIGITAIS, IMERSÃO E INTERATIVIDADE

O universo do digital nos espaços expositivos e nos museus tem um papel relevante no espaço e tempo do percurso dos visitantes. Nesse universo, as ferramentas digitais se apresentam nas expografias, a arte digital faz parte de exposições em museus de diversas tipologias. A museografia que engloba esse universo permite ao público compreender as intenções e os discursos das exposições de uma maneira ampla e permite estabelecer relações entre ciência-sociedade-arte-tecnologia. (BARBOSA, 2017, p. 205)

Antigamente, os museus eram espaços para exposições estáticas onde a contemplação dos objetos expostos era o foco principal das visitas. No início do século XX, começaram a ser implementados recursos de interatividade a partir de estímulos manuais através de manivelas e botões, por exemplo. Desde a segunda metade do século passado, os museus passaram a ter uma maior relação com os seus respectivos públicos, tornando os visitantes como elementos centrais da expografia. Nas décadas de 1960 e 1970, começaram a ser disseminadas instalações, performances e videoartes. Nos últimos anos, iniciaram-se discussões sobre uma quarta geração de museus, acompanhada pelos conceitos da Indústria 4.0⁴⁵. Os museus digitais não apenas apropriam-se das novas tecnologias como propõe uma experiência expansiva que não se restringe apenas ao espaço físico, mas que se propaga pelo ciberespaço (LISBOA, 2019, p.353-360).

Neste capítulo, apresentaremos um panorama sobre os museus digitais em diversos locais do mundo e no Brasil, seguindo uma cronologia temporal. Entendemos que o termo “museu digital” se refere a espaços museológicos que se utilizam de tecnologias digitais como elemento norteador no desenvolvimento dos seus ambientes expográficos. Museus digitais podem ser compreendidos como museus interativos ou museus inteligentes, mas diferentes de museus virtuais que podem não dispor de infraestrutura física instalada, restringindo-se ao ambiente virtual. Uma outra distinção que precisa ser mencionada é que dentre os museus digitais, existem museus exclusivos para artes digitais, mas museus interativos que envolvem educação, ciência e história explorando o uso das tecnologias e artes digitais – ambos serão relacionados em nosso estudo. Por fim, relacionaremos estas definições a conceitos como os de imersão e interatividade.

Podemos considerar que o *ZKM Center for Art and Media Karlsruhe*, fundado em 1989 na cidade de Karlsruhe, Alemanha, é uma instituição pioneira quando nos referimos a um espaço destinado a arte e mídia, ou simplesmente, arte digital. O centro cultural foi criado a

⁴⁵ De acordo com a FIRJAN (2016, p. 9), o termo Indústria 4.0 advém dos conceitos sobre as três primeiras revoluções marcadas por um conjunto de mudanças em seus processos de manufatura. Em sua versão 4.0, a indústria irá fundir os mundos virtuais e físicos através da internet.

partir da constituição de um conselho administrativo e a nomeação do professor Heinrich Klotz (1935-1999) como diretor fundador. Desde sua inauguração, o intuito do ZKM (Figura 29) foi a união de conceitos artísticos com tecnologias orientadas para o futuro, ou seja, com a missão de continuar as artes clássicas na era digital. Pelo pioneirismo e por ter sido um local onde ocorreram importantes exposições desse gênero, a instituição é considerada como a “Bauhaus” da arte eletrônica ou digital – expressão que remonta ao diretor fundador Klotz⁴⁶.

Figura 29: ZKM Center for Art and Media Karlsruhe



Fonte: ZKM website⁴⁶

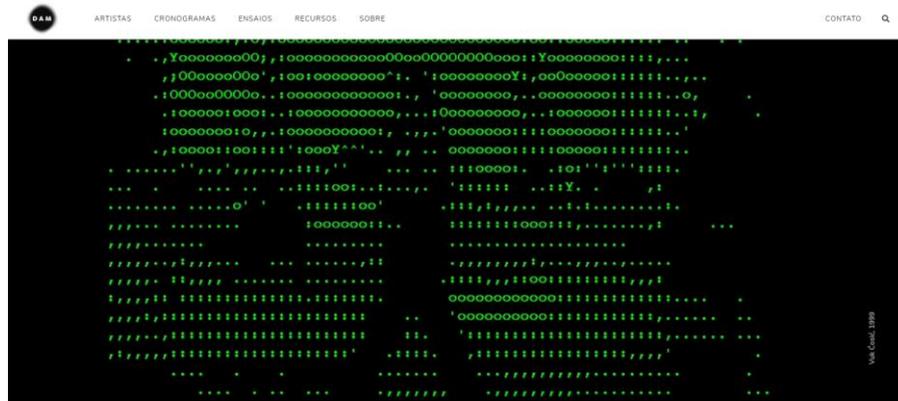
A instituição possui a sala integradora *ZKM Media Museum*, um espaço que reúne arte interativa e participativa do mundo todo. Além disso, o Centro ZKM contempla os mais diversos meios e gêneros artísticos como pintura, escultura, fotografia e de artes que se baseiam no tempo (cinema, audiovisual, música, dança e performance). Desde sua fundação, o espaço se dedicou à pesquisa, apresentação, crítica e discussão dos desenvolvimentos tecnológicos na área das novas mídias⁴⁷.

Embora estejamos nos pautando particularmente em “museus físicos”, é sabido que existem diversos museus e galerias virtuais, disponíveis na web, assim como existem museus unicamente disponíveis em ambientes virtuais como o *Digital Art Museum (DAM)*, que reúne acervo sobre artes digitais, concentrando informações sobre o trabalho de mais de trinta artistas e diversas referências ao universo da arte digital.

⁴⁶ Fonte: ZKM website. Disponível em: <<https://zkm.de/en/the-zkm>> e <<https://bit.ly/3mc5tEb>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

⁴⁷ Fonte: ZKM Media Museum. Disponível em: <<https://zkm.de/en/media-museum>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

Figura 30: Captura de tela do *Digital Art Museum - DAM*



Fonte: *Website* do DAM⁴⁸

A Figura 30 mostra uma captura de tela da página inicial do DAM, apresentando uma animação com código ASCII, criada pelo artista esloveno Vuk Cosic, considerado pioneiro nas artes líquidas⁴⁹. Fundado no ano de 2000, o museu online dispõe de painéis consultivos que permitem verificar o trabalho de diversos artistas; a cronologia histórica das artes digitais, subdivida por artistas, tecnologia e eventos; seção de ensaios; e aba de recursos, que dispõe de informações sobre locais e eventos que reúnem obras de arte digital. O museu concentra herança de inovação e experimentação no campo das artes digitais, desde as décadas de 1960 e 1970 – apresentadas anos pioneiros⁵⁰.

Um outro exemplo de museu tido como virtual é o *DiMoDA – Digital Museum of Digital Art*, concebido no ano de 2013 por Alfredo Salazar-Caro e William Robertson. Com propósito de comissionar, preservar e exibir obras de arte em realidade virtual, em 2015 o museu passou a adotar o caráter itinerante promovendo exposições que já visitaram cidades como Nova York, Miami, Chicago, Berlim, Dusseldorf, Dubai, entre outras⁵¹. Vejamos na Figura 31 imagens da galeria itinerante:

⁴⁸ Disponível em: <<http://dam.org/artists>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

⁴⁹ Fonte: DAM. Disponível em: https://dam.org/museum/artists_ui/artists/cosic-vuk/. Acesso 30 ago. 2021.

⁵⁰ Fonte: DAM. Disponível em: <<http://dam.org/home/about-us>>. Acesso 14 set. 2021.

⁵¹ Disponível em: <<https://dimoda.art/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

Figura 31: Galeria itinerante *DiMoDA*

Fonte: *DiMoDA website*⁵²

Em novembro de 2017, o *DiMoDA* Museum apresentou sua terceira exposição *Gateways e Talismans* na conferência *SIGGRAPH Asia*, realizada na capital tailandesa, Bangcoc. A exposição reuniu obras de artistas do sudeste asiático, como Bani Haykal, Debbie Ding, Korakrit Arunanondchaie e Vicki Dang, e tinha o propósito de oferecer uma experiência com bruxaria no ambiente computacional, onde as tecnologias digitais assumiram o papel de ferramentas e objetos mágicos. O intuito da exposição era de examinar o dualismo na separação entre o corpo e a mente com uma relação simultânea entre o “ser” físico e o digital, propondo uma terceira separação que seria o “corpo virtual”⁵³.

Seguindo com o levantamento acerca dos Museus Digitais, no ano de 2016 surgiu o *Museum of Digital Arts – MuDA*, estabelecido na cidade de Zurique, na Suíça, e fundado por Caroline Hirt e Christian Etter através de uma campanha de financiamento coletivo (*crowdfunding*). Lamentavelmente, o MuDA encerrou suas atividades no ano de 2020 diante de dificuldades financeiras oriundas ao enfrentamento a pandemia da Covid-19. O museu foi administrado pela *Digital Arts Association*, uma pequena organização suíça, sem fins lucrativos, a qual tem a missão de inspirar, educar e contribuir para a sociedade através do código. Desde sua inauguração, o museu teve como proposta explorar as relações entre algoritmos, dados e sociedade através da “poesia” dos códigos de programação.

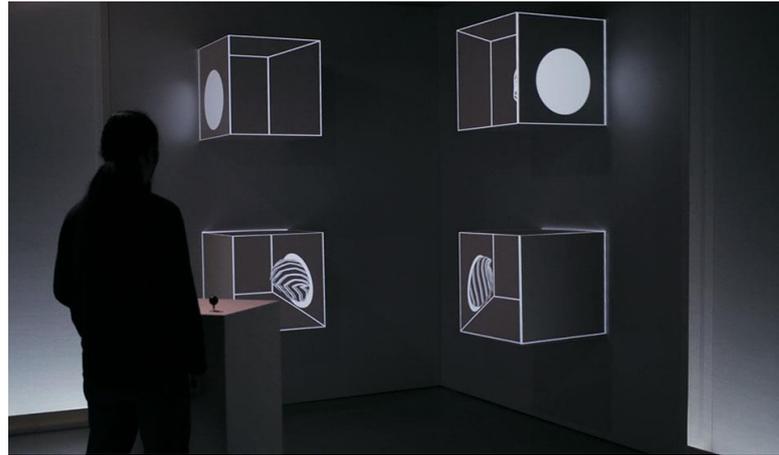
Ao longo desses anos, o MuDA realizou exposições e palestras sobre as relações entre tecnologia e sociedade, bem como ofertou programas educacionais gratuitos para crianças, profissionais e pensionistas, os quais são realizados até o presente⁵⁴. Na próxima imagem (Figura 32), veremos a instalação *Portal 1.0*, uma das obras recém exibidas no museu:

⁵² Disponível em: <<https://dimoda.art/past-exhibitions>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁵³ Fonte: *DiMoDA News*. Disponível em: <<https://bit.ly/3kg83qI>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

⁵⁴ Fonte: MuDA. Disponível em: <<https://muda.co/info/>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

Figura 32: Instalação interativa *Portal 1.0* por Raven Kwok, 2020



Fonte: MuDA *website*⁵⁵

A instalação pertence a uma exposição do artista, animador e programador chinês Raven Kwok. Iniciada em 2020, a exposição foi uma das últimas estreias do *MuDA Museum*, com instalações interativas que envolveram uma pesquisa estética gerada por algoritmos e processos de *software*. As principais ferramentas no desenvolvimento dos projetos de Kwok são as linguagens de programação.

Em 2016, ocorreu a inauguração do Museu de Arte, Arquitetura e Tecnologia, situado às margens do Rio Tejo em Lisboa, Portugal. Sob a iniciativa da Fundação EDP, o MAAT tem enfoque na promoção do discurso crítico e a prática criativa em meio ao ecossistema planetário em que vivemos, transitando em meio a arte, a arquitetura e a tecnologia para despertar novos entendimentos sobre o nosso presente histórico e vislumbrando um compromisso responsável com o futuro comum da nossa sociedade⁵⁶. Uma das exposições inauguradas no ano de 2021 foi a *Earth Bits – Sentir o Planeta*:

Figura 33: *Earth Bits – Sentir o Planeta / CO² Mixer*



Fonte: Canal do Youtube do MAAT⁵⁷

⁵⁵ Disponível em: <<https://muda.co/ravenkwok/>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

⁵⁶ Fonte: Site do MAAT. Disponível em: <<https://www.maat.pt/pt/museu-de-arte-arquitetura-e-tecnologia>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

⁵⁷ Disponível em: <<https://youtu.be/QiMgT351tEE>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

A exposição oferece uma experiência interativa relacionada ao consumo de energia pelos humanos, e o impacto das nossas ações no meio ambiente. Com base em evidências científicas obtidas com o apoio da Agência Espacial Europeia, da Agência Internacional de Energia e da EPD Inovação, a instalação permite que os dados de consumo de energia sejam visualizados em murais impressos e digitais (por meio de projeções). Na Figura 33 podemos observar o *CO² Mixer*, uma instalação que compõe essa exposição, na qual o interator pode utilizar a mesa de mixagem para verificar o impacto pessoal do seu consumo a uma escala global, selecionando valores individuais de consumo relacionados a nutrição, mobilidade ou habitação. A *Earth Bits* foi desenvolvida pelo estúdio de investigação e de design interativo Dotdotdot.

Um dos museus mais recente é o *MORI Building Digital Art Museum: teamLab Borderless*. Inaugurado em 2018 na cidade de Tóquio, no Japão, o museu foi criado a partir de uma parceria entre a *MORI Building Co.* e o coletivo internacional de artistas *teamLab*. Em seu primeiro ano, o *MORI Building Museum* atraiu cerca de 2,3 milhões de pessoas de mais de 160 países – número semelhante à visitação do Museu Nacional de Tóquio e do Museu Kanazawa, importantes museus japoneses. A criação do museu se deu a partir de concepções que propõem exposições experienciais e sem fronteiras, onde os participantes interagem com o espaço expográfico e entre si mesmos⁵⁸.

Uma de suas principais exposições é a *Borderless World*, descrita da seguinte forma: “O mundo sem fronteiras se transforma de acordo com nossa presença, e à medida que mergulhamos e nos unimos a este mundo unificado, exploramos uma continuidade entre as pessoas, bem como uma nova compreensão da continuidade entre nós e o mundo.”⁵⁹. Observemos a seguir uma fotografia que mostra parte da exposição:

⁵⁸ Fonte: MORI Corporation *website*. Disponível em: <<https://bit.ly/2XpWd3z>>. Acesso em: 01 jul. 2020.

⁵⁹ Fonte: *MORI Digital Art Museum, Borderless World*. Disponível em: <<https://bit.ly/2DdrdNe>>. Acesso em: 01 jul. 2020.

Figura 34: *Exposição Borderless World, 2018*



Fonte: *MORI Building Digital Art Museum website*⁶⁰

Como podemos perceber na Figura 34, o ambiente é amplo e com projeções em todas as direções, parte delas mapeadas em estruturas tridimensionais que propõem uma imersão no mundo virtual. O museu possui uma área de aproximadamente 10 mil metros quadrados e permite livre passeio do público na intenção de que eles descubram e ajudem a criar um mundo novo nos ambientes percorridos.

Após um levantamento sobre museus de arte digital em um cenário internacional, relacionaremos num panorama nacional, Museus Digitais que não têm o enfoque principal nas artes digitais, mas que contém obras do gênero em seus espaços expositivos. A começar pelo Museu da Língua Portuguesa, considerado pioneiro no Brasil enquanto Museu Digital Interativo, ele foi inaugurado em 2006 e instalado no complexo da Estação da Luz em São Paulo, local onde outrora havia bastante tráfego de imigrantes. A concepção do museu propunha uma viagem sensorial pela Língua Portuguesa através de acervo multimidiático com uso de tecnologias digitais e suportes interativos⁶¹. Vejamos na Figura 35 dois espaços da exposição permanente do museu:

⁶⁰ Disponível em: <<https://borderless.teamlab.art/>>. Acesso em: 01 jul. 2020. Tradução nossa.

⁶¹ Fonte: Museu da Língua Portuguesa, site institucional. Disponível em: <<https://bit.ly/2EGV693>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

Figura 35: A Praça da Língua e a Grande Galeria



Fonte: Site institucional do Museu da Língua Portuguesa⁶²

Na tarde do dia 21 de dezembro de 2015, lamentavelmente ocorreu um incêndio que destruiu boa parte do museu, entretanto, o seu acervo imaterial e digital possuía *backups* que estão sendo reutilizados em sua reconstrução. A reinauguração do museu estava programada para o final do ano de 2019, mas só neste ano de 2021 ocorreu a sua reabertura, com parte do seu acervo original preservado e contando com novas instalações interativas.

Embora não seja o foco desta pesquisa, a preservação do digital é um tema que vem sendo discutido por autores como Pablo Gobira (2019), na obra *A Memória do Digital e outras questões das artes e museologia*. Neste ponto, ainda ressaltamos a importância da associação entre: artista, curador, instituição e equipe técnica no contexto da produção de artes digitais em museus, para que se obtenha uma maior efetividade no processo de preservação das obras digitais, considerando todos os aspectos que as envolvam: *hardware*, *software*, infraestrutura, montagem etc. (GOBIRA; CORRÊA, 2016). Se por um lado a preservação do digital é um desafio, comparado a outras mídias analógicas, no caso do Museu da Língua Portuguesa foi um acalento pois, se o acervo fosse de pinturas, esculturas ou artefatos históricos, por exemplo, não seria possível recuperar o conteúdo original.

No âmbito dos museus de ciências aplicadas, podemos elencar o Museu do Amanhã (Figura 36), inaugurado em 2015 no Rio de Janeiro (RJ), com o propósito de “apresentar o hoje, refletir sobre as tendências que vão moldar os próximos 50 anos e convidar o público para a ação, guiado pelos valores da sustentabilidade e convivência.” (MUSEU DO AMANHÃ, 2016, p. 12).

⁶² Disponível em: <<https://museudalinguaportuguesa.org.br/memoria/exposicao-principal/>>. Acesso em: 01 jul. 2020.

Figura 36: Museu do Amanhã, Rio de Janeiro - RJ



Fonte: Site institucional do Museu do Amanhã⁶³

A exposição principal do museu possui uma narrativa que se divide em cinco grandes áreas: *Cosmos*, *Terra*, *Antropoceno*, *Amanhãs* e *Nós*, subdivididas em 27 experiências e 35 sub-experiências, disponíveis em português, inglês e espanhol (EXPOMUS, 2015, p. 31). Considerada protagonista da expografia do museu, a seção *Antropoceno* esclarece a condição factual do planeta, observando que as suas transformações que são o enfoque principal do Museu do Amanhã. A obra principal é uma videoinstalação composta por seis totens com três metros de largura por dez metros de altura, cada uma, alusivas ao monumento *Stonehenge*, na Inglaterra. A obra apresenta através de conteúdo e narrativa audiovisual, informações e dados acerca das condições socioambientais atuais do planeta. A Figura 37 apresenta um dos pontos de visualização da exposição, onde podemos observar os três dos cinco grandes painéis em LED inclinados em convergência.

Figura 37: *Antropoceno*, Museu do Amanhã, 2015



Fonte: Site institucional do Museu do Amanhã⁶⁴

⁶³ Disponível em: <<https://museudoamanha.org.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

⁶⁴ Disponível em: <<https://museudoamanha.org.br/pt-br/antropoceno>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

Alimentada por uma central de inteligência instalada no prédio e conectada com as principais redes de informação científico-ecológicas do mundo, a instalação audiovisual permite divulgar em tempo real o quanto o ser humano já consumiu, transformou e poluiu os vários ecossistemas do planeta (CALIXTO, 2015). O termo “antropoceno” foi formulado pelo químico holandês Paul Josef Crutzen – vencedor do Prêmio Nobel de Química em 1995. Ele defende a tese que o planeta Terra, em termos de eras geológicas, saiu da fase holoceno e está iniciando essa nova fase denominada de antropoceno. Segundo Crutzen, o homem sempre teve a capacidade de alterar o ambiente que vive, mas nunca em sua totalidade. Porém, a partir da década de 1950, a atividade humana passa a interferir sobre atmosfera terrestre, exercendo assim a possibilidade de modificar todas as macroestruturas do planeta, e em grande parte destinadas à uma má condição ambiental (MANSO, 2018, p. 90-91). O conteúdo da exposição foi projetado por uma equipe de mais de 30 consultores dentre brasileiros e estrangeiros oriundos de diversas áreas e especialidades. O seu objetivo é transmitir questões de relevância que contribuíssem para a discussão e reflexão aos diferentes públicos (EXPOMUS, 2015, p.32).

Seguindo para a região nordeste brasileira, percebemos a inauguração do Museu Cais do Sertão, em 2014, na região portuária de Recife – PE, ao lado do Marco Zero da cidade. Observemos na Figura 38 uma fotografia do seu espaço expositivo:

Figura 38: Espaço expositivo do Museu Cais do Sertão, Recife - PE



Fonte: Capturas de telas da reportagem *Conhecendo Museus – Ep. 01: Museu Cais do Sertão*⁶⁵

Hoje conhecido como Centro Cultural Cais do Sertão, o museu propõe uma imersão na realidade do sertão do nordeste brasileiro, retratando a história e a cultura do povo nordestino

⁶⁵ Disponível em: <<https://youtu.be/Pw9ZJ626zrE>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

a partir de experiências interativas que se utilizam de tecnologias digitais que se misturam com artefatos representativos do contexto sertanejo como cenografias, indumentárias, ferramentas de trabalho, instrumentos musicais e diversos objetos. O Cais do Sertão também reverencia a obra de Luiz Gonzaga, artista homenageado pelo espaço⁶⁶. Uma das obras mais intrigantes do museu é a instalação *Túnel do Capeta* (Figura 39):

Figura 39: Instalação *Túnel do Capeta*, Museu Cais do Sertão, Recife - PE



Fonte: *Website* da JA Filmes⁶⁷

Como pudemos observar na Figura 39, a instalação imersiva é composta por um túnel com espelhos, contendo câmeras escondidas que capturam e reproduzem em telas eletrônicas que se confundem com as imagens espelhadas, distribuídas em formas prismáticas tridimensionais dispostas de maneira aleatorizadas no entorno da obra. Na composição sonora, podem se ouvir sussurros diabólicos do personagem fantástico nordestino conhecido como “Capeta”. A instalação foi idealizada e desenvolvida pelo videoartista paulista Carlos Nader e compõe o acervo permanente do Cais do Sertão.

Em novembro de 2017 foi inaugurado o SESI Museu Digital de Campina Grande, na Paraíba. Instalado no prédio que acomoda o Monumento ao Sesquicentenário de Campina Grande, o museu objetiva uma experiência inovadora na abordagem da história da cidade⁶⁸. O museu foi subdividido em 11 alas que contemplam abordagens culturais e socioeconômicas do município utilizando-se de recursos digitais como: realidade virtual, jogos eletrônicos, piso

⁶⁶ Fonte: *Museusbr* – a maior plataforma de informações sobre os museus brasileiros. Disponível em: <<http://museus.cultura.gov.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

⁶⁷ Disponível em: <<http://www.jafilmes.com.br/ano/>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

⁶⁸ Fonte: *Website* do SESI Museu Digital de Campina Grande. Disponível em: <<https://sesimuseudigital.com.br/>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

interativo, totens interativos, totem fotográfico, *videowalls*, karaokê, projeção panorâmica, sistema de som setorizado e sistema de controle e automação.

Figura 40: SESI Museu Digital de Campina Grande



Fonte: Site Institucional do SESI Museu Digital de Campina Grande⁶⁸

Recentemente, o projeto do museu recebeu o prêmio de “Melhor Instalação de Áudio e Vídeo da América Latina, edição 2018”, resultado do concurso *AVI Latino América*, realizado pela *TecnoMultimedia InfoComm*, na cidade do México⁶⁹. Na Figura 40 estão dispostas uma visão externa do prédio (ao lado esquerdo) e, no lado direito, uma fotografia do ambiente interno do museu. Tratamos anteriormente sobre a obra *TROPEL*, uma videoarte do cineasta paraibano Helton Paulino, inserida na ala de entrada do local, na pesquisa intitulada como “A produção audiovisual para múltiplas telas: uma análise comparativa do sistema multimídia TROPEL” (SANTOS JÚNIOR et. al., 2020, *no prelo*) que recebeu aceite para publicação no periódico *Policromias - Revista de Estudos do Discurso, Imagem e Som* da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. O estudo trata sobre uma análise comparativa entre o sistema multimídia implementado para a videoarte *TROPEL* e outros trabalhos correlacionados com características similares. Vejamos, na Figura 41, uma captura do vídeo promocional do museu que apresenta a obra:

⁶⁹ Fonte: Agência de Notícias da CNI. Disponível em: <<https://bit.ly/39WoELs>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

Figura 41: Videoarte *TROPEL*, 2017

Fonte: Youtube - SESI Museu Digital de Campina Grande⁷⁰

A videoarte traça um paralelo entre o passado e o presente, com uma narrativa que expõe a trajetória dos tropeiros que, cortavam os sertões nordestinos, carregando produtos de matéria prima (como grãos e sementes) até os locais onde se desenvolvia sua cadeia produtiva. O espectador se insere em meio a um universo sensorial que apresenta a saga desbravadora dos tropeiros que desencadeou o desenvolvimento da região. O conteúdo é exibido ininterruptamente de maneira cíclica, onde o final da história se confunde com o início (SANTOS JÚNIOR et. al., 2020):

O ambiente propõe a imersão do espectador ao conteúdo áudio e vídeo. Observando a videoarte, percebe-se que os dois painéis de vídeo estão em sincronia e que exibem imagens complementares, oferecendo pontos de vista diferentes para cada lado da exibição. As composições das imagens não se resumem a completude dos *videowalls*, em determinados momentos são observadas imagens subdividas em fatias com uma, duas ou três telas. A percepção sonora realça a proposta imersiva, pois a mistura dos sons síncronos, assíncronos e trilha sonora unida a disposição dos autofalantes oferecem a sensação de um som ambiente espacializado. (SANTOS JÚNIOR et. al., 2020, p. 9)

Ao tratarmos sobre museus digitais, inevitavelmente, nos deparamos com os termos “imersão” e “interatividade”. Em nossa pesquisa, entendemos imersão com base nas definições de Sherman e Craig (2003), quando afirmaram ser uma “sensação de estar em um ambiente [...] que entra fisicamente em um meio; estímulo sintético dos sentidos do corpo através do uso de tecnologia; isso não implica todos os sentidos ou que todo o corpo está imerso” (SHERMAN; CRAIG, 2003, p. 9, tradução nossa). Assim como no SESI Museu Digital de Campina Grande, todos os outros museus digitais recebem um público que, em sua grande maioria, está disposto

⁷⁰ Disponível em: <<https://youtu.be/8-Gd-BCPEFo>>, Acesso em: 20 abr. 2019.

a interagir e vivenciar novas experiências. Neste sentido, torna-se incompatível entender esse público como unicamente apreciador ou visitante, mas interator. Suzete Venturelli (2017) afirma que:

o público da arte computacional é efetivamente diferente do público das obras de arte tradicionais. Esse último gosta de interpretar histórias, imagens e músicas, mas os outros, da arte computacional, preferem fazer algo mais: eles apreciam obras que possam ser manipuladas na sua apresentação, preferindo trabalhos artísticos que recorram aos outros para que façam parte da obra e possibilitem o seu funcionamento. (VENTURELLI, 2017, p. 64)

O uso de tecnologias digitais pode ser percebido até mesmo em museus e galerias tidos como tradicionais, ainda que não componham as exposições em si, podem ser percebidos de maneira complementar: com caráter estritamente informativo, a exemplo dos *totens* de informação, sistemas de controle de acesso, sistemas de tradução ou que forneçam acessibilidade para determinados públicos, por exemplo. Reflitamos com o pensamento exposto por Lúcia Santaella (2018):

O público dos museus, acostumados com as tecnologias aqui descritas: veem telas e as querem tocar; encontram projeções e desejam ver o que ali está sendo mostrado; têm contato com “totens” de informação e procuram com eles interagir em busca de informações expográficas; pois já se acostumaram a acessar portais dos museus e hotsites dedicados às exposições. Essa paisagem cultural interna e externa ao museu passa a ser compreendida como “natural” nas rotinas de exposição, nas reservas técnicas e nas ações curatoriais empreendidas. O público é o termômetro do reconhecimento visual e sonoro do tangível e intangível dessa paisagem, pois é ele que deixa seu corpo se envolver nela, se misturar com ela, fazer parte dela. (SANTAELLA, 2018, p. 91)

De acordo com o pensamento da autora, no contexto de uma naturalização do digital, as pessoas já estão habituadas a lidar com essa inserção tecnológica nos museus, na verdade a interatividade tem se demonstrado como um fator que desperta o interesse e a curiosidade das pessoas. Mas afinal, como podemos definir a “interatividade”? Vejamos uma citação do filósofo Pierre Lévy (2010), que trata sobre a definição desse conceito:

O termo “interatividade” em geral ressalta a participação ativa do beneficiário de uma transação da informação. De fato, seria trivial mostrar que um receptor da informação, a menos que esteja morto, nunca é passivo. Mesmo sentado na frente de uma televisão sem controle remoto, o destinatário decodifica, interpreta, participa, mobiliza seu sistema nervoso de muitas maneiras, e sempre de forma diferente de seu vizinho (LÉVY, 2010, p. 81)

Ao nos depararmos com essa concepção de Lévy, podemos considerar que todos os museus são interativos, e de fato podem ser entendidos dessa forma. Entretanto, ao tratarmos

sobre interatividade na arte digital em nossa pesquisa, estamos nos referindo a um entendimento mais amplo. No texto “Arte e Interatividade: autor-obra-recepção”, o artista e escritor Julio Plaza (2003), abordou as relações estabelecidas entre arte interativa e a tríade autor-obra-receptor, para ele “a interatividade como relação recíproca entre usuários e interfaces computacionais inteligentes, suscitada pelo artista, permite uma comunicação criadora fundada nos princípios da sinergia, colaboração construtiva, crítica e inovadora” (2003, p.17), essas noções retroalimentam as relações entre a arte e a tecnologia. Plaza complementou esse raciocínio ao mencionar o pensamento do artista britânico Roy Ascott:

a arte interativa designa um amplo espectro de experiências inovadoras que se utilizam de diversos meios, sob a forma de performances e experiências individuais em um fluxo de dados (imagens, textos, sons), ainda com diversas estruturas, ambientes ou redes cibernéticas adaptáveis e inteligentes de alguma forma, de tal maneira que o espectador possa agir sobre o fluxo, modificar a estrutura, interagir com o ambiente, percorrer a rede, participando, assim, dos atos de transformação e criação. (ASCOTT, 1991, apud. PLAZA, 2003, p. 21)

Contemplaremos, em nossa pesquisa, essa percepção sobre interatividade que envolve a colaboração e a participação ativa do indivíduo no contato com a arte digital. De acordo com Cleomar Rocha (2018, p. 340), “o papel do usuário/interator é ponto fundamental para se compreender as perspectivas de interação e complexidade da comunicação usuário-sistema. É nesse ponto que se funda a perspectiva de uma fenomenologia da cibercepção⁷¹, como fundamento para se compreender como a percepção do sistema afeta a própria realização da tarefa nos sistemas interativos, em conformidade com a cibernética”, esta percepção nos permite uma reflexão sobre o interator ante ao sistema interativo, de modo a nos inquietar sobre o papel das suas ações diante do *feedback* desse sistema, reconhecendo as respostas as suas ações como algo casual ou efetivamente reagindo de acordo com a decisão de suas ações. Esperamos compreender melhor esta relação em nossa fase de experimentação.

Com o levantamento que realizamos sobre os museus digitais e a delimitação acerca do uso dos termos “imersão” e “interatividade”, concluímos a fase exploratória do nosso estudo. No próximo capítulo “Materiais e Métodos” focaremos no desenvolvimento do experimento proposto em nosso objetivo, abrangendo os materiais que serão utilizados, a proposta para a implementação dos recursos interativos e o desenvolvimento de uma prova de conceito que concluirá a fase de experimentação.

⁷¹ Para Roy Ascott (2002): “cibercepção é o termo que define nossa percepção ampliada pela tecnologia, no sentido de antever ações de sistemas e informações acessíveis a partir de um link, os hipertextos” (in. ROCHA, 2018, p. 341).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se iniciou com uma revisão bibliográfica em paralelo a uma fase exploratória no entorno das artes digitais. Realizamos um levantamento histórico, discutimos conceitos e definições sobre esse universo e apresentamos autores como Christiane Paul (2005; 2015), Suzete Venturelli (2017) e diversos outros que ajudaram a nortear nossas discussões. Num segundo momento, apresentamos um panorama atual sobre obras e exposições com arte digital e, complementarmente, sobre museus digitais no Brasil e no mundo.

Este capítulo será dividido em três partes, na primeira descreveremos uma experimentação preliminar que realizamos tomando como base a infraestrutura técnica do SESI Museu Digital de Campina Grande. Este estudo serviu para produzir: i) um levantamento dos materiais que serão utilizados na etapa posterior, considerando os equipamentos e *softwares* que compõem o sistema de projeção panorâmica do museu; ii) um mapeamento topológico que fornecerá uma melhor visualização do funcionamento deste sistema; e iii), para identificar implicações e limitações relacionadas ao uso do protocolo OSC no sistema de projeção, a partir da simulação que foi executada em uma infraestrutura simplificada, mas compatível com o sistema de projeção instalado no museu.

Após apresentarmos esse estudo, realizaremos na segunda etapa uma análise heurística da interface gráfica que foi produzida para intermediar as interações com as projeções do experimento preliminar, utilizando conhecimentos da IHC – Interação humano-computador, nos quais Jakob Nielsen (1994; 2017) foi um dos principais autores mencionados.

Na terceira etapa apresentaremos uma proposta para desenvolvermos um experimento final, com a implementação de uma instalação de *streaming* interativo na Sala de Projeção Panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande. Esta proposta resultará na elaboração de uma Prova de Conceito, que será apresentada no capítulo posterior.

4.1. Um experimento preliminar

Neste tópico apresentaremos um estudo preliminar sobre o uso do protocolo OSC no sistema de projeção panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande. O experimento não foi realizado no museu, entretanto, a implementação simulou condições de *hardware* e *software* compatíveis com a infraestrutura instalada no museu. Este estudo foi aprovado para apresentação no Grupo de Trabalho sobre Arte Computacional do III Congresso Intersaberes em Arte Museus e Inclusão – CIAMI (edição virtual, ano de 2020), promovido pelo Programa Associado de Pós-Graduação em Artes Visuais (PPGAV UFPB/UFPE), consistindo em uma

ação do Grupo de Pesquisa em Arte, Museus e Inclusão (AMI/UFPB/CNPq) e do Laboratório de Artes Visuais Aplicadas e Integrativas (LAVAIS).

Através desse estudo, faremos um detalhamento do sistema de projeção e verificaremos a compatibilidade de uso do protocolo OSC mediante a infraestrutura técnica já existente no museu. A seguir, apresentaremos o experimento preliminar em três etapas: a) Infraestrutura técnica, b) Arquitetura e c) Validação.

a) Infraestrutura técnica

Realizamos uma visita ao SESI Museu Digital de Campina Grande (PB) para levantamento das informações relativas à infraestrutura técnica da sala de projeção panorâmica e para coleta de dados referentes aos equipamentos utilizados em seu sistema multimídia. Essa ala do museu dispõe de uma tela curva com dimensões aproximadas de dez metros de largura e três metros de altura. As dimensões do espaço são reduzidas, a profundidade da sala mede apenas quatro metros. A curta distância demandou a instalação de dois projetores, operando de modo paralelo, com lentes do tipo grande angular (fator 0.75-0.95x:1) e mesmo assim a área total da imagem projetada só cobre cerca de oitenta por cento do tamanho total da tela, isto ocorreu devido a uma diminuição na profundidade da sala em relação ao projeto inicial do museu. Quanto a parte sonora, está instalado um sistema de som *surround* com 5.1 canais.

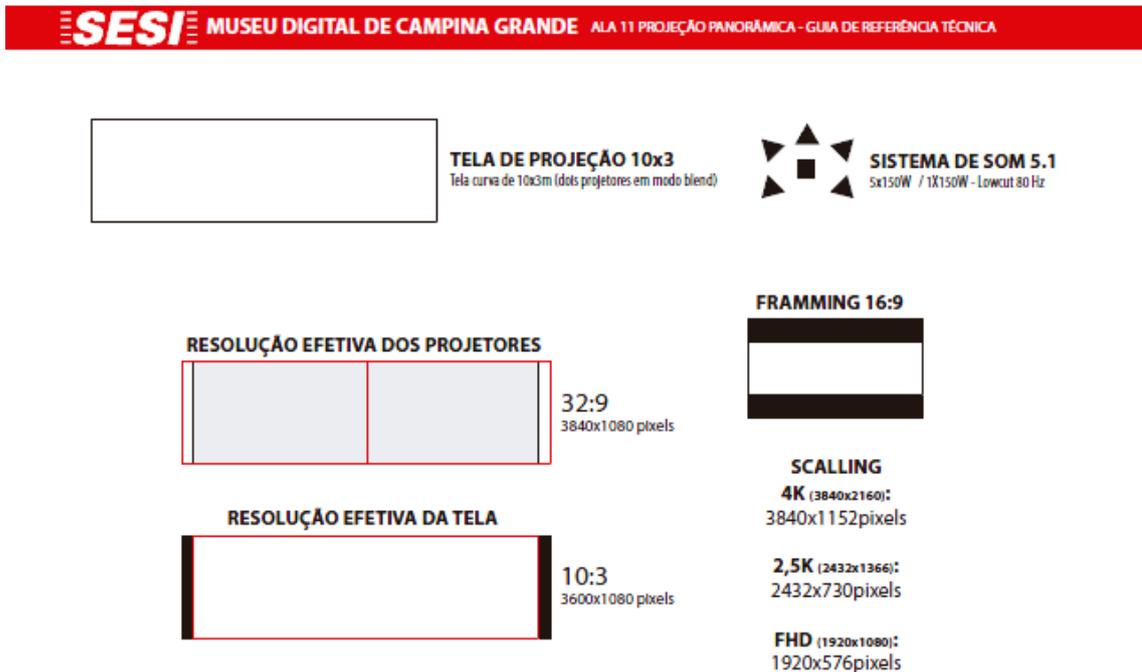
Na sala de projeção estão instalados apenas os projetores e as caixas acústicas, o restante do equipamento está situado na cabine técnica que concentra toda a central de automação do museu. Existe uma infraestrutura de cabeamento de áudio, vídeo e dados para conectar as duas salas. Na cabine, estão instalados: um computador denominado como “gerenciador gráfico” responsável por armazenar e controlar as mídias que serão exibidas na projeção, este instalado em um rack de 19 polegadas; um *receiver* e amplificador de som multicanais; e um processador de mesclagem de bordas para telas curvas (*Curved Screen Edge Blending Processor*), responsável por repartir o sinal de vídeo para os dois projetores, além de configurar a junção entre as imagens dos dois lados da projeção.

Os dois projetores utilizam iluminação em estado sólido do tipo fósforo laser, assegurando uma longa vida útil (cerca de vinte mil horas) e a homogeneidade entre as imagens ao longo do ciclo de vida do laser. Cada um possui brilho de cinco mil ANSI lumens e resolução Full HD (1920x1080 pixels)⁷². Consequentemente, a disposição em paralelo proporciona uma resolução efetiva de 3840x1080 pixels, com proporção anamórfica de 32:9. Observemos na

⁷² FONTE: Christie DHD555-GS Datasheet. Disponível em: <https://bit.ly/2Q280ll>. Acesso em: 28 nov. 2019.

Figura 42 que a resolução efetiva dos projetores se assemelha a proporção original da tela que é de 10:3.

Figura 42: Guia Técnico para o sistema de Projeção do SESI Museu Digital de Campina Grande



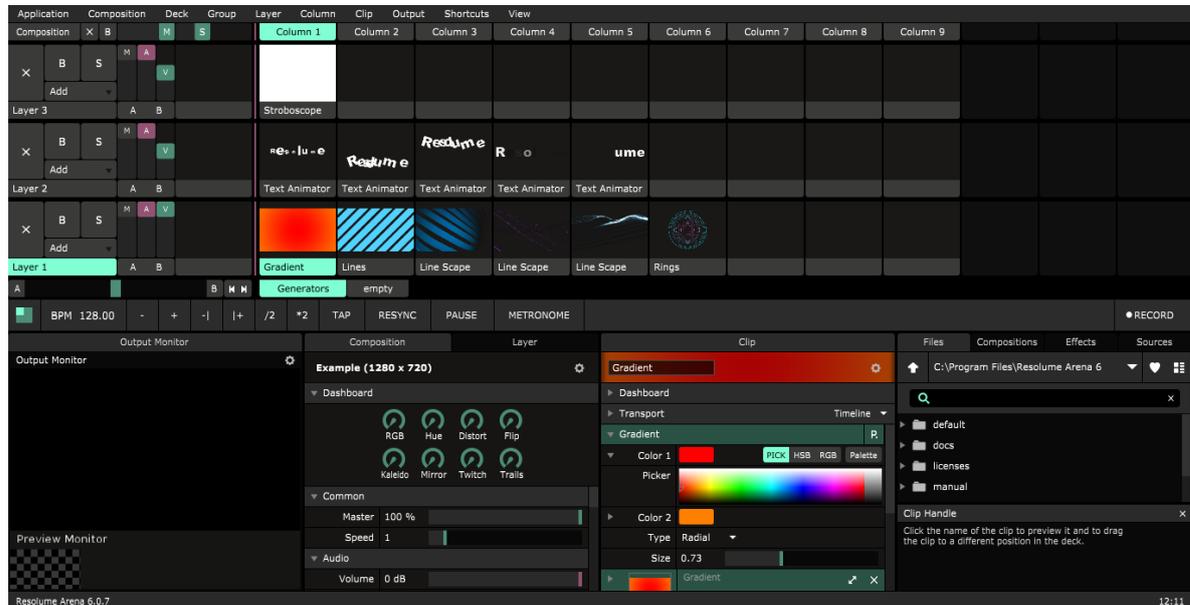
Fonte: Repositório do SESI Museu Digital de Campina Grande

Podemos verificar que na conversão da proporção 32:9 para 10:3 há uma sobra de colunas nas extremidades da imagem, esta foi utilizada na região central para auxiliar na mesclagem das duas projeções. No computador, a resolução de saída é de 3840x1080 pixels, a imagem só é repartida em dois sinais no processador de mesclagem, com duas de 1920x1080 pixels.

O *software* licenciado para gestão de mídias e controle da projeção é o Resolume Arena, ele possui compatibilidade com vários tipos de mídia de áudio e vídeo, com recursos para mixagem, sincronização, adição de filtros e efeitos em tempo real e controle intuitivo. A aplicação é bastante difundida no segmento de projeções mapeadas, por permitir não só manipulações para mapeamento tridimensional de imagens em projeções, mas também a capacidade de trabalhar com múltiplas telas, *hardwares* e *softwares* de terceiros. O Resolume tem em sua interface composta por diversos painéis: barra de menu para acesso a todas as funções do *software*; painel de gestão de mídias, subdivido por *decks* e camadas; janela de pré-visualização; painel de propriedades, que podem ser aplicadas a composição, as camadas ou aos clipes; e painel de navegação onde podem ser acessados os arquivos de mídia, efeitos,

Fontes de mídia e composições salvas. Notemos a Figura 43, que apresenta o *layout* padrão do *software*:

Figura 43: Interface gráfica do Resolume Arena



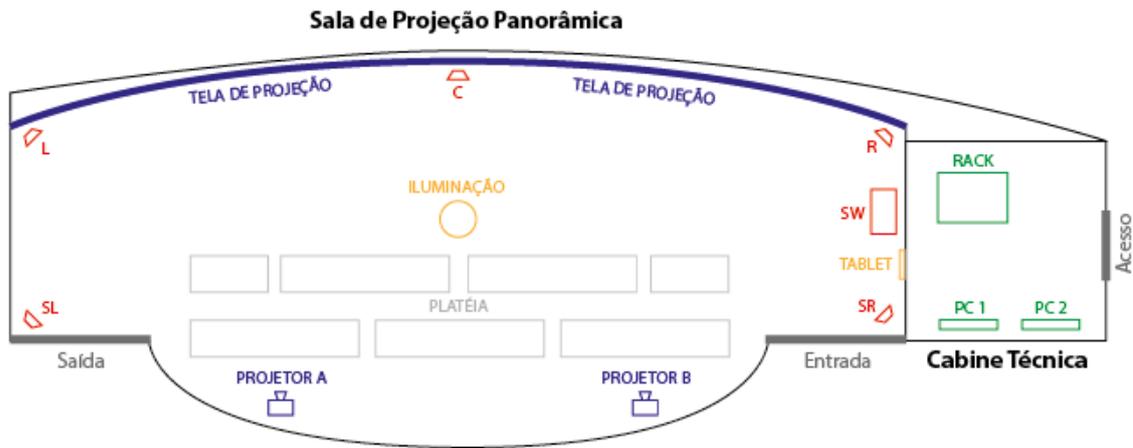
Fonte: Acervo pessoal

Uma das possibilidades de integrar os projetos do Resolume a outros sistemas é através de protocolos compatíveis com este *software*: MIDI, DMX e OSC. Conforme apresentado no tópico 1.4 desta pesquisa, o OSC se apresenta como uma alternativa versátil para o nosso experimento, por ser baseado em rede, tendo em vista que a sua aplicação pode ser interoperável, abarcando a flexibilidade de transitar informações entre um computador e um smartphone via rede e preciso em relação a variação dos parâmetros que iremos manipular no Resolume. Portanto, direcionaremos nossas atenções para o uso do OSC no desenvolvimento da arquitetura para a implementação dos recursos de interatividade no sistema de projeção panorâmica, vislumbrando o uso de dispositivos móveis para a interação, verificando as possibilidades e limitações desse uso em conjunto ao *software* Resolume Arena.

b) Arquitetura

Inicialmente analisaremos as instalações já existentes no museu, sob o ponto de vista da Sala de Projeção Panorâmica e Cabine Técnica. Observando a diagramação da sala através do desenho da sua planta baixa (Figura 44, a seguir), podemos verificar a existência de diferentes infraestruturas: i) sistema de projeção panorâmica, em azul; ii) sistema de sonorização espacializado, em vermelho; iii) infraestrutura de automação e controle, em amarelo; e iv) infraestrutura de informática, em verde.

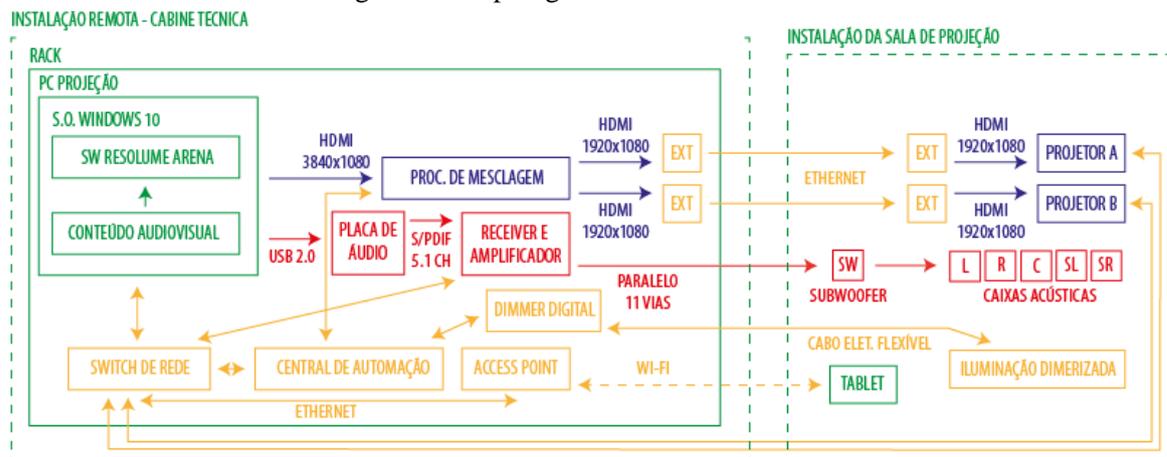
Figura 44: Diagramação da Sala de Projeção Panorâmica e Cabine Técnica



Fonte: Nossa autoria (2020)

Consideremos que este é um modelo de sistema multimídia do tipo “AVI”, ou seja, um sistema integrado de áudio, vídeo e informática. Neste caso, a parte de armazenamento e processamento de conteúdo de mídia está alocada na Cabine Técnica; a transmissão dos dados é feita a partir de cabos e conversores (exceto o controle da automação que é transmitido através de rede sem fio); e os dispositivos de reprodução e exibição que estão instalados na própria Sala de Projeção Panorâmica. Elaboramos um mapa topológico (Figura 45) que exemplifica o fluxo das informações desse sistema:

Figura 45: Topologia do sistema multimídia



Fonte: Nossa autoria (2020)

A partir do diagrama acima, podemos observar o fluxo de informações derivadas da sala de projeção, a exemplo do conteúdo audiovisual inserido no “PC1” que fica situado na cabine técnica. Verifica-se que o *software* Resolume Arena envia o sinal com resolução 3840x1080 para o processador de mesclagem que “fatia” esse sinal em duas colunas com resolução 1920x1080, a transmissão segue via cabo HDMI até os dois extensores de sinal (transmissores)

que convertem os dados para dois cabos de rede UTP até a outra ponta (receptores) onde acontece nova conversão para os cabos HDMI que estão conectados aos projetores.

Quanto ao fluxo de áudio, o sinal sai da placa de áudio externa ao computador através de um cabo ótico S/PDIF (digital) até o *receiver* que também funciona como amplificador de potência, de lá o sinal já é convertido para analógico e transmitido através de um cabo proprietário com 11 vias até o *subwoofer* que é onde acontece a redistribuição do sinal para cada uma das caixas acústicas, compondo um sistema de som *surround* com 5.1 canais.

A alimentação elétrica de toda a infraestrutura técnica do museu é independente das instalações elétricas prediais, ou seja, todos os equipamentos são alimentados por um *nobreak* instalado na cabine técnica.

A sala de projeção está integrada ao sistema de automação do museu, através de uma central instalada no *rack* da cabine técnica. Esse sistema é compatível com diversos protocolos de rede, serial (RS-232) e infravermelho. No museu, a operação do sistema ocorre através de *tablets* com *software* pré-configurado para o acionamento e monitoramento setorizado de cada uma das alas. Existe um *tablet* exclusivo para controle da sala de projeção. Além de ligar e desligar os equipamentos, nele é possível fazer o acionamento da mídia em conjunto ao controle de intensidade da iluminação do ambiente. Para tal função foi necessário acoplar um *dimmer* a central de automação, interligado a rede elétrica da iluminação e uma integração com o *software* Resolume, responsável pelo gerenciamento das mídias da sala de projeção.

A partir da visualização do mapa topológico do sistema (Figura 45) e das descrições acima, verificamos que para essa infraestrutura é possível implementar recursos de interatividade através de *hardware* e/ou *software*, como por exemplo: instalação de diversos tipos de dispositivos e sensores para captar manipulações produzidas pelo público, ou a implementação via protocolos de comunicação como o OSC (que utilizaremos neste trabalho) e que permitem a manipulação das projeções a partir de dispositivos móveis conectados a infraestrutura de rede do sistema.

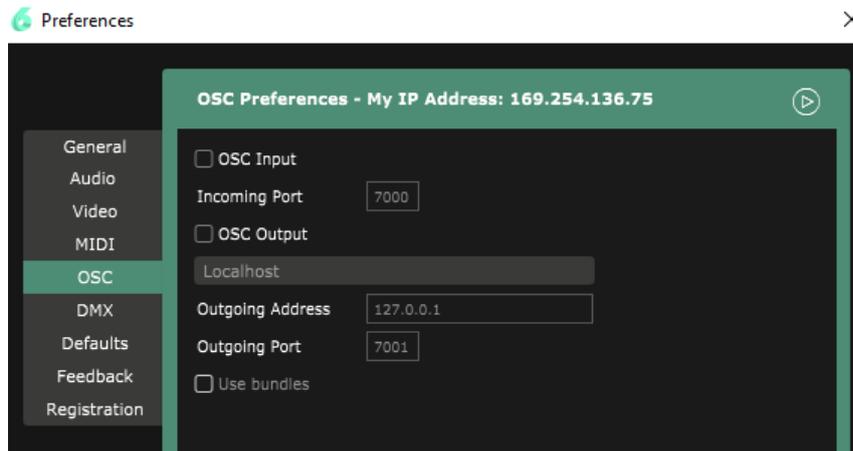
Implementação dos recursos de interatividade

A escolha da utilização do protocolo OSC para a implementação dos recursos interativos, com características previamente elencadas no tópico 1.4 desta pesquisa, se deu por possibilitar: a realização de um experimento sem a necessidade de modificar a infraestrutura de *hardware* do sistema (que está em pleno funcionamento no museu), a utilização de dispositivos

móveis e rede local para permitir a manipulação das mídias na sala de projeção panorâmica e baixo custo financeiro.

O *software* Resolume Arena dispõe nativamente de integração com o protocolo OSC. É necessário que se configure inicialmente os endereços e portas de entrada e saída com o outro dispositivo a partir de estrutura de rede IP, conforme a Figura 46:

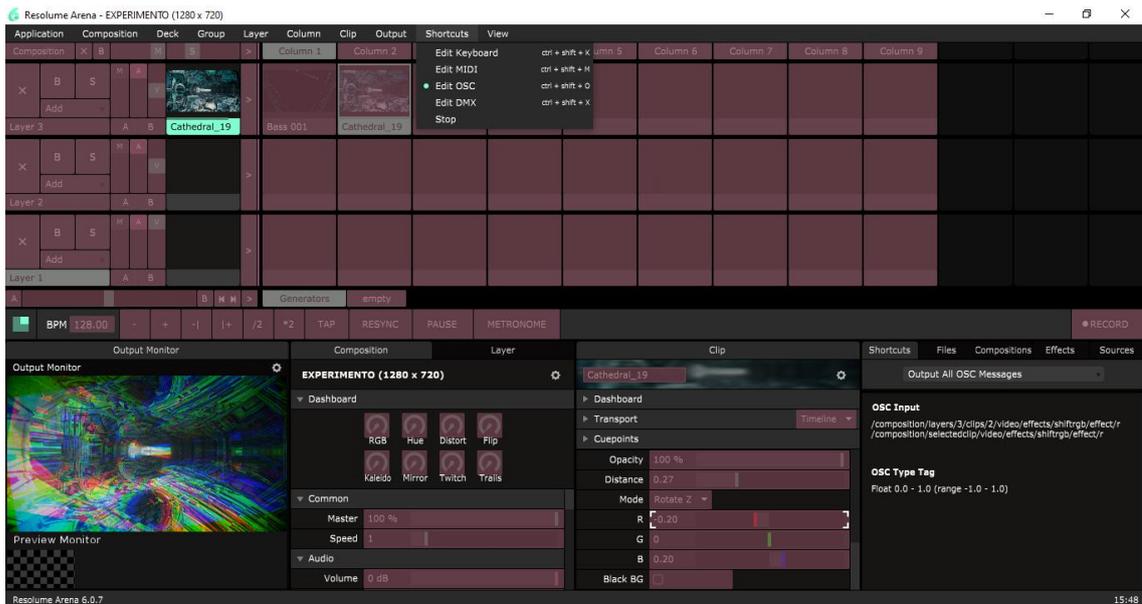
Figura 46: Configuração do OSC



Fonte: Captura de tela do Resolume Arena

Além da configuração da comunicação do protocolo, o Resolume permite fazer um mapeamento de todos os seus manipuladores e do banco de mídias através da opção “Edit OSC” (Figura 47). Ao selecioná-la, o mapeamento torna-se disponível em cada um dos itens (sombreados na cor roxa), no canto inferior direito da interface. Em “Shortcuts” aparecerá o endereço referente ao manipulador selecionado, além do tipo de manipulação que poderá ocorrer (Figura 48).

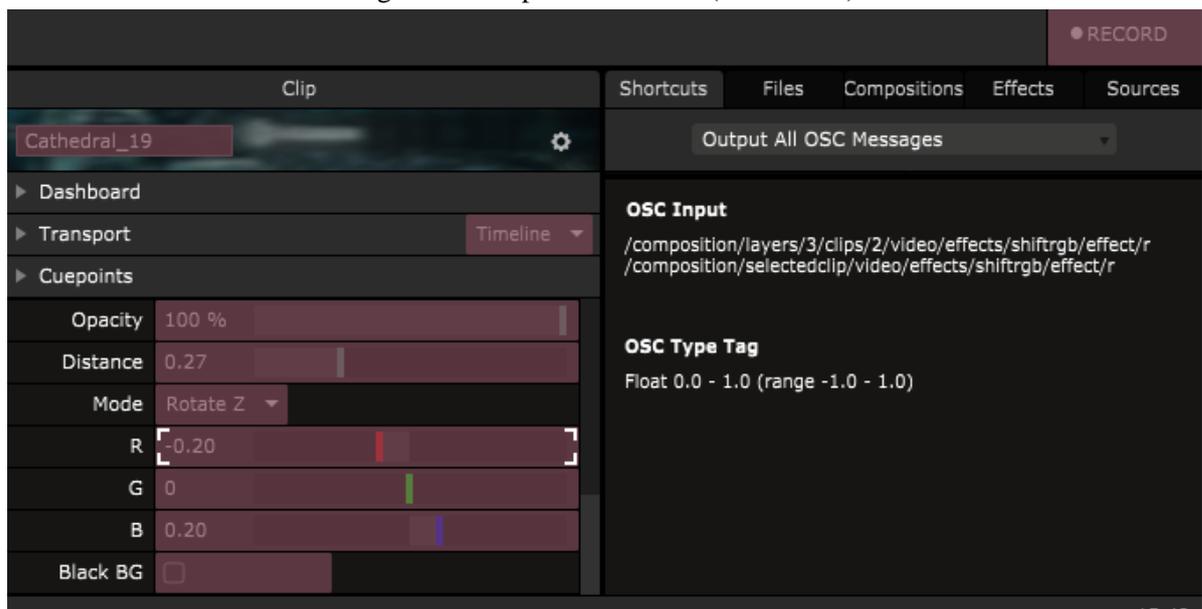
Figura 47: Mapeamento OSC



Fonte: Captura de tela do Resolume Arena

Podemos observar, neste exemplo, que a mídia “Cathedral_19” está selecionada na segunda coluna da “Layer 01” (Figura 47), e que em seus manipuladores, está selecionado o canal “R” (vermelho), o que resultaria na alteração de cor na imagem projetada (Figura 48).

Figura 48: Mapeamento OSC (em detalhe)

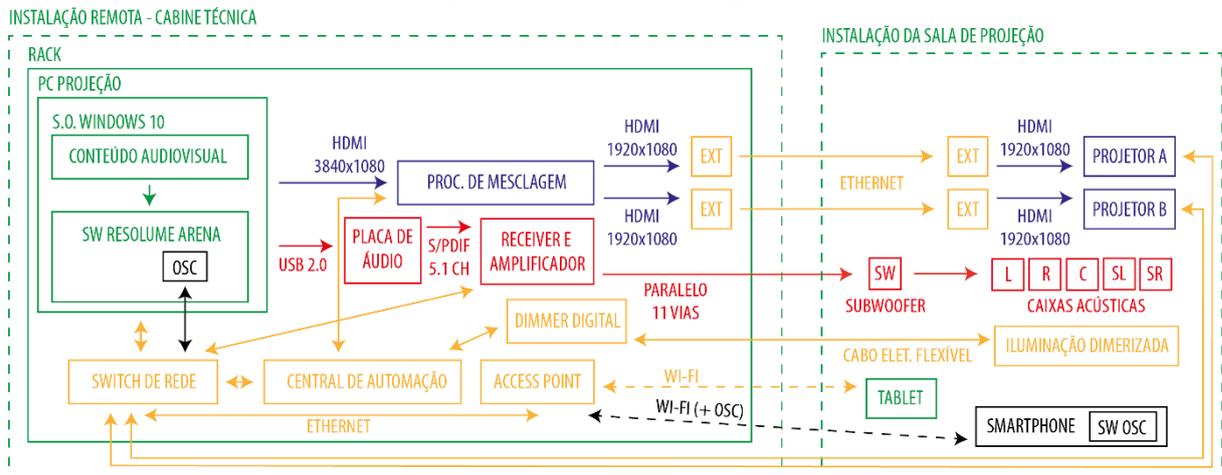


Fonte: Captura de tela do Resolume Arena

Todos esses endereçamentos devem ser inseridos no *software* instalado na outra ponta, neste caso será em um *smartphone*. Dessa maneira, o interator poderá manipular os valores remotamente e interagir em tempo real com a projeção. A partir do modelo de arquitetura do

sistema descrito anteriormente, podemos definir uma nova topologia com a implementação do protocolo OSC (definida pela cor preta), vejamos a Figura 49:

Figura 49: Topologia do sistema + Implementação OSC



Fonte: Nossa autoria (2020)

O mapa da topologia do sistema (Figura 49) nos permite uma maior compreensão da nossa proposta de implementação dos recursos interativos através do uso do OSC (itens em preto). Comparando esta diagramação com a Figura 45, apresentada anteriormente, podemos perceber que a proposta de implementação que estamos sugerindo não altera as condições de funcionamento do sistema de projeção do museu, compreendida por um acoplamento de *hardware* e *software* que poderá ser ativado ou desativado sem maiores interferências infraestruturais.

c) Validação

A validação desse experimento não ocorreu *in loco*. Por tratar-se de uma simulação preliminar, realizamos os testes em uma infraestrutura de *hardware* e *software* compatível com o sistema de projeção do museu, mas em menor escala. Foram utilizados: um mini projetor LED com tripé; um cubo branco de madeira; um roteador; um mouse; o *software* Resolume Arena (versão de testes) e o *Touch OSC Editor* (versão gratuita) instalados em um *notebook* com sistema operacional Windows 10; e o *software Touch OSC* (licença adquirida) instalado em um *smartphone* com sistema operacional Android.

Para realizar os testes, foi necessário configurar uma rede IP no roteador, coletando os endereços IP do *notebook* e *smartphone* e inserindo-os na configuração do protocolo OSC, além das portas 7000 e 7001 para entrada e saída de dados nos dois aparelhos. O *notebook* foi conectado diretamente ao mini projetor via cabo HDMI.

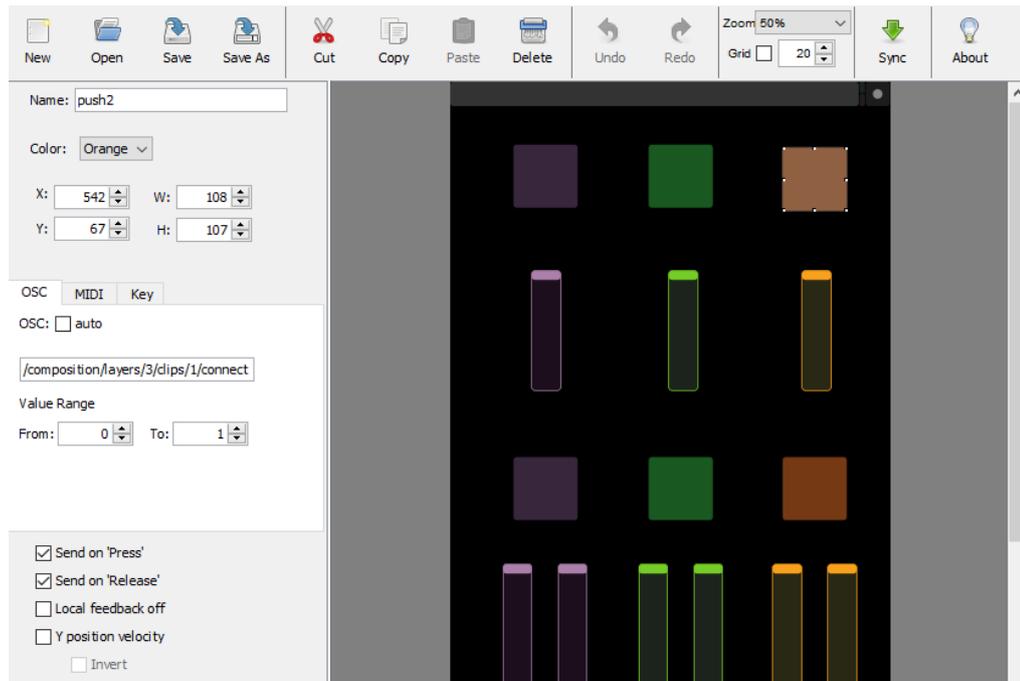
No ambiente do Resolume Arena, foi criado um mapeamento tridimensional para projeção no cubo branco, utilizando três faces. Para cada uma delas foi criada uma camada, fazendo com que as três funcionassem de forma independente. Por tratar-se de uma simulação, não produzimos um conteúdo artístico, vislumbramos apenas o contraste promovido pelas cores e mapeadas na geometria do cubo, adicionamos num segundo momento uma animação com caracteres usando predefinições disponíveis no *software* Resolume Arena para observar a projeção dinâmica com o movimento das letras. O conteúdo visual não foi artístico, nelas foram inseridas apenas animações, cores e caracteres, vejamos o resultado deste teste na Figura 50 (a seguir). Observemos que, a imagem do lado esquerdo apresenta a projeção estática no cubo, utilizando o mini projetor; e do lado direito pode-se imaginar a projeção dinâmica com a animação dos caracteres e a interação com a interface gráfica produzida no *Touch OSC* a partir da tela de um *smartphone*.

Figura 50: Experimento com projeção interativa



Fonte: Nossa autoria (2020)

Para produzir as manipulações, realizamos um mapeamento de alguns parâmetros dos conteúdos: mudança de cor, transparência e escala. Os endereçamentos de cada mapeamento OSC foram capturados e inseridos no *software Touch OSC Editor*. Foram criados os layouts para manipulação no *smartphone*, conforme a Figura 51 (a seguir). Uma vez concluído o layout, foi realizado o *upload* a partir do *software* Editor para o *software* instalado no *smartphone* Android.

Figura 51: Edição dos layouts no *Touch OSC Editor*

Fonte: Nossa autoria (2020)

Identificamos que o *software Touch OSC* permite manipular os parâmetros do protocolo utilizando os sensores acelerômetro e giroscópio do dispositivo móvel, as informações numéricas do posicionamento tridimensional do aparelho podem ser convertidas para os manipuladores.

Quanto a capacidade de manipulação das projeções utilizando o protocolo OSC, verificamos que seu uso permite inúmeras possibilidades: é possível alternar entre as mídias, manipular parâmetros, manipular efeitos etc. Entretanto, todas essas manipulações restringem-se ao que foi pré-configurado na edição do *layout* da aplicação. Verificamos que o *Touch OSC Editor* possui limitações na criação dos *layouts* permitindo utilizar apenas o seu banco de manipuladores, modificando apenas o tamanho e a cor. Não é possível criar uma interface gráfica independente. Ou seja, para obter-se mais liberdade quanto ao *layout* e as formas de interação torna-se necessário desenvolvimento de um *software* autoral.

Após este levantamento técnico-operacional realizado nessa etapa preliminar, pudemos ponderar diversas implicações relacionadas ao uso do protocolo OSC no sistema de projeção panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande. Apesar do experimento não ter sido realizado *in loco*, a coleta de dados técnicos e a criação de um mapa topológico (apresentado na Figura 49) contribuirão para o desenvolvimento do experimento final.

No próximo tópico, faremos uma análise de interface gráfica da aplicação que utilizamos para interagir com a projeção, produzida nesse experimento preliminar. A partir de

entendimentos sobre as interações humano-computacionais, fundamentaremos essa análise e, em sequência, a metodologia adotada para desenvolver o experimento final, da sua criação até a sua avaliação.

4.2. Análise do experimento preliminar

Como a nossa experimentação envolve a implementação dos recursos interativos no ambiente computacional, pautaremos inicialmente conceitos e definições metodológicas que se referem a Interação humano-computador (IHC). Compreendamos a definição de Brad Myers (1996) sobre essa área do conhecimento que estuda as interações entre as pessoas e os computadores:

A interação humano-computador (IHC) é o estudo de como as pessoas projetam, implementam e usam sistemas de computador interativos e como os computadores afetam indivíduos, organizações e sociedade. Isso abrange não apenas a facilidade de uso, mas também novas técnicas de interação para dar suporte às tarefas do usuário, fornecer melhor acesso às informações e criar formas mais poderosas de comunicação. Envolve dispositivos de entrada e saída e as técnicas de interação que os utilizam; como as informações são apresentadas e solicitadas; como as ações do computador são controladas e monitoradas; todas as formas de ajuda, documentação e treinamento; as ferramentas usadas para projetar, construir, testar e avaliar interfaces de usuário; e os processos que os desenvolvedores seguem ao criar interfaces. (MYERS, *et al.*, 1996, p. 1, tradução nossa)

A pesquisa em IHC compreende um estudo que pode observar as interações que ocorrem desde a projeção de uma aplicação até a experiência de uso. Myers (1996, *et al.*, p. 4) reitera que estes estudos já eram considerados como “espetacularmente bem-sucedidos” desde os anos de 1990, quando seu artigo foi publicado, e que resultou em consideráveis melhorias nas interfaces de *softwares* computacionais, a exemplo do crescimento da *World Wide Web*. No universo das interações humano-computacionais, um dos elementos mais recorrentes chama-se “usabilidade”. Por definição, podemos entendê-la como uma atribuição de qualidade relacionada a facilidade de uso de algo (NIELSEN, 2017, p. xvi). Os estudos sobre a usabilidade têm o intuito de observar e compreender o uso de um determinado produto a partir de critérios como: a eficácia, a eficiência, a segurança, a utilidade, a capacidade de aprender a utilizá-lo, bem como a memorização das formas de uso (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005, p. 36).

Antes de seguirmos para o desenvolvimento da proposta para o experimento final, realizaremos uma análise heurística da interface gráfica da aplicação produzida no nosso experimento preliminar, utilizando o *software Touch OSC Editor* (rever Figura 51). Para tal análise, utilizaremos a plataforma *MATcH Checklist*, desenvolvida pelo Grupo de Qualidade de

Software – GQS, pertencente ao Instituto Nacional para Convergência Digital – INCOD da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Esta plataforma permite a aferição da usabilidade de aplicações *touchscreen* para *smartphones*, a sua concepção baseou-se em dez heurísticas propostas por Jakob Nielsen (1994): visibilidade do *status* do sistema; correspondência entre o sistema e o mundo real; controle e liberdade do usuário; consistência e padrões; reconhecimento em vez de lembrança; flexibilidade e eficiência de uso; estética e design minimalista; pouca interação homem/dispositivo; interação física e ergonomia; e legibilidade e layout.

Esse tipo de análise ocorre mediante o preenchimento de um formulário do tipo *Checklist* que contém 48 indagações a serem respondidas de três formas: i) sim, ii) não e iii) não se aplica. Após preenchermos o formulário atentando rigorosamente as questões indagadas, verificamos que o resultado conferiu 35.9 pontos⁷³ a interface gráfica da aplicação utilizada em nosso experimento preliminar, atentemos ao ranqueamento *Score* (Quadro 2), apresentado ao final da avaliação.

Quadro 2: Classificação da Usabilidade por *Score*

Score	Características
Até 30	Usabilidade muito baixa: Somente iniciam as tarefas ao comando do usuário, evidenciam a necessidade de inserção de dados, possuem botões e links com área clicável do tamanho dos mesmos, evitam abreviaturas, além disso, são consistentes, utilizam o mesmo idioma em seus textos, apresentam os links de forma consistente entre as telas e funções semelhantes de forma similar.
31 – 40	Usabilidade baixa: Além de possuir as características do nível anterior, fornecem um update do status para operações mais lentas por meio de mensagens claras e concisas, mantêm o mesmo título para telas com o mesmo tipo de conteúdo, utilizam títulos de telas que descrevem adequadamente seu conteúdo, exibem apenas informações relacionadas a tarefa que está sendo realizada, apresentam ícones e informações textuais de forma padronizada com contraste suficiente em relação ao plano de fundo, e imagens com cor e detalhamento favoráveis a leitura em uma tela pequena, possuem navegação consistente entre suas telas, permitem retornar a tela anterior a qualquer momento, mantêm controles que realizam a mesma função em posições semelhantes na tela, permitem que as funções mais utilizadas sejam facilmente acessadas e possuem botões com tamanho adequado ao clique.
41 – 50	Usabilidade razoável: Além de possuir as características dos níveis anteriores, dispõem as informações em uma ordem lógica e natural, apresentam as mensagens mais importantes na posição padrão dos aplicativos para a plataforma, oferecem uma navegação intuitiva e um menu esteticamente simples e claro, contêm títulos e rótulos curtos, possuem fontes, espaçamento entrelinhas e alinhamento que favorecem a leitura, realçam conteúdos mais importantes, possuem tarefas simples de serem executadas que deixam claro qual seu próximo passo, oferecem feedback imediato e adequado sobre seu status a cada ação do usuário, evidenciam que controles e botões são clicáveis, distinguem claramente os componentes interativos selecionados, utilizam objetos (ícones) ao invés de

⁷³ Uma cópia deste resultado será disponibilizada no ANEXO II desta pesquisa.

	botões, com significados compreensíveis e intuitivos e não apresentam problemas durante a interação (trava, botões que não funcionam no primeiro clique, etc).
51 – 60	Usabilidade alta: Além de possuir as características dos níveis anteriores, exibem pequenas quantidades de informação em cada tela, mantêm acessíveis menus e funções comuns do aplicativo em todas as telas, evidenciam o número de passos necessários para a realização de uma tarefa, permitem que o usuário cancele uma ação em progresso, possuem navegação de acordo com os padrões da plataforma a que se destinam e possibilitam fácil acesso de mais de um usuário no caso de aplicativos associados a cadastro de login.
Acima de 60	Usabilidade muito alta: Tem ainda maior probabilidade, que os níveis anteriores, de possuir todas as características descritas acima, possuindo um alto nível de usabilidade.

Fonte: Plataforma *MATcH*⁷⁴

Considerando a pontuação que obtivemos, com o uso do *software Touch OSC Editor*, contatamos um baixo grau de usabilidade (conforme o Quadro 2: Classificação da Usabilidade por *Score*). Ressaltamos que a interface para a criação de *layouts* desse *software* é voltada para simular superfícies de controle destinadas a aplicações musicais⁷⁵, motivo pelo qual não se adaptou adequadamente as necessidades interativas da nossa experimentação. Preece *et al.* (2005, p. 230) consideram que a análise heurística é um valioso método para se obter uma avaliação formativa, em outras palavras, o método heurístico é competente para aprimorar a interação de uma interface gráfica em estágio inicial de desenvolvimento.

Tomando como ponto de partida o desenvolvimento do experimento preliminar apresentado no tópico 4.1 e a análise que produzimos nesta subseção, desenvolveremos a seguir uma proposta para implementação do experimento final, considerando o levantamento dos equipamentos instalados para compor o pleno funcionamento da Sala de Projeção Panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande, bem como a criação do mapa topológico do sistema multimídia (visto anteriormente na Figura 49).

4.3. Proposta para o experimento final

Verificamos preliminarmente que o sistema de projeção panorâmica instalado no SESI Museu Digital de Campina Grande possui uma infraestrutura robusta, segmentada em três subdivisões: audiovisual, informática e automação. A utilização de projetores com tecnologia fósforo-laser tem assegurado a uniformidade entre as duas projeções, entretanto, em alguns momentos é possível notar a junção das duas imagens (*blending*) no centro da tela. Em algumas

⁷⁴ Disponível em: <<http://match.inf.ufsc.br:90/index.html>>. Acesso em: 07 ago. 2020. Observação: O *Score* só é apresentado após a realização do *MATcH Checklist*.

⁷⁵ Fonte: HEXLER – TouchOSC. Disponível em: <<https://hexler.net/products/touchosc>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

visitas técnicas ao local constatamos que vibrações prediais fazem com que os projetores se desalinhem, necessitando de um ajuste manual – já que o processador do *blending* não oferece calibração automatizada. Na Figura 52 podemos conferir uma captura do vídeo promocional do museu que mostra a sala de projeção.

Figura 52: Sala de Projeção Panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande



Fonte: Youtube - SESI Museu Digital de Campina Grande⁷⁶

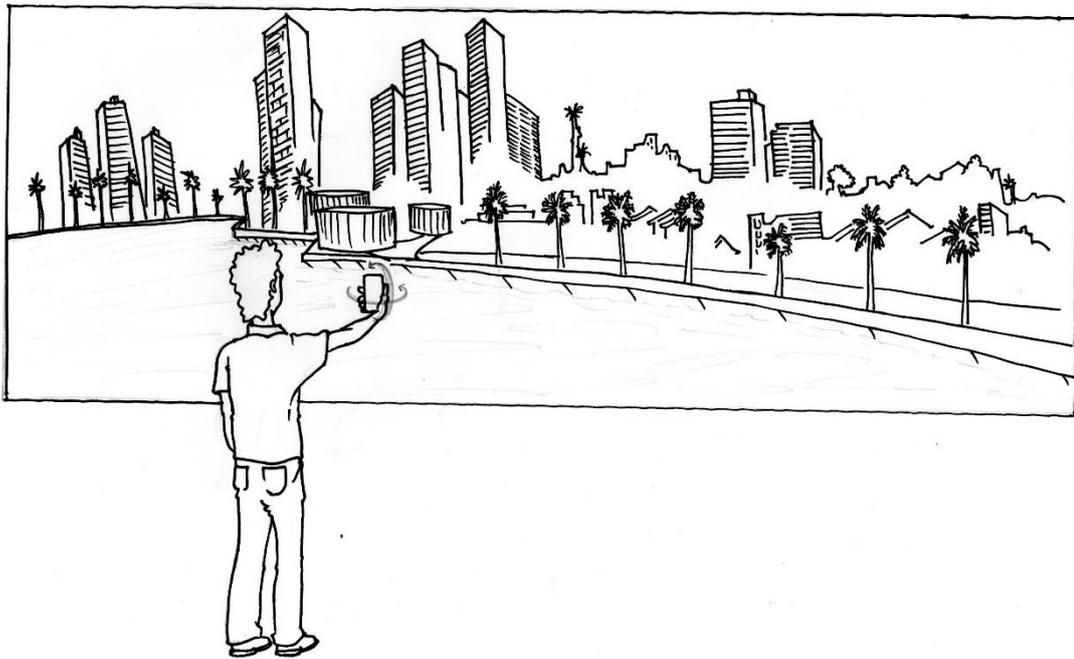
Observando a imagem, podemos constatar que a imagem não preenche a área total da tela, como já havíamos mencionado no item “a) Infraestrutura técnica” da seção anterior, mas a tela mantém a proporção 10:3 que oferece uma ampla visualização horizontal (efeito panorâmico). Os bancos em madeira são leves e removíveis, caso haja necessidade. O *software* Resolume, que já é bastante difundido para aplicações com projeções mapeadas, oferece uma vasta gama de recursos, incluindo o controle de suas operações via protocolo OSC (e os outros mencionados). Também é possível inserir imagens em tempo real, transmitidas através de protocolos de *streaming* de vídeo.

Considerando essa informação e a efervescência das transmissões audiovisuais via internet (comumente conhecidas como *lives*) - que acabaram assumindo um protagonismo em frente a grande mídia por conta do período pandêmico que estamos vivenciando, resolvemos propor um experimento com arte digital que envolva a transmissão interativa de vídeos pela internet, denominaremos no decorrer da pesquisa de *streaming* interativo. Percebamos o

⁷⁶ Disponível em: <https://youtu.be/8-Gd-BCPEFo>. Acesso em: 03 ago. 2020.

primeiro esboço do nosso experimento na Figura 53, um desenho produzido sob nossa solicitação:

Figura 53: Esboço 01 - Interação na Sala de Projeção Panorâmica

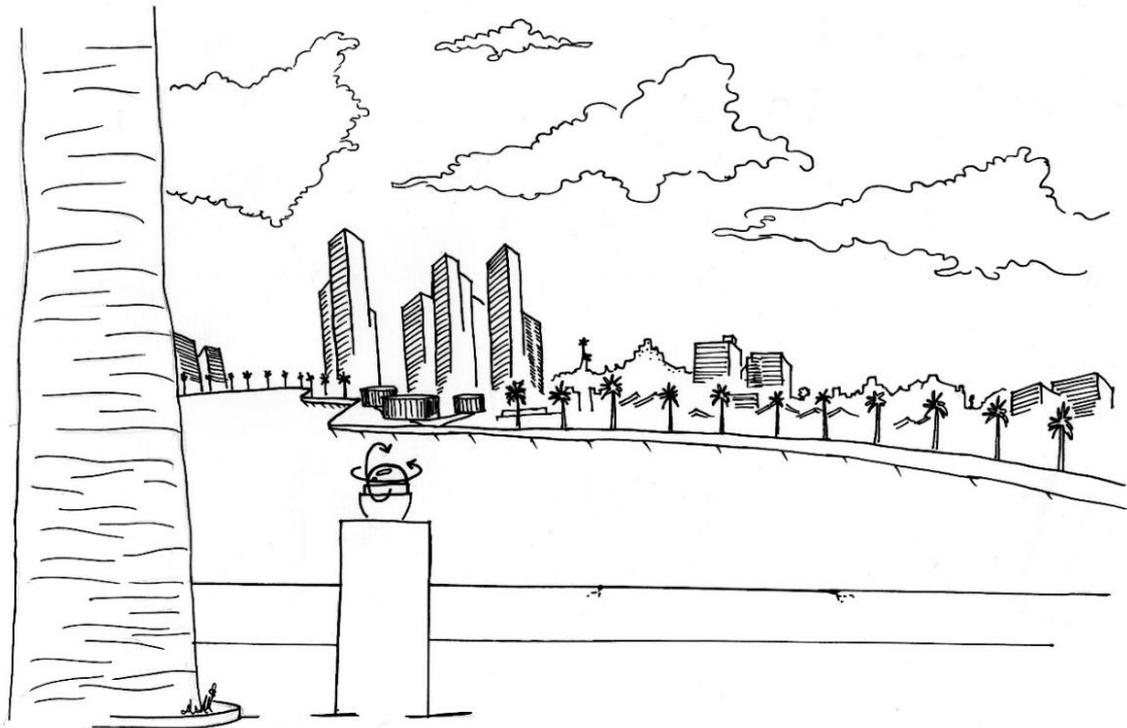


Fonte: Esboço produzido por Ludemberg Gomes (2020)

O desenho apresenta um dos cartões postais da cidade de Campina Grande (PB): o Açude Velho e próximo ao centro da imagem, o Museu de Arte Popular da Paraíba (MAPP (conhecido como Museu dos Três Pandeiros) – uma obra com projeto arquitetônico desenhado por Oscar Niemeyer⁷⁷. Esta imagem foi enquadrada em um retângulo para representar a projeção, do lado esquerdo podemos ver um indivíduo (interator) apontando um *smartphone* para a tela (com setas circulando o aparelho, que indicam possibilidade de movimento). A nossa proposta é que o participante aponte o *smartphone* para a tela de projeção panorâmica e faça movimentos como se estivesse filmando o local (remotamente). Através da transmissão de vídeo em tempo real e do controle da câmera e da projeção utilizando o protocolo OSC, ao mover o aparelho, os dados dos sensores acelerômetro e giroscópio do aparelho serão enviados a uma câmera filmadora do tipo PTZ (*PAN* – movimento no eixo horizontal, *TILT* – movimento no eixo vertical e *ZOOM* – movimento de aproximação ou distanciamento). Vejamos no segundo esboço (Figura 54) a câmera instalada em um ponto estratégico do açude.

⁷⁷ Fonte: *Website* do Museu de Arte Popular da Paraíba (MAPP). Disponível em: <<http://museu.uepb.edu.br/mapp/apresentacao/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

Figura 54: Esboço 02 - Instalação remota da Câmera PTZ sobre um totem



Fonte: Nossa autoria / Esboço produzido por Ludemberg Gomes (2020)

Nesta segunda imagem, percebemos a câmera instalada sob um pequeno totem, que estará conectada a uma rede de internet banda larga de alta performance (possivelmente através de um *notebook*). A instalação propõe a telepresença interativa do indivíduo, ao mesmo tempo que será imersiva pois ele estará diante de uma tela panorâmica a curta distância, onde a imagem deverá encobrir boa parte do seu campo visual. Questões como latência e perda de pacotes poderão afetar a interatividade e a imersão, este quesito será monitorado. A seleção do Açude Velho é meramente ilustrativa, já que o próprio museu digital é situado as margens desse açude. Entretanto, para não destoar da narrativa proposta pelo museu, a nossa proposta inicial seria a escolha de um local representativo para a história da cidade, talvez sob um ponto de vista inusitado ou de difícil acesso para um “cidadão comum”.

Em decorrência das dificuldades impostas pelo agravamento da pandemia da Covid-19 no ano de 2021, tornou-se impraticável a realização do experimento proposto em sua totalidade, seja por conta do fechamento do museu que ocorreu em um extenso período deste ano, como demais fatores que relataremos nas nossas considerações finais. Em meio a essas adversidades, descreveremos no próximo tópico a elaboração de uma Prova de Conceito (ou *Poc*, *Proof of*

Concept)⁷⁸, esta foi a melhor alternativa que encontrada para dar seguimento a proposta do desenvolvimento da projeção panorâmica com *streaming* interativo. Seu resultado será a apresentação de um protótipo para implementação dos recursos de interatividade que poderão ser adicionados futuramente ao sistema de projeção do museu.

⁷⁸ De acordo com o NAPRATICA.ORG (2017), Prova de Conceito ou PoC é “o nome que se dá à demonstração da possibilidade de validação de uma ideia (ou conceito), seja na área de TI ou na área de negócios. A *PoC* pode ser aplicada no Produto Viável Mínimo (*MVP*, de *Minimum Viable Product*) ou em um protótipo e, geralmente, segue um roteiro de testes.”

5. IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO FINAL: ELABORAÇÃO DA PROVA DE CONCEITO

Neste capítulo, apresentaremos uma sequência de atividades realizadas para desenvolver a Prova de Conceito, com experimentações realizadas *in loco* e diversos apontamentos descritivos do processo de criação do protótipo. Particionaremos a estrutura da *Poc* em três itens: a) desenvolvimento de uma aplicação *mobile* para implementação de interatividade através do uso do protocolo OSC em um smartphone, b) um teste de *streaming* no software Resolume Arena e c) um modelo de implementação de *streaming* interativo na Sala de Projeção Panorâmica do SESI Museu Digital de Campina Grande. Para a execução desta parte da pesquisa, contamos com a valorosa contribuição de Rubem José Vasconcelos de Medeiros⁷⁹, responsável pelo desenvolvimento da aplicação para *mobile* que exporemos e por contribuições na concepção da implementação de interatividade nesta *Poc*.

a) Aplicação *mobile* para interatividade

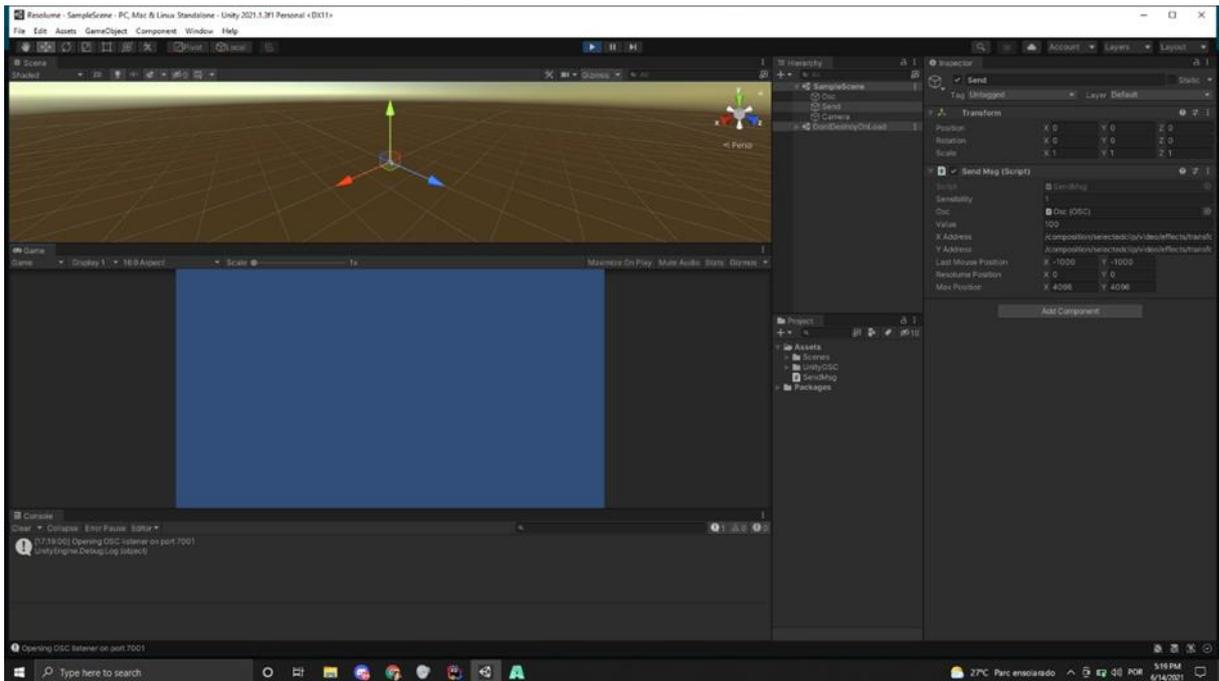
A partir da análise heurística do nosso primeiro experimento, verificamos que o uso da aplicação *Touch OSC* foi um fator limitante para a implementação de interatividade no sistema de projeção panorâmica do museu. Apesar de personalizável, tínhamos que nos ater às opções predefinidas, com pouca margem de manipulação. Compreendemos que seria necessário o desenvolvimento de uma aplicação específica para o nosso uso, a partir deste dado, definimos os pré-requisitos necessários para a nossa demanda: i) ter capacidade de trocar informações OSC com o software Resolume Arena; ii) ser desenvolvida para smartphones; iii) permitir a captação de movimento do aparelho através da extração e conversão de dados do sensor giroscópio para parâmetros de posicionamento, utilizando coordenadas x e y .

Uma vez elencados os requisitos, iniciou-se uma breve pesquisa tecnológica, na qual, definimos que seria utilizada a plataforma *Unity*⁸⁰, bastante difundida no seguimento de desenvolvimento de conteúdo interativo, por escolha do desenvolvedor, e utilizando licença gratuita. Em seguida, iniciou-se a pesquisa por uma biblioteca que pudesse inserir o OSC na plataforma, determinou-se que seria utilizada a *Unity OSC*, desenvolvida por Thomas Fredericks e disponibilizada gratuitamente no GitHub⁸¹.

⁷⁹ E-mail: rubem@narsvera.com

⁸⁰ Disponível em: <<https://unity.com/pt>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

⁸¹ **UnityOSC** - Open Sound Control (OSC) for Unity 3D. Disponível em: <<https://bit.ly/2WF1iY9>>. Acesso em: 15 mai. 2021.

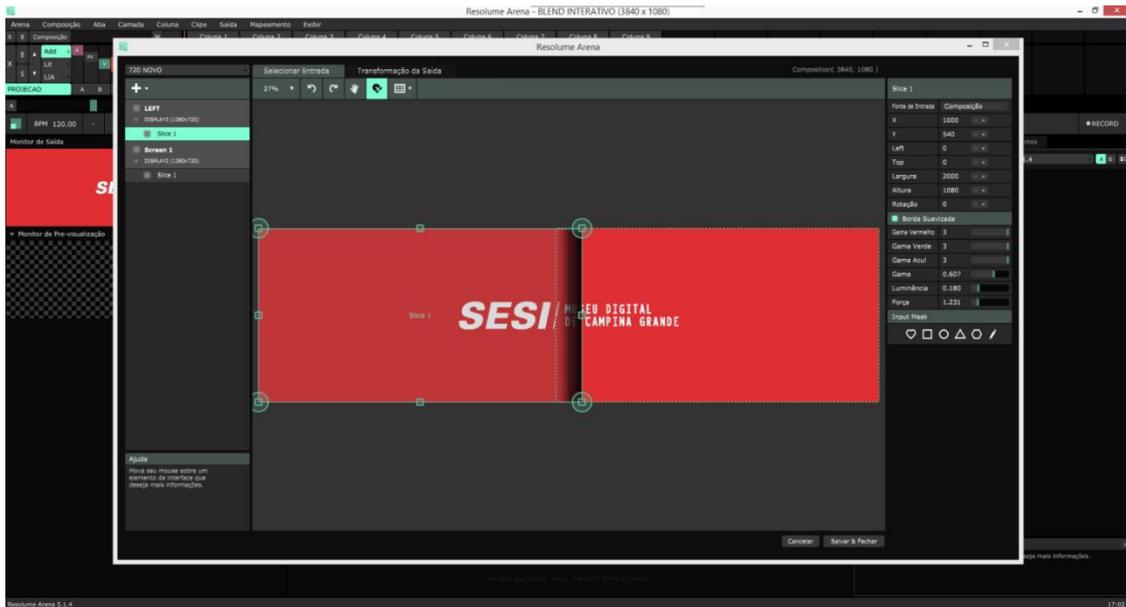
Figura 55: Interface do *Unity*

Fonte: Captura de tela da plataforma *Unity*, nossa autoria (2021)

Na Figura 55, apresentamos a interface da *Unity*, com o projeto inicial da aplicação aberto, utilizando a biblioteca *Unity OSC* (painel de configuração do OSC a direita). Para complementar o levantamento tecnológico, foi apresentado ao desenvolvedor o sistema de projeção panorâmica do museu (*in-loco*) e, posteriormente, selecionamos um smartphone *Samsung Galaxy S10+* como referência para a aplicação, por possuir sensor giroscópio e demais atributos necessários para a aplicação.

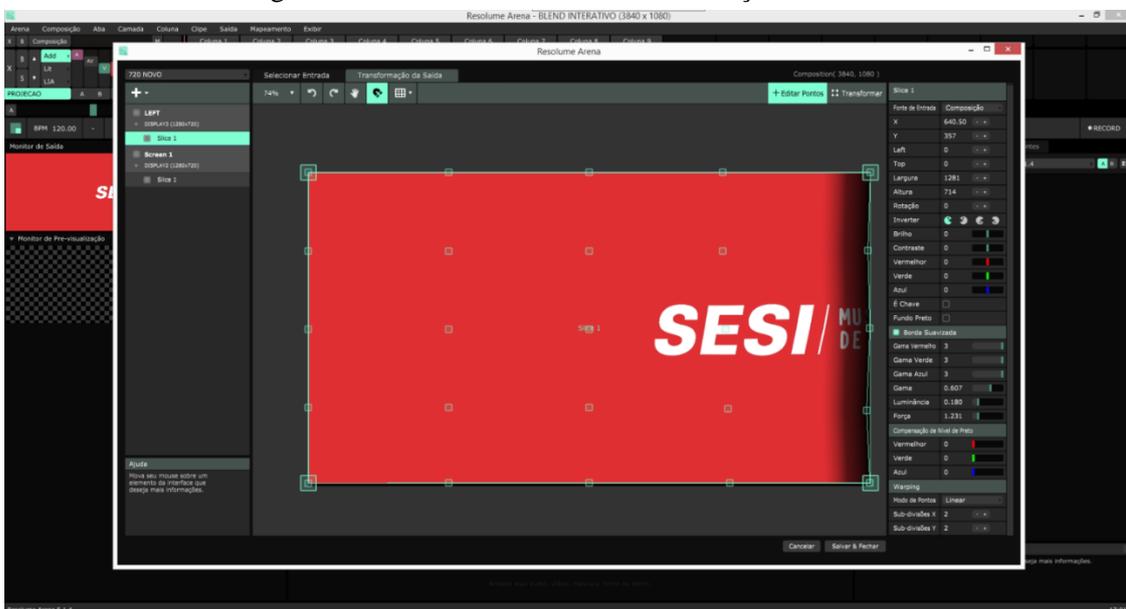
Antes de realizarmos o primeiro teste da aplicação no museu, foi necessária uma reprogramação visual da sala de projeção porque o processador de mesclagem do sistema da sala de projeção (apresentado na Figura 45) parou de funcionar. Após uma série de testes junto ao fabricante do equipamento (*Avenview*), verificou-se que seria necessária uma manutenção corretiva na sede da empresa que fica nos Estados Unidos. Foi então, que sugerimos ao SESI a mesclagem da imagem dos dois projetores via software, porque o *Resolume Arena* é destinado a projeções mapeadas e possui recursos para este tipo de situação (*blend*). Vejamos nas Figuras 56 e 57 o procedimento de alinhamento das duas imagens:

Figura 56: Resolume Arena – Transformação de Entrada



Fonte: Captura de tela do *software* Resolume Arena (2021)

Figura 57: Resolume Arena – Transformação de Saída



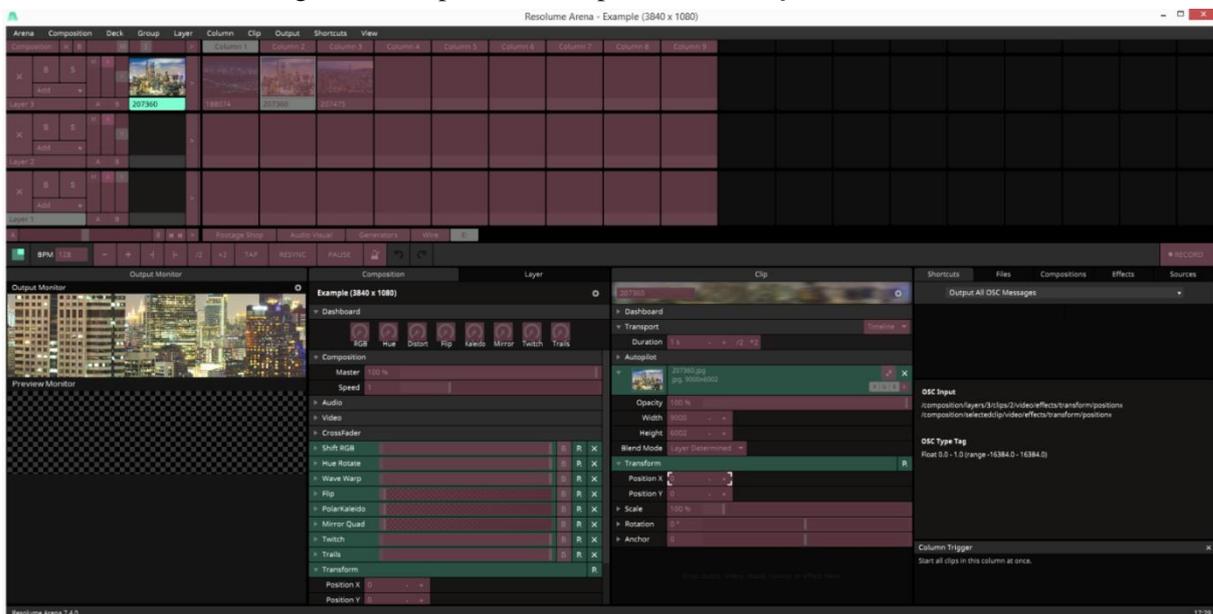
Fonte: Captura de tela do *software* Resolume Arena (2021)

A Figura 56 apresenta os dois sinais de entrada, o retângulo da esquerda, que está selecionado, representa a imagem que exibida no Projetor 1 e o retângulo da direita mostra a tela do Projetor 2. Consideremos que há uma área de interseção entre as imagens dos dois projetores e, que na imagem da esquerda há uma transição para o preto na área dessa junção, é necessário que este tratamento ocorra nos dois sinais para que, quando sobrepostas, as projeções não produzam mais brilho do que o restante da imagem, mantendo a homogeneidade do brilho na interseção.

Na Figura 57, verifica-se que há uma matriz de pontos (25) na aba “Transformação de Saída”, estes pontos devem se alinhar como uma malha na junção entre as telas a partir de uma calibração realizada dentro da sala de projeção, esta operação é necessária para que haja um encaixe perfeito entre os dois lados da imagem panorâmica, e para correções em relação a curvatura da tela e suas imperfeições, a tela é a própria parede com tratamento para projeção na cor branca e com estrutura em gesso.

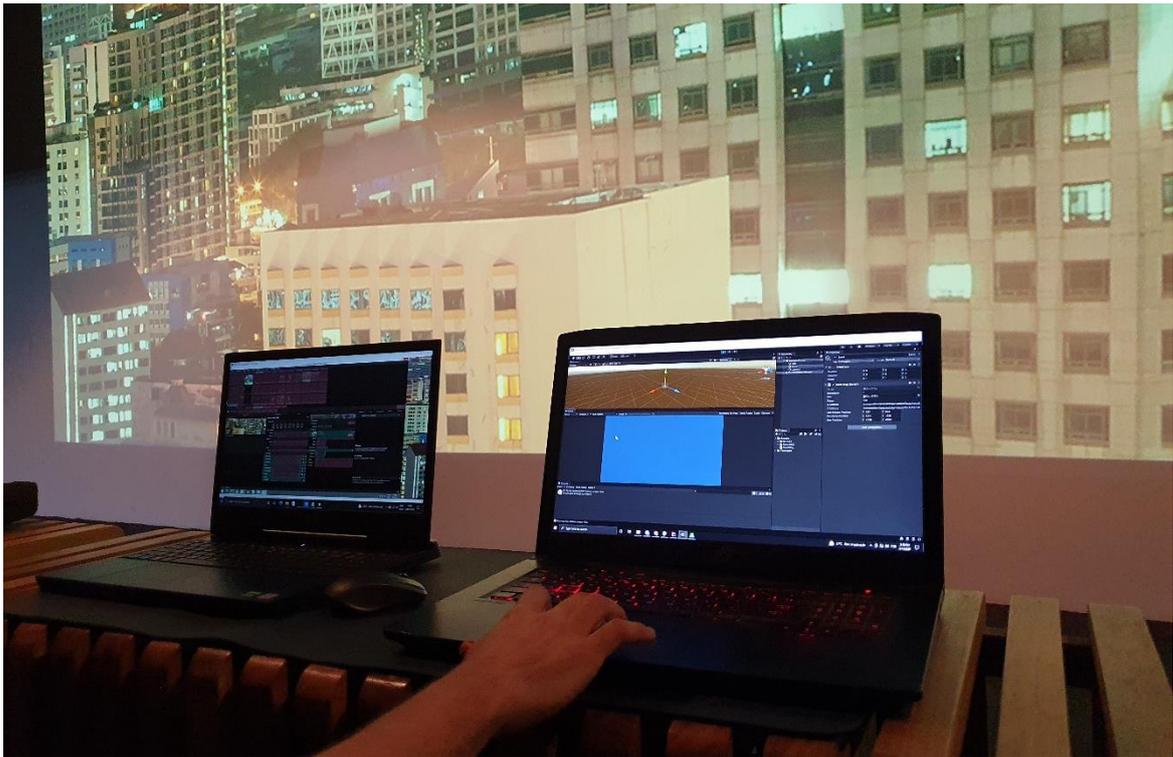
Com o funcionamento da projeção operacional novamente, partimos para um primeiro teste usando o *software* que estava em desenvolvimento na plataforma *Unity*. Iniciamos com uma configuração de endereço IP e porta de comunicação entre a aplicação e o Resolume, posteriormente capturamos os parâmetros OSC para alterar a posição x e y do vídeo em exibição, vejamos os parâmetros: `“/composition/video/effects/transform/positionx”` e `“/composition/video/effects/transform/positiony”` (Figura 58), esta opção é disponibilizada via mapeamento do OSC do Resolume Arena.

Figura 58: Mapeamento do parâmetro *transform* em OSC



Fonte: Captura de tela do *software* Resolume Arena (2021)

O teste foi realizado na sala de projeção, utilizando dois notebooks: um para acessar remotamente (via VNC) a área de trabalho do computador responsável pelo controle da projeção e outro com uma instalação local do *Unity* devidamente configurado na rede *wi-fi* da automação do museu para conseguir trafegar as mensagens OSC. Observemos na Figura 59 que nesse teste utilizamos apenas o cursor do computador para alterar os parâmetros *transform*:

Figura 59: Primeiro teste com o *Unity*

Fonte: Nossa autoria (2021)

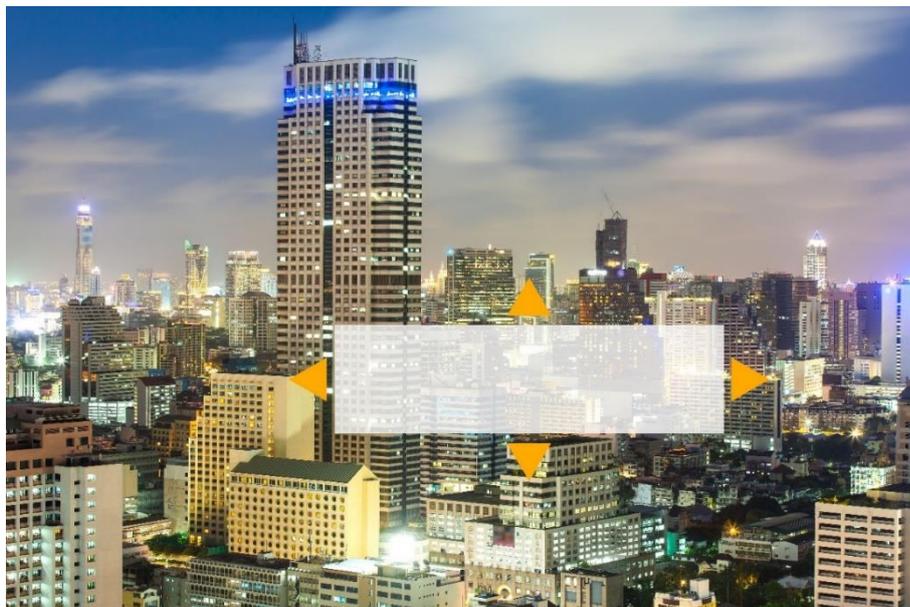
Este teste inicial serviu para verificar a configuração da conexão com o Resolume, o comportamento do uso do *Unity* e da biblioteca *Unity OSC* junto a projeção. Notamos que a versão 5.2 do Resolume instalada no sistema de projeção e licenciada pelo museu apresentou falha na comunicação OSC (talvez por algum problema na sua instalação ou restrição de firewall que não conseguimos remover), após várias tentativas sem sucesso, resolvemos instalar a versão mais recente (7.3) em modo de teste e a conexão foi bem sucedida, não nos preocupamos em corrigir o erro porque, como se tratava de uma simulação, não haveria problema de aparecer a marca de propaganda do Resolume na tela em curtos intervalos de tempo, já que era uma versão gratuita para testes.

Em relação ao conteúdo projetado, fizemos o download gratuito de três *wallpapers* com amplas vistas urbanas para representar uma das ideias que tivemos, que seria posicionar a câmera PTZ em um ângulo inusitado que pudesse oferecer uma vista diferenciada da cidade de Campina Grande. Escolhemos fotografias em altíssima definição (Figura 60), com resoluções de: i) 7680x4320 pixels; ii) 9000x6002 pixels; e iii) 7680x4320 pixels. A necessidade de buscar por imagens com grande tamanho se deu porque a pretensão era de navegar nelas a partir da manipulação dos valores da posição x e y em uma tela com proporção 10:3 e resolução nativa de 3840x1080 pixels (rever a Figura 42).

Figura 60: *Wallpapers* i, ii e iii

Fonte: wallpaperaccess.com⁸²

Vejamos a seguir (Figura 61) uma representação de como ocorreu a navegação na imagem, preservando as dimensões e proporções da tela de projeção panorâmica (rever Figura 42) aplicada ao *wallpaper* ii – para que não houvesse perda de qualidade na imagem, simulando o que poderia ser um movimento da câmera PTZ. Ressaltamos que, em resolução 4K (3840x2160 pixels), a imagem da câmera PTZ poderia cobrir toda a área nativa da tela de projeção panorâmica, não ocasionando perdas em relação a resolução da imagem, entretanto, poderiam existir perdas em relação a qualidade da transmissão do sinal via internet. Uma alternativa possível, porém, não explorada na experimentação, seria utilizar o movimento de pinçar os dedos para aumentar ou diminuir a escala da imagem, assim como poderia controlar o *zoom* da câmera. Entendemos que para a *Poc*, a navegação em coordenadas x e y já é suficiente para validar o funcionamento da implementação.

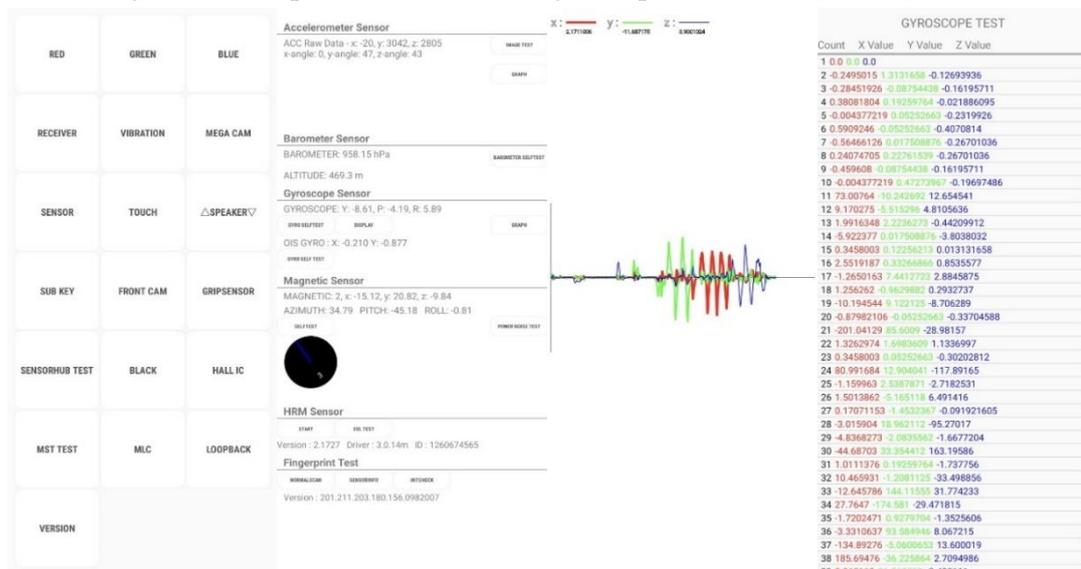
Figura 61: Representação da navegação na imagem (*wallpaper* ii)

Fonte: Nossa autoria (2021)

⁸² Disponível em: <<https://bit.ly/3idUbym>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Após a realização do primeiro teste ocorrer com sucesso, agendamos uma segunda data para implementar a aplicação desenvolvida no *Unity* no *smartphone* e dessa vez utilizar o giroscópio como ferramenta para interação. Com o aparelho em mãos, executamos a ferramenta de testes do sistema inserindo o código “*#0*#” na discagem telefônica para a abrir o menu (ao lado esquerdo da Figura 62) e observamos o comportamento do sensor giroscópio ao realizar oscilações nos eixos x (*pitch*), y (*roll*) e z (*yaw*) do dispositivo móvel:

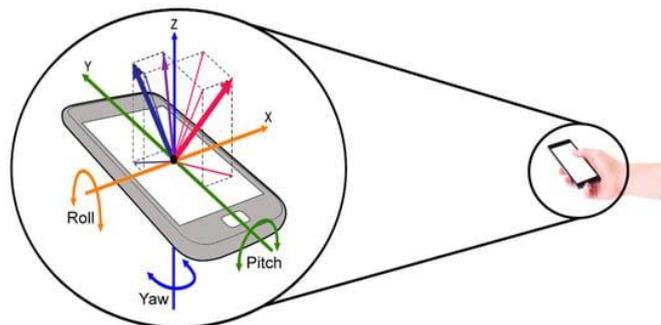
Figura 62: Comportamento do sensor giroscópio do *Samsung Galaxy S10+*



Fonte: capturas de tela do *smartphone*

A Figura 62 apresenta quatro capturas de tela, respectivamente: menu de serviço, status dos sensores, gráfico do sensor giroscópio e tabela de testes do sensor giroscópio. Produzimos oscilações de movimento em cada eixo separadamente, como podemos observar no gráfico, a linha na cor vermelha representa o eixo x , a cor verde o eixo y e a cor azul o eixo z . Vejamos na Figura 63 como funcionam estes três eixos:

Figura 63: Comportamento dos eixos x , y e z no sensor giroscópio



Fonte: mdpi.com⁸³

⁸³ Disponível em: <<https://bit.ly/3jcSDDX>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

Como pudemos observar na imagem, o eixo x estará associado ao apontamento vertical da câmera, o eixo y ao giro horizontal e o eixo z a rotação da tela. Neste experimento foram utilizadas as informações do eixo z porque não temos a intenção de rotacionar a imagem na projeção, apenas deslocar os movimentos horizontais e verticais. Retomando a Figura 62, verificamos que o sensor produz dados angulares da movimentação do aparelho, na aplicação desenvolvida no *Unity*, estas coordenadas angulares do sensor giroscópio são convertidos em números associados ao movimento de *pan* e *tilt* através de cálculo por regra de três simples. Não esmiuçaremos o código fonte do aplicativo nesta etapa descritiva. Optamos por discutir a problematização do desenvolvimento da aplicação em uma linguagem mais acessível ao público geral, entretanto, disponibilizamos no ANEXO II – Código fonte da aplicação uma versão completa do código. Com a aplicação instalada no *smartphone*, realizamos os testes junto a projeção panorâmica (Figura 64):

Figura 64: Interface de testes, com uso do sensor giroscópio / detalhe ampliado



Fonte: Nossa autoria (2021)

Inicialmente, fizemos uma captura do *range* de movimentação nas três imagens selecionadas para a projeção, pois cada uma delas possuía resolução diferente. A obtenção desse parâmetro serve para mapear os limites de navegação na fotografia projetada (rever a Figura 61). Por sugestão do desenvolvedor, houve uma incrementação na conversão dos valores obtidos pelo giroscópio: foi adicionado um atraso para simular a resposta dos motores da câmera e uma suavização (*smooth*) devido à alta sensibilidade do sensor, na prática se tornou necessário um movimento mais brusco do aparelho para deslocar a imagem, foram realizadas várias baterias com testes de calibração da movimentação da imagem projetada (a partir da

interação com o *smartphone*), até percebermos uma melhor fluidez e uma maior semelhança a um movimento natural.

Figura 65: Tela da aplicação interativa



Fonte: Nossa autoria (2021)

Apresentamos na Figura 65, a tela da aplicação interativa, desenvolvida no *Unity*, que se comunica via protocolo OSC + rede com o sistema de projeção, através do Resolume Arena. Por tratar-se de um protótipo resolvemos manter a “interface limpa”, ou seja, exibindo apenas as informações dos eixos x e y para ajudar na calibração e um botão de reset para reiniciar a captura dos valores. Seria possível adicionar botões para alternar entre as três fotografias selecionadas para o experimento através do mapeamento OSC, porém não houve tempo hábil para tal execução, uma vez que, nos concentramos na calibração do movimento.

Concluimos com êxito o desenvolvimento preliminar dessa aplicação e pudemos verificar uma boa performance do uso do OSC em se tratando de uma aplicação desenvolvida de maneira autoral, com uma manipulação flexível, interoperável e precisa. Verificamos que a união entre um *software* personalizado sob medida, a comunicação via OSC e o uso de dispositivos móveis permite inúmeras outras formas de interação, seja com uso do giroscópio ou dos diversos outros sensores disponíveis, ou até mesmo adicionar sensores externos que possam se comunicar via rede com a aplicação. Outra constatação obtida é que, mesmo se não sugeríssemos a ideia do *streaming* interativo, ao utilizar imagens prontas percebemos que apenas com o uso de um dispositivo móvel e a programação utilizando o OSC, já seria possível implementar diversas situações interativas no sistema de projeção panorâmica do museu. Vejamos a seguir um segundo experimento, relacionado ao *streaming* de vídeo.

b) Teste de *streaming*

Tivemos a oportunidade de realizar o teste de *streaming* em um evento realizado no museu, tratava-se do lançamento da candidatura de Campina Grande como cidade representante brasileira ao título de “Cidade Criativa” da Unesco, na categoria “Artes Midiáticas”. O SESI Museu Digital de Campina Grande foi escolhido para a realização da cerimônia, transmitida em formato de *live* pelo Youtube⁸⁴, uma vez que não houve participação de público no local em decorrência da pandemia da Covid-19. A realização da *live* ocorreu no hall principal do museu e, para evitar aglomerações, a Sala de Projeção Panorâmica foi utilizada para que os participantes convidados do evento assistissem a cerimônia que foi retransmitida na projeção.

Figura 66: Painel *motion* para exibição da *live*



Fonte: Nossa autoria (2021)

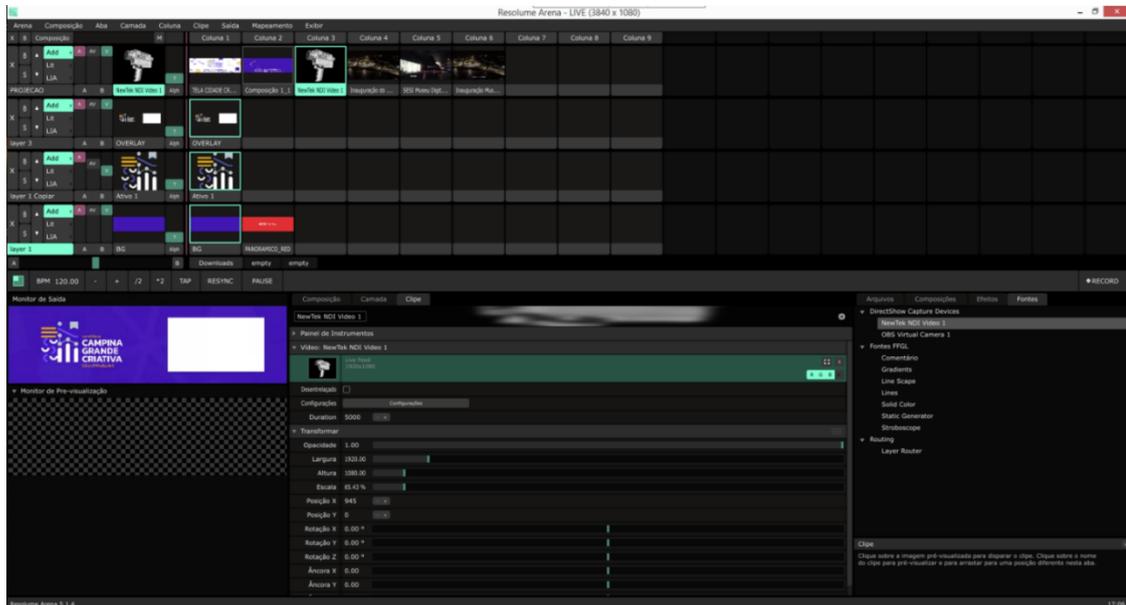
Para a montagem do painel (Figura 66), utilizamos as ferramentas disponíveis no Resolume Arena, criando animações com a identidade visual da candidatura. No lado direito do painel, criamos um *pop-up* para retransmissão da *live* a partir do canal do Youtube da Prefeitura Municipal de Campina Grande – PB. A entrada do sinal de vídeo da transmissão ocorreu com o uso do conjunto de aplicações *NDI Tools*⁸⁵, estas ferramentas são capazes de trafegar fluxos de mídia em protocolo IP. Seria possível receber o sinal de vídeo diretamente da mesa de corte para o computador responsável pelas projeções, utilizando cabeamento de vídeo e uma placa de captura, entretanto, optamos por obter o vídeo da *live* pela internet por dois motivos: para testar o *streaming* via IP e para proteger os equipamentos do rack de automação, uma vez que qualquer surto elétrico que pudesse ocorrer no equipamento da equipe

⁸⁴ Disponível em: <https://youtu.be/0NW84Ws8-z4>. Acesso em: 10 jun. 2021.

⁸⁵ *NewTek NDI Tools*. Disponível em: <<https://www.ndi.tv/tools/>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

de vídeo poderia incidir em danos no sistema do museu, então trabalhamos com duas infraestruturas independentes.

Figura 67: Projeto do painel para *streaming* no Resolume



Fonte: Nossa autoria (2021)

Observemos no bloco inferior direito da Figura 67 que o *streaming* é inserido no projeto através de uma fonte de entrada do tipo *DirectShow Capture Device*, ou seja, como uma câmera IP virtual. O *NDI Tools* foi configurado para capturar a área da janela do Youtube utilizada em um navegador web no mesmo computador e reencaminhar o sinal para o Resolume. Verificamos que houve um atraso variável entre dois e três segundos entre a geração do vídeo e a sua retransmissão na Sala de Projeção Panorâmica. É sabido que este *workflow* para *streaming* pode ser otimizado, tendo em vista que para a interação com a câmera PTZ, qualquer atraso de sinal pode comprometer a fluidez da experiência entre o interator e a manipulação da projeção. Com base nas experiências obtidas nos itens a) e b) deste tópico, apresentaremos no item c) uma proposta para futura implementação do sistema de *streaming* interativo no museu.

c) Protótipo de *streaming* interativo

Enquanto prova de conceito, percebemos que as duas etapas anteriores já nos permitem afirmar a viabilidade da ideia proposta quanto a questões técnico-operacionais. Por tratarmos de forma segmentada o uso da aplicação interativa *mobile* e o *streaming* de vídeo, desenvolveremos uma proposta para a implementação do *streaming* interativo com uso do protocolo OSC em paralelo ao *software* Resolume Arena. Começaremos elencando os equipamentos necessários para a montagem do sistema de transmissão remota de vídeo, e

tratando sobre as suas especificidades. O elemento central da infraestrutura remota é a câmera PTZ, fizemos um breve levantamento de duas opções que suportam resolução 4K (Figura 68), vejamos:

Figura 68: Câmeras PTZ Sony SRG-X120 e Canon CR-N300



Fonte: BHFoto.com⁸⁶

Ambos os modelos suportam saída de vídeo HDMI e gerenciamento de controle via porta serial RS-422 (alguns outros modelos podem usar os protocolos RS-232, RS-485 ou até mesmo USB). Estes dois modelos foram recentemente lançados e tem suporte a *streaming* IP via NDI (*Network Device Interface*), protocolo mencionado anteriormente, desenvolvido pela NewTek e compatível com o Resolume Arena. O uso do NDI pode dispensar a aquisição de um dispositivo *Encoder* para receber o sinal de vídeo HDMI e enviá-lo para o museu via internet, podendo enviar o vídeo a partir da própria saída de rede da câmera PTZ. Entretanto, se o modelo da câmera disponibilizada para o sistema não suportar o NDI, pode ser utilizado um *encoder* eficiente. O modelo a seguir (Figura 69) permite transmissão com redundância e latência zero *pass-through*, ou seja, não há latência entre a entrada e saída do vídeo no dispositivo:

Figura 69: *Encoder* Matrox MAEVEX 6120



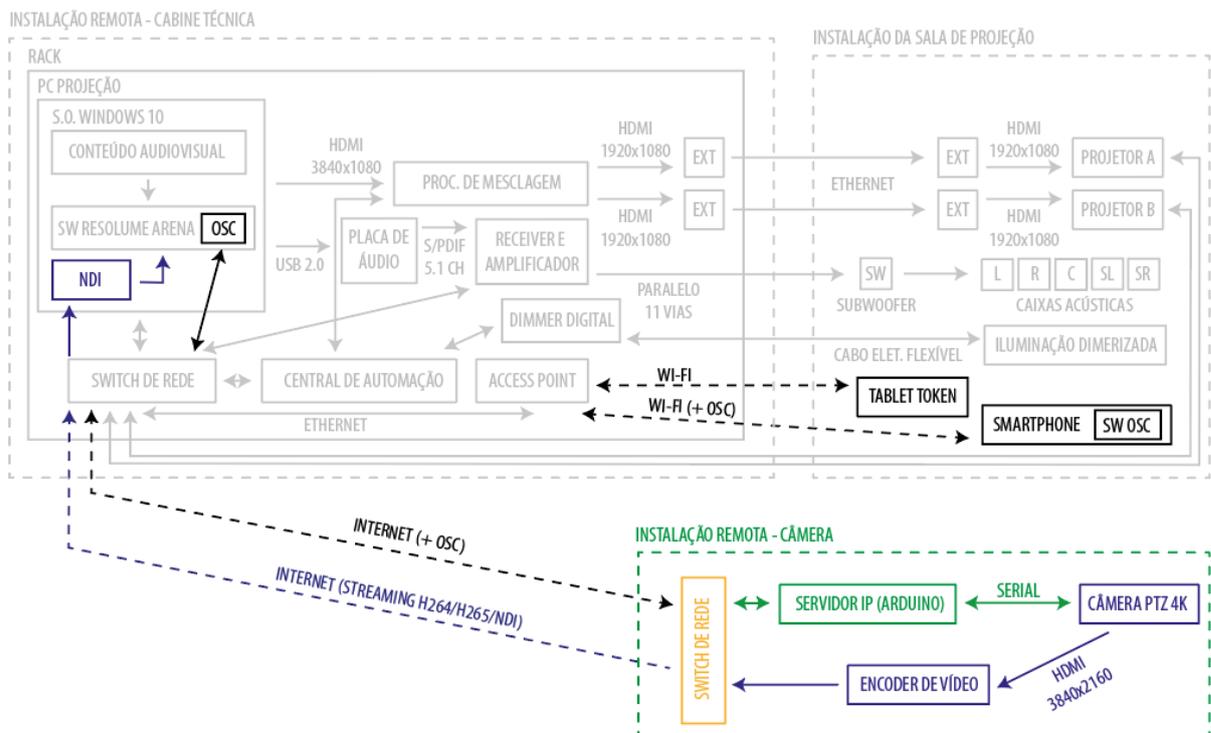
Fonte: Matrox website⁸⁷

⁸⁶ Disponível em: <<https://www.bhphotovideo.com/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

⁸⁷ Disponível em: <https://bit.ly/2VgaWAi>. Acesso em: 28 jul. 2021.

Quanto ao controle dos movimentos da câmera, sugerimos a montagem de um servidor IP através de um microcontrolador Arduino conectado a câmera, este faria a conversão das mensagens OSC para o protocolo serial, de acordo com os parâmetros da câmera utilizada. Sendo assim, atentemos na Figura 70 uma nova proposta de topologia a ser implementada no sistema de projeção do museu:

Figura 70: Proposta para nova topologia do sistema



Fonte: Nossa autoria (2021)

Assim como o modelo topológico descrito na seção de Materiais e Métodos, esta versão utiliza a cor cinza para sinalizar a infraestrutura do sistema de projeção instalada no museu (vista na Figura 45); as cores verde e amarelo foram utilizadas para destacar a infraestrutura computacional e de rede; na cor azul a infraestrutura de distribuição de sinais de vídeo; na cor preta, o tráfego de mensagens OSC e a nova funcionalidade para o *tablet* instalado na Sala de Projeção. Este dispositivo servirá como um gerador de *token* através de um *QR-code*, no qual o interator poderá fazer a leitura com a câmera do seu *smartphone* sendo redirecionado para um *hotsite* que ativará o seu dispositivo para controlar o *streaming* interativo. Na interface do *tablet* haverá um botão “encerrar” que poderá ser acionado pelos monitores do museu, com validação por senha, para finalizar a qualquer momento a atividade, caso haja algum problema ou até mesmo o interator saia da sala sem finalizar a sua atividade. Vejamos na Figura 71 um esboço da interface para o iPad.

Figura 71: Token QR-Code no iPad



Fonte: Nossa autoria (2021)

No *smartphone*, compreendemos que uma aplicação baseada em web através do uso de um *hotsite* pode ser uma alternativa melhor em relação a disponibilização de um aplicativo em si, porque não haveria a necessidade de realizar uma nova instalação apenas para este uso específico. Na tela do dispositivo, poderão existir instruções de como o indivíduo deverá interagir, exemplo: “aponte seu *smartphone* para a tela e controle a sua visão”, “pince seus dedos para utilizar o *zoom*” etc., além de uma opção para finalizar a atividade. Conforme relatamos anteriormente, nem todos os aparelhos dispõem de sensor giroscópio, então inicialmente a aplicação terá que realizar esta verificação e se, não houver compatibilidade, o sistema deverá enviar uma mensagem do tipo: “Seu aparelho é incompatível com este sistema, solicite um *smartphone* ao monitor e divirta-se!”. O museu possui aparelhos sobressalentes disponíveis, que são utilizados para a ala da realidade virtual.

Inevitavelmente, este modelo de implementação exigirá uma série de novos testes, seja para otimizar a transmissão do vídeo, calibrar o controle da câmera, realizar correção de erros e *bugs*, melhorar a qualidade do sinal da internet com ajustes infraestruturais etc. Mas, a partir do desenvolvimento de toda a nossa fase de experimentação, pudemos aferir que a proposta do *streaming* interativo é viável, que o uso do protocolo OSC neste tipo de projetos é eficaz e que o uso de dispositivos móveis na implementação da interatividade em sistemas multimídias como a projeção panorâmica do museu, é uma opção que pode ser replicável em inúmeros projetos que lidem com o campo das artes digitais. Seguiremos para o nosso último capítulo, onde discutiremos os resultados da nossa experimentação mediante o conhecimento teórico obtido na fase exploratória da nossa pesquisa.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma vez concluídas as fases exploratória e experimental da nossa pesquisa, refletiremos neste capítulo acerca dos resultados obtidos nos experimentos que realizamos mediante o levantamento teórico realizado sobre artes e museus digitais. Apresentaremos algumas considerações a respeito dos experimentos que descrevemos no capítulo anterior.

Analisando a execução das experimentações com projeção interativa, verificamos que a viabilidade para realização de testes de simulação fora do ambiente do museu foi satisfatória. Apesar de não possuímos um sistema multimídia complexo como o do museu – que conta com processador de mesclagem, extensores de vídeo UTP, projetores de fósforo-laser, sistema de automação, computador para gerenciamento gráfico de alta performance etc.; conseguimos executar os testes em casa, utilizando apenas: notebook, mini projetor led, *smartphone*, rede *wi-fi* e *softwares* para gerenciamento das projeções e para interatividade através do protocolo OSC. Essa etapa “caseira” mostrou a viabilidade de implementações interativas em infraestruturas mais modestas, com recursos técnicos mais acessíveis em conjunto ao uso de protocolos gratuitos, como o OSC.

O Resolume Arena, *software* licenciado para gerenciar as projeções panorâmicas do museu, é uma das ferramentas mais completas disponíveis no mercado, incluindo uma série de recursos para reprodução, controle e manipulação das mídias, compatibilidade nativa para interação com protocolos de comunicação MIDI, DMX e OSC, entre outros recursos. Conseguimos utilizá-lo com licença gratuita para testes, que dá acesso a todas as funcionalidades do programa, mas exibe, em curtos espaços de tempo, a logomarca do Resolume no centro da tela, acompanhada por uma identidade sonora que é reproduzida ao mesmo tempo. Para que isto não aconteça, é necessária a aquisição de uma licença que custa em torno de 800 euros, valor impraticável para projetos de baixo custo. Verificamos que existem diversos outros *softwares* alternativos⁸⁸ para este tipo de finalidade, alguns deles com licença gratuita, mas não chegamos a testá-los em nossa pesquisa.

Um segundo ponto, ainda relacionado a parte de *software*, foi o desenvolvimento de uma aplicação autoral que permitiu uma maior liberdade criativa em relação ao uso do *Touch OSC* (utilizado no primeiro experimento), embora acreditemos que possam ser desenvolvidos projetos com uso de *softwares* já finalizados, a depender das pretensões do processo criativo e de quem os desenvolva. Ressaltamos a concepção da Suzete Venturelli (2017, p. 197) quando

⁸⁸ Fonte: PMC – Projection Mapping Central - lista de softwares para projeção mapeada. Disponível em: <<http://projection-mapping.org/software/>>. Acesso em: 01 jul. 2021.

implica que nas artes virtuais/interativas, o processo criativo é essencialmente colaborativo. No nosso caso, a equipe foi composta por três profissionais que “transitam” entre as áreas de arte e tecnologia. Ainda assim, reconhecemos que a nossa experimentação teve um enfoque maior nas concepções técnico-operacionais do que propriamente na poética artística.

Assim como sugerimos uma analogia entre a criação de um algoritmo e a criação de uma pintura nos moldes tradicionais, na seção 1.3, podemos repetir o exercício e interpretar que o fazer artístico no campo das artes digitais se assemelha ao “modo tradicional”, entretanto, ao longo da nossa pesquisa, pudemos presenciar comumente perspectivas colaborativas, nas quais diversas mentes pensantes se unem para a criação de obras e, até mesmo, o interator pode participar dessa construção. Entendemos que a conjuntura dos esforços destinados ao fazer artístico em artes digitais, segue os mesmos preceitos da arte tradicional em si, pois assim como o próprio Arlindo Machado (2007, p. 9) defendia que a arte é feita com os meios de seu tempo, consideramos que as mutações que ocorreram com a inserção do campo das artes digitais, foram oriundas das transformações sócio tecnológicas dos nossos tempos, mas que o elemento central continua sendo a criação.

Retomando a fase exploratória de nossa pesquisa, verificamos que foram mencionados diversos trabalhos que envolvessem projeções audiovisuais em ambientes museológicos, neste instante vamos observar três delas: i) a obra *PLACE, a user's manual* (Áustria, 1995), na qual o interator se inseria numa plataforma giratória motorizada, rodeada por uma tela cilíndrica, na qual era possível navegar em um cenário que mesclava fotografias panorâmicas de vários lugares do mundo, misturadas a cenários tridimensionais, permitindo navegar no ambiente virtual a partir da manipulação de uma câmera de vídeo modificada, onde os controles da câmera serviam como manipuladores da instalação; ii) a instalação *Ten Thousand Waves* (EUA, 2003) que se utilizou de múltiplas telas dispostas de várias direções, num ambiente imersivo, para retratar a tragédia que ocorreu na Baía de Morecambe, na Inglaterra, em 2004; e iii) o projeto *Temporal Chaos*, do artista Kenneth Feinstein (2007), que se utiliza de projeções e *streaming* de vídeo entre duas instalações simultâneas: uma em Cingapura e outra no Reino Unido. Estas três obras se utilizaram de projeções, mas com características operacionais bastante distintas, ambas contribuíram significativamente para a conceber a criação da nossa proposta de *streaming* interativo em projeção panorâmica. Consentimos que esta proposição poderá ser incrementada, futuramente, no quesito da experiência sonora, que não foi explorada em nossos experimentos, mas que a infraestrutura da sala de projeção do museu permite a reprodução de som espacializado em 5.1 canais de áudio.

A solução para o desfecho da nossa fase experimental foi o desenvolvimento de uma *Poc*, ela permitiu a validação a ideia sugerida e, o preparo do protótipo que poderá ser executado posteriormente. A nossa proposta de implementação se apresenta como um estudo que pode ser replicável e adequável a novos projetos, sugerindo o aproveitamento de sistemas multimídia não-interativos já finalizados, como a Sala de Projeção Panorâmica do museu.

Quanto ao uso do protocolo OSC, verificamos que foi uma alternativa viável e que pode ser aplicada a outros projetos artísticos interativas, uma vez que atendeu as nossas expectativas. O OSC possui características que foram favoráveis à nossa experimentação, tais como: é um protocolo de uso gratuito, interoperável, versátil e preciso. Outro ponto em destaque foi uso de dispositivos móveis como “ponte” de interação entre o visitante do museu (interator) e o sistema multimídia, essa solução foi eficiente por permitir o aproveitamento de dispositivos pessoais, alguns dos benefícios que percebemos são: i) a redução de custos do projeto, reaproveitando os sensores do *smartphone* sem a necessidade de adquirir outros dispositivos de interação humano-computacional; ii) a facilidade para conectar e desconectar um aparelho pessoal ao sistema multimídia do museu através da rede local e um sistema de validação por *token*; e iii) a possibilidade de usar um dispositivo que o interator já esteja habituado. A ideia do *streaming* interativo poderá ser implementada futuramente no museu, assim como outras alas do museu podem ser incrementadas a fim de amplificar a experiência de visitação.

Acreditamos que nossa pesquisa poderá servir como referência para novos trabalhos relacionados ao SESI Museu Digital de Campina Grande, dado que é o primeiro trabalho desta envergadura relacionado diretamente ao museu. A ampliação e renovação deste acervo certamente renderão novas pesquisas em nossos trabalhos futuros, assim como pretendemos estudar transições do seu acervo inaugural para a internet e a criação de conteúdos híbridos que possam se complementar através de visitas físicas e virtuais, expandindo o alcance do museu que, apesar de digital, ainda não possui galeria virtual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pudemos presenciar ao longo da nossa pesquisa, as artes digitais estão imersas num universo de inúmeros avanços tecnológicos. Obras que se relacionam Inteligência Artificial, Robótica, Internet das Coisas já estão presentes em diversos exemplos apresentados na fase exploratória e é possível que haja um crescimento ainda maior nos próximos anos. Ao tempo em que novas tecnologias surgem, outras passam a se tornar mais acessíveis. Diversos dispositivos eletrônicos (*gadgets*) surgem a todo momento, sensores desenvolvidos para as mais diversas aplicações, a exemplo do crescimento de sensores que captam dados biológicos implementados incrementalmente a cada geração de smartphones e dispositivos vestíveis; telas e formas de reprodução de conteúdos digitais flexíveis, transparentes e em formatos cada vez mais distintos; e, não podemos esquecer dos *softwares*, bibliotecas e linguagens de programação cada vez mais acessíveis, proporcionando uma maior aproximação deste universo com pessoas que não necessariamente estudam na área de tecnologia. Novas concepções têm surgido em nossa sociedade, a exemplo do Metaverso – que está diretamente conectado ao universo das artes digitais, um conceito que propõe há uma maior exploração do universo digital, assumindo uma relação de experiência com alto grau de realismo envolvendo imersão e interatividade, em um ambiente paralelo que envolve inteligência artificial, realidade aumentada e realidade virtual⁸⁹.

Estas evoluções, conseqüentemente trazem consigo indagações, uma questão atual é: “Como se comportar perante a LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados?”, que passou a entrar em vigor no Brasil neste ano, assim como legislações parecidas estão surgindo no mundo inteiro. Esta lei regulamenta o uso de dados pessoais coletados nas mais diversas aplicações digitais. Se o nosso experimento for efetivamente implementado no museu, é provável que seja necessária a aceitação de um termo de uso para poder conectar o dispositivo móvel pessoal ao sistema multimídia do museu. Esta é uma discussão que poderá estar presente nos próximos estudos sobre artes digitais.

Uma revolução pode estar ocorrendo em relação ao mercado de consumo de artes digitais. Nos últimos anos, especialmente a partir de 2020 – por ter repercutido mundialmente após forte movimentação financeira, na qual, uma única obra foi arrematada em um leilão de artes da Christie’s por 69 milhões de dólares. Trata-se de um painel *The First 5000 Days*, do artista inglês Beeple Crap, que criou este painel composto por obras de arte digital produzidas

⁸⁹ FONTE: CARMEN, Gabriela Del. **Metaverso**: tudo que você precisa saber sobre a tecnologia que integra os mundos real e virtual. Revista Forbes. Disponível em: <<https://bit.ly/2TUxnKB>>. Acesso em: 01 ago. 2021.

durante cinco mil dias de trabalho. Arte digital registrada a uma assinatura em *blockchain* através de NFTs (*tokens* não-fungíveis), em outras palavras, são artes inseridas no mercado de ativos digitais, as quais podem ser comercializadas a partir de uma chave criptografada de valor único⁹⁰. A pessoa que adquire uma obra de arte digital desta modalidade possuirá um certificado de autenticidade da obra e a sua origem, que não poderá ser modificado, tornando-a única assim como uma obra de arte tradicional, capaz de agregar valores inestimáveis por conta de sua escassez. Esta é uma forma promissora para o futuro das artes digitais, capaz de estimular e impulsionar o trabalho de artistas dessa modalidade, uma vez que um dos principais desafios é a reprodutibilidade dos arquivos digitais. Somados os avanços tecnológicos e a efervescência das artes digitais em meio a um segmento, que nunca foi tão promissor, compreendemos que este campo continuará em amplo crescimento no futuro próximo e que, talvez, exerça um predomínio nas próximas gerações de artistas.

Em relação ao atual contexto dos museus tidos como “digitais” em nossa pesquisa, podemos relatar dois importantes acontecimentos ocorridos no período em que estivemos realizando nosso trabalho: i) a lamentável notícia sobre o fechamento do *Museum of Digital Arts (MuDA)*, que havia sido recentemente inaugurado (2016) na Suíça e que não resistiu aos impactos globais causados pela pandemia da Covid-19 e anunciou o encerramento de suas atividades ainda no ano de 2020; e ii) a grata surpresa da reinauguração do Museu da Língua Portuguesa, que havia fechado tragicamente no final do ano de 2015, após um incêndio que havia destruído o museu. Sua reinauguração já havia sido prorrogada por diversas vezes, mas recebemos a notícia que o museu estava efetivamente reabrindo as suas portas às vésperas da conclusão de nossa pesquisa, uma excelente notícia. Certamente, o caso do museu brasileiro continuará servindo como uma grande fonte de pesquisa relacionada a preservação de artes digitais, já que parte do seu acervo foi integralmente reestabelecido porque eram obras digitais e replicáveis, então foram feitas novamente de acordo com os projetos inaugurais. Outro fator interessante a ser observado, inclusive remetendo as discussões sobre a adição de novos conteúdos ao SESI Museu Digital de Campina Grande que realizamos no Capítulo 4, foi a reinauguração com o acréscimo de novas instalações que enriqueceram o acervo do Museu da Língua Portuguesa.

Durante o período de realização desta pesquisa enfrentamos alguns desafios. O principal deles foi a instabilidade causada pela pandemia da Covid-19, o museu esteve fechado no mês de janeiro para manutenção e férias da equipe, logo após a sua reabertura, teve que trancar suas

⁹⁰ FONTE: ULRICH, Fernando. **NFTs e a mania da Arte Digital que vale milhões**. Disponível em: <https://youtu.be/0RukYAuwCW8>. Acesso em: 25 jul. 2021.

portas novamente por conta do agravamento dos casos de coronavírus em nossa região, impossibilitando a realização do nosso experimento durante boa parte do primeiro semestre de 2021 e inviabilizando testes da implementação com o público visitante do museu. Quando estávamos prestes a conseguir um agendamento para execução das simulações, um dos equipamentos principais da sala de projeção (processador de mesclagem) apresentou defeito, tivemos que buscar uma alternativa via *software* para realizar o *blend* da imagem dos dois projetores que formam a imagem panorâmica. A alternativa que apresentamos continua sendo utilizada no museu, já que o equipamento ainda não recebeu a devida manutenção.

A pandemia da covid-19 que estamos enfrentando, apesar de todas as tristezas e dificuldades que nos impôs, acabou influenciando positivamente a nossa pesquisa ao impulsionar diversas modalidades de transmissão de vídeo pela internet, sob a necessidade iminente do mundo continuar em funcionamento a beira de um *lockdown* global. Percebemos que o mundo artístico também se movimentou nessa direção, festivais de arte ocorreram exclusivamente na modalidade virtual, espetáculos teatrais foram adaptados para a internet, museus e galerias expandiram o acesso a visitação virtual, entre outros.

A partir dos desdobramentos da nossa pesquisa, almejamos contribuir com o cenário artístico-científico relacionado ao campo das artes digitais e aos estudos sobre museus digitais. Em especial, esperamos que nosso estudo fomente novas pesquisas relacionadas ao SESI Museu Digital de Campina Grande, uma vez que ainda existem poucas publicações relacionadas a este museu que, ao nosso ver, possui um ambiente expográfico que permite inúmeras discussões relacionadas a arte e tecnologia. E, por fim, relatar a nossa gratidão a todas as pessoas que direto ou indiretamente contribuíram para o êxito das nossas ações.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, Kristina; WARD, Nicholas. **Learning from the Crackle Exhibition**. TEI '17: Proceedings of the Eleventh International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, p. 225–231, 2017.

AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura. **Computação Gráfica: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 341p.

BANDEIRA, Denise Adriana. **Arte digital e sua institucionalização: lógica e condição transpolítica do campo da arte na cibercultura**. Tese de Doutorado em Comunicação e Semiótica do Programa de Estudos Pós-graduados em Comunicação e Semiótica. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP. São Paulo, 2012, 290p.

BARBOSA, Cátia Rodrigues. **O universo do digital: espaços expositivos e os museus**. In. GOBIRA, Pablo. MUCELLI, Tadeus. **Configurações do pós-digital: Arte e cultura tecnológicas**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2017. 315p.

BARGSTEN, Joey. **Gesture and Performance with Kinect, Quartz Composer, and PureData**. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2DtSlat>>. Acesso em: 01. ago. 2020.

BENYON, David. **Designing interactive systems: a comprehensive guide to HCI and interaction design**. 2 Ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2010. 687p. ISBN: 978-0-321-43533-0

BIALKOVA, Svetlana; GISBERGEN, Marnix S Van. **When Sound Modulates Vision: VR Applications for Art and Entertainment**. IEEE 3rd Workshop on Everyday Virtual Reality (WEVR), 2017.

BOVIER, Fabrizia; CAGGIANESE, Giuseppe; PIETRO, Giuseppe De; *et al.* **An Interactive 3D Holographic Pyramid for Museum Exhibition**. 12th International Conference on Signal-Image & Internet-Based Systems (SITIS), 2016.

CALIXTO, Bruno. Museu do Amanhã convida a pensar sobre impacto do homem na Terra. **Revista Época**, 17 dez. 2015. Disponível em: <<https://glo.bo/2K6wOqu>>. Acesso em: 10 mar. jun. 2020.

CERP IOT – INTERNET OF THINGS EUROPEAN RESEARCH CLUSTER (2009). **Internet of Things: Strategic Reserach Roadmap**. Disponível em http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2011.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

COLSON, Richard. **The Fundamentals of Digital Art**. Lausana: AVA Publishing SA, 2007. 178p.

CORDEIRO, Waldemar. **Arteônica: O uso criativo dos meios eletrônicos nas artes**. *Website* Waldemar Cordeiro. São Paulo, 1972. Disponível em: <<http://www.waldemarcordeiro.com>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

CORMEN, Thomas H.; LEISERSON, Charles E.; RIVEST, Ronald L.; STEIN, Cliffoord. **Algoritmos: Teoria e Prática**. 3ª Ed. Tradução por Arlete Simille Marques. São Paulo: Elsevier, 2012. 944p.

DI STEFANO, Chiara; BATTISTI, Federica. **Caravaggio in Rome: A qoe-based proposal for a virtual gallery**. 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2017.

DREHER, Thomas. **History of Computer Art**. IASLonline: Bayreuth, 2015. 403p. Disponível em: <<http://iasl.uni-muenchen.de/links/GCA.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2020.

FATORELLI, Antonio. **Fotografia contemporânea: entre o cinema, o vídeo e as novas mídias**. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2013.

FEINSTEIN, Kenneth; MORRIS, James. **Developing a Narrative Experience in a Post-Media Environment**. 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM), 2016.

FEINSTIEN, Kenneth; **Beyond the Screen Moving images in physical spaces**. 23rd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM), 2017.

FIRJAN. **Indústria 4.0**. Publicações FIRJAN - Cadernos SENAI de Inovação. Rio de Janeiro, 2016. 20p. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/firjan/>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FRANKE, Herbert W.. **The Expanding Medium: The Future of Computer Art**. The MIT Press, Cambridge, Vol. 20, No. 4, pp. 335-338, 1987. DOI:10.2307/1578528

FREED, Adrian; WRIGHT, Matthew. **Open sound control: A new protocol for communicating with sound synthesizers**. International Computer Music Conference (ICMC). 1997.

GOBIRA, Pablo; CORRÊA, Fernanda. Como preservar a arte computacional? Ações curatoriais para a criação e manutenção de acervos. In: **Congresso do Núcleo Interdisciplinar de Estudos da Imagem NINFA/UFMG – O Borboletear do Método**. Belo Horizonte, 2016. p. 563-573.

GOBIRA, Pablo; MOZELLI, Antônio. **An artistic and curatorial installation in virtual reality : the development of an artistic low-cost interface at university**. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, p. 209–214, 2016.

GOBIRA, Pablo. MUCELLI, Tadeus. **Configurações do pós-digital: Arte e cultura tecnológicas**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2017. 315p.

GOBIRA, Pablo. **Percursos contemporâneos: Realidade da arte, ciência e tecnologia**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2018. 252p.

GOBIRA, Pablo. **A Memória Do Digital e outras questões das artes e museologia**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2019. 255p.

GOMBRICH, Ernst H. **A História da Arte**. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 714p.

HARTUNG, M. **BEHIND THE SCREENS: Installing Isaac Julien's Ten Thousand Waves**. Nova York: MoMA, 27 nov. 2013. Disponível em: <https://mo.ma/2WSJibw>. Acesso em: 01 jun. 2019.

HAYASHI, Elaine C. S.; BARANAUSKAS, M. Cecília C. **Accessibility and affect in technologies for museums: a path towards socio-enactive systems**. IHC 2017: Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, 2017.

HAYES, Julia; YOO, Kyungjin. **Virtual Reality Interactivity in a Museum Environment**. VRST '18: Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, v. 2, p. 3–4, 2018.

KASOMOULIS, Aristotelis; VAYANOU, Maria; KATIFORI, Akrivi; IOANNIDIS, Yannis. **Magic HOLO - A Collaborative 3D experience in the museum**. PCI '16: Proceedings of the 20th Pan-Hellenic Conference on Informatics, 2016.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

LAUGWITZ, Bettina; HELD, Theo; SCHREPP, Martin (2008). **Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire**. HCI and Usability for Education and Work. Berlin: Springer, 2008. P. 63–76. DOI:10.1007/978-3-540-89350-9_6

LEI, Wu; WU, Xu; YING, Su; *et al.* **Virtual Digital Promotion and Communication of Yi Costume in Yunnan**. 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE), p. 765–769, 2017.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução por Carlos Inireu da Costa. São Paulo: Editora 34, 2010. 272p.

LISBOA, Pablo Fabião. **Museu 4.0: um olhar museológico sobre as práticas museais tecnológicas contemporâneas**. Tese de Doutorado da Faculdade de Artes Visuais. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2019. 414p.

MACHADO, Arlindo. **Arte e Mídia**. Rio de Janeiro: Zahar, 2007. 88p.

MANSO, B. L. C. **Museu do Amanhã: uma nova proposta de museu de ciência?** Tese de Doutorado do Programa de pós-graduação em Ciência da Informação – PPGCI. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2018. 156p.

MATcH: Checklist para Avaliação da Usabilidade de Aplicativos para Celulares Touchscreen. Disponível em: <http://match.inf.ufsc.br:90/>. Acesso em: 07 ago. 2020.

MUSEU DO AMANHÃ. **Plano Museológico do Museu do Amanhã**. Rio de Janeiro: Expomus, 2015. 166p. Disponível em: <https://bit.ly/39SIN6b>. Acesso em: 01 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA CULTURA. **Relatório da primeira reunião do GT de Arte Digital**. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/3eVgGDs>. Acesso em: 01 jul. 2020.

MYERS, Brad A.; HOLLAN, James D.; CRUZ, Isabel; *et al.* **Strategic directions in human-computer interaction**. ACM Computing Surveys (CSUR), v. 28, n. 4, p. 794-809, 1996.

NIELSEN, Jakob, MARCK, Robert L.; **Usability inspection methods**. Nova York: John Wiley & Sons, 1994. 448p.

NIELSEN, Jakob; LORANGER, Hoa. **Usabilidade na web**. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2007. 432p.

NORMAN, Donald; NIELSEN, Jakob. **The definition of user experience (UX)**. Nielsen Norman Group Publication, v. 1, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/30IaKcV>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

NUNES, Rui Filipe Vieira da Cruz. **Uma nova estratégia de design de produto virada para o “Faça você mesmo”** - Fundamentos, aplicabilidade e consequências num futuro social sustentável. Dissertação de Mestrado em Design de Produto. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010. 180p.

OBUSHI, Noriyasu; KOSHINO, Makoto. **Temari and Shadow : an interactive installation combining virtual handicraft and real shadow**. VRIC '18: Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual, 2018.

OSANLOU, Ardeshir; WANG, Shuo; EXCELL, Peter S. **3D Re-creation of Heritage Artefacts using a Hybrid of CGI and Holography**. International Conference on Cyberworlds (CW), 2017.

PAUL, Christiane. **Challenges for a Ubiquitous Museum: Presenting and Preserving New Media**. 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/310ewNE>>. Acesso em: 5 jul. 2020.

PAUL, Christiane. **Digital Art**. 3. ed. Nova York: Thames & Hudson, 2015. 272p.

PAUL, Christiane. **A Companion to Digital Art**. Chichester: Wiley Blackwell, 2016, 631p.

PLAZA, Júlio. **Arte e interatividade: autor-obra-recepção**. ARS (São Paulo), v. 1, n. 2, p. 09-29, 2003.

PIERRO, Bruno de. **O mundo mediado por algoritmos: Sistemas lógicos que sustentam os programas de computador têm impacto crescente no cotidiano**. Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, ed. 266, p. 18-25, abr. 2018.

POISSANT, Louise in. DOMINGUES, Diana. **Arte, Ciência e Tecnologia: Passado, presente e desafios**. São Paulo: Editora Unesp, 2009. 570p.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen **Design de interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600p.

QUARANTA, Domenico. **Beyond New Media Art**. São Francisco: Link Editions, 2013. 293p.

REICHARDT, Jasia. **Cybernetic Serendipity: the computer and the arts**. 1ª. Ed. Londres: Studio International, 1968. 107p.

ROCHA, Cleomar. **Perspectivas de interação: um olhar sobre o interator**. In. GOBIRA, Pablo. **Percursos contemporâneos: Realidade da arte, ciência e tecnologia**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2018. 252p.

ROCHA, Cleomar. **Percepção e controle na arte interativa**, In Anais do 27o Encontro da Associação Nacional de Pesquisadores em Artes Plásticas, 27o, 2018, São Paulo. Anais do 27o Encontro da Anpap. São Paulo: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Artes, 2018. p. 338-344.

RUSH, Michael. **Novas Mídias na Arte Contemporânea**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

SALO, Kari; BAUTERS, Merja; MIKKONEN, Tommi. **User Generated Soundscapes Activating Museum Visitors**. SAC '17: Proceedings of the Symposium on Applied Computing, p. 220–227, 2017.

SANTAELLA, Lúcia in. GOBIRA, Pablo. **Percursos contemporâneos: Realidade da arte, ciência e tecnologia**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2018. 252p.

SANTOS JÚNIOR, Reinaldo Toscano; BEZERRA, Ed Porto; SILVA JÚNIOR, José Arnaud; PEREIRA, Ralmon Sousa. **A produção audiovisual para múltiplas telas: uma análise comparativa do Sistema Multimídia TROPEL**. Policromias - Revista de Estudos do Discurso, Imagem e Som. LABEDIS/UFRJ: Rio de Janeiro, 2020. ISSN: 24482935. 22p.

SHCHERBININ, Dmitry Yu. **Digital technologies as a way to popularize museum collections**. International Conference on Engineering and Computer Science (EnT), p. 3–5, 2018.

SHERMAN, William R.; CRAIG, Alan B. **Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design**. São Francisco: Elsevier Science (USA), 2003. 623p.

SHUSTEK, Leonard J. **Adobe Photoshop Source Code**. Computer History Museum, 2013. Disponível em: <<https://computerhistory.org/blog/adobe-photoshop-source-code>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SYLAIYOU, Stella; KASAPAKIS, Vlasios; DZARDANOVA, Elena; GALAVAS, Damianos. **Leveraging Mixed Reality Technologies to Enhance Museum Visitor Experiences**. 2018 International Conference on Intelligent Systems, p. 595–601, 2018.

UNAR, Kulsoom Saima; UNAR, Abdul Majeed; PATOLI, Zeeshan. **An Interactive System for Visualisation of Cultural Heritage Objects of Sindh in a Web-Based Environment**. Sixth International Conference on Innovative Computing, 2016.

VENTURELLI, Suzete. **Arte Computacional**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2017. 248p.

VERMEEREN, Arnold P.O.S.; CALVI, Licia; SABIESCU, Amalia; TROCCHIANESI, Rafaella; STUEDAHL, Dagny; GIACCARDI, Elisa. **Involving the Crowd in Future**

Museum Experience Design. CHI EA '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, p. 3347–3354, 2016.

VERMEEREN, Arnold P. O. S.; LAW, Effie Lai-CHong; ROTO, Virpi; OBRIST, Marianna; HOONHOUT, Jettie; VÄÄNÄNEN-VAINIO-MATTILA, Kaisa. **User experience evaluation methods.** Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Extending Boundaries. Nova York: ACM - Association for Computing Machinery, 2010. DOI:10.1145/1868914.1868973

VISSER, Jeroen; VOGTENHUBER, Raimund. **Cloudspeakers** – a mobile performance network. Web Audio Conference WAC-2017. Londres, 2017.

VOSINAKIS, Spyros; KOUTSABASIS, Panayiotis; MAKKRIS, Dimitris; SAGIA, Ekati. **A Kinesthetic Approach to Digital Heritage using Leap Motion: The Cycladic Sculpture Application.** 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2016.

WANG, Yiwen. **The Intangible Cultural Heritage Show Mode Based on AR Technology in Museums** - Take the Li Nationality Non-material Cultural Heritage as an Example. IEEE 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC), p. 936–940, 2018.

WANZELER, Tiago; FULBER, H.; MERLIN, Bruno. **Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT).** XXXIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. Santarém, PA, p. 40-44, 2016.

WEI, Jia; WU, Shizhong; KONG, Zhiqing. **Design of Somatosensory Interactive Display of Ancient Architecture Museum.** ICIDE 2017: Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Design Engineering, p. 54–58, 2017.

ZHANG, Yang Xiang; ZHU, Zi Qiang; ZHU, Yun. **Empower VR art and AR book with spatial interaction.** IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct), p. 274–279, 2016.

ZHAO, Yuchen. **VR Touch Museum.** IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), p. 741–742, 2018.

ANEXO I – AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DA INTERFACE GRÁFICA DO EXPERIMENTO PRELIMINAR

Figura 72: Score MATcH Checklist

08/08/2020
MATcH Checklist



MATcH

Checklist para Avaliação da Usabilidade de Aplicativos para Celulares Touchscreen

Início

Resultado: 35.9 pontos - Usabilidade baixa

Nível	Características que os aplicativos para celular touchscreen quase sempre ou sempre possuem...
Até 30	<p>Usabilidade muito baixa Somente iniciam as tarefas ao comando do usuário, evidenciam a necessidade de inserção de dados, possuem botões e links com área clicável do tamanho dos mesmos, evitam abreviaturas, além disso, são consistentes, utilizam o mesmo idioma em seus textos, apresentam os links de forma consistente entre as telas e funções semelhantes de forma similar.</p>
30 - 40	<p>Usabilidade baixa Além de possuir as características do nível anterior, fornecem um update do status para operações mais lentas por meio de mensagens claras e concisas, mantêm o mesmo título para telas com o mesmo tipo de conteúdo, utilizam títulos de telas que descrevem adequadamente seu conteúdo, exibem apenas informações relacionadas a tarefa que esta sendo realizada, apresentam ícones e informações textuais de forma padronizada com contraste suficiente em relação ao plano de fundo, e imagens com cor e detalhamento favoráveis a leitura em uma tela pequena, possuem navegação consistente entre suas telas, permitem retornar a tela anterior a qualquer momento, mantêm controles que realizam a mesma função em posições semelhantes na tela, permitem que as funções mais utilizadas sejam facilmente acessadas e possuem botões com tamanho adequado ao clique.</p>
40 - 50	<p>Usabilidade razoável Além de possuir as características dos níveis anteriores, dispõem as informações em uma ordem lógica e natural, apresentam as mensagens mais importantes na posição padrão dos aplicativos para a plataforma, oferecem uma navegação intuitiva e um menu esteticamente simples e claro, contêm títulos e rótulos curtos, possuem fontes, espaçamento entrelinhas e alinhamento que favorecem a leitura, realçam conteúdos mais importantes, possuem tarefas simples de serem executadas que deixam claro qual seu próximo passo, oferecem feedback imediato e adequado sobre seu status a cada ação do usuário, evidenciam que controles e botões são clicáveis, distinguem claramente os componentes interativos selecionados, utilizam objetos (ícones) ao invés de botões, com significados compreensíveis e intuitivos e não apresentam problemas durante a interação (trava, botões que não funcionam no primeiro clique, etc).</p>
50 - 60	<p>Usabilidade alta Além de possuir as características dos níveis anteriores, exibem pequenas quantidades de informação em cada tela, mantêm acessíveis menus e funções comuns do aplicativo em todas as telas, evidenciam o número de passos necessários para a realização de uma tarefa, permitem que o usuário cancele uma ação em progresso, possuem navegação de acordo com os padrões da plataforma a que se destinam e possibilitam fácil acesso de mais de um usuário no caso de aplicativos associados a cadastro de login.</p>
Acima de 60	<p>Usabilidade muito alta Tem ainda maior probabilidade, que os níveis anteriores, de possuir todas as características descritas acima, possuindo um alto nível de usabilidade.</p>

Grupo de Qualidade de Software- GQS
Instituto Nacional para Convergência Digital - INCOD
Departamento de Informática e Estatística - INE
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
88049-200 Florianópolis - SC Brasil
gq@incod.ufsc.br

APOIO



60 ANOS

Sobre | Política de Privacidade | Termos de Serviço

match.inf.ufsc.br:90/resultado.php
1/1

Fonte: Plataforma MATcH⁹¹

⁹¹ Disponível em: <<http://match.inf.ufsc.br:90/index.html>>. Acesso em: 07 ago. 2020. Observação: O resultado só é apresentado após o preenchimento do formulário.

ANEXO II – CÓDIGO FONTE DA APLICAÇÃO

```

using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
public class SendMsg : MonoBehaviour
{
    public Text posX, posY;
    public float sensibility = 1;
    public OSC osc;
    public int value = 100;
    public string xAddress =
"/composition/video/effects/transform/positionx";
    public string yAddress =
"/composition/video/effects/transform/positiony";

    public Vector2Int resolumePosition = new Vector2Int(0, 0);

    public Vector2Int maxPosition = new Vector2Int(4096, 4096);
    void Start()
    {
        Input.gyro.enabled = false;
        Input.gyro.enabled = true;
    }

    void Update()
    {
        Vector3 rotation = Input.gyro.attitude.eulerAngles;

        float x = rotation.z > 180 ? rotation.z - 360 : rotation.z;
        x = Mathf.Clamp((x / 90f), -1, 1);

        float y = rotation.y;

        y = (rotation.y - 90f) / 180f;
        y = Mathf.Clamp(y, -1, 1);

        resolumePosition.x = (int)Mathf.Lerp(resolumePosition.x, (x *
maxPosition.x), 0.1f);
        resolumePosition.y = (int)Mathf.Lerp(resolumePosition.y, (y *
maxPosition.y), 0.1f);

        posX.text = "" + resolumePosition.x;
        posY.text = "" + resolumePosition.y;

        sendOSC(xAddress, resolumePosition.x);
        sendOSC(yAddress, resolumePosition.y);
    }
    void sendOSC(string adress, int value)
    {
        OscMessage message = new OscMessage();
        message.address = adress;
        message.values.Add(value);
        osc.Send(message);
    }
}

```