

**ANÁLISE DE ELEMENTOS ANAMÓRFICOS DA ARQUITETURA ECLÉTICA
HISTORICISTA PELOTENSE: DAS NUVENS DE PONTOS À PARAMETRIA**

***ANALYSIS OF ANAMORPHIC HISTORICAL ELEMENTS FROM PELOTAS'
ECLECTIC ARCHITECTURE: FROM POINT CLOUDS TO PARAMETRY***

Adriane Borda Almeida da Silva¹

Edemar Dias Xavier Junior²

Janice de Freitas Pires³

Cristiane dos Santos Nunes⁴

Resumo

As técnicas de levantamento por digitalização a laser e por fotogrametria digital permitem obter modelos de nuvens de pontos, os quais podem representar uma tridimensionalidade precisa das superfícies visíveis de um patrimônio histórico edificado. A partir destas técnicas, dois casos de anamorfismos, relativos à arquitetura de interesse cultural da cidade de Pelotas, são aqui abordados: a meia cúpula de uma capela, visualizada como cúpula inteira sob um determinado ponto de vista, de autoria de José Isella; a claraboia de um casarão, percebida como representação de um olho, de autoria atribuída ao mesmo arquiteto, porém sem comprovação documental. A manipulação virtual e interativa destes modelos tem permitido compreender, de maneira lúdica, os efeitos anamórficos destes elementos. Neste estudo, são aplicadas as técnicas de desenho paramétrico para avançar nesta compreensão e identificar parâmetros que poderiam confirmar ou refutar a dúvida sobre a questão autoral. A lógica associativa entre as partes dos elementos e o domínio no controle dos efeitos anamórficos promovidos por esses elementos aumentam a hipótese de que Isella também seja responsável pelo projeto da claraboia.

Palavras-chave: representação do patrimônio; José Isella; anamorfismos; fotogrametria digital; escaneamento a laser; projeto paramétrico.

Abstract

Surveying techniques by laser scanning and digital photogrammetry make it possible to obtain point cloud models, which can represent a precise three-dimensionality of the visible surfaces of a built architectural heritage. Using the mentioned techniques, two cases of architectural

¹ Arquiteta, Professora Doutora, UFPEL – FAURB – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – DAURB - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pelotas, RS, Brasil. adribord@hotmail.com; ORCID: 0000.0001.6760.6566.

² Licenciado em História e em Ciência da Computação, Mestrando, PROGRAU – UFPEL, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, ej1432@gmail.com; ORCID: 0000.0002.3669.6527.

³ Arquiteta, Professora Doutora, UFPEL – FAURB – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – DAURB - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pelotas, RS, Brasil. janicepires@gmail.com; ORCID: 0000.0002.1975.3147.

⁴ Arquiteta, Mestre, UFPEL – FAURB – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pelotas, RS, Brasil. cristiane.nunes@outlook.com; ORCID: 0000.0003.2297.8299.

anamorphisms of cultural interest in the city of Pelotas are approached in this work: the half-dome of a chapel, visualized as an entire dome from a specific point of view, designed by José Isella; the skylight of an eclectic house built in the 19th century, perceived as the representation of an eye, authored by the same architect, but without documentary evidence of it. The virtual and interactive manipulation of these models has allowed us to comprehend, in a playful way, the anamorphic effects of these elements. In this study, parametric design techniques are applied to identify and further understand parameters that could help confirm or refute the question concerning authorship. The associative logic between the parts of the elements and the control of the anamorphic effects promoted by them increase the hypothesis that Isella might also be responsible for the skylight design.

Keywords: heritage representation; José Isella; anamorphisms; digital photogrammetry, laser scanning; parametric design.

1. Introdução

Este estudo partiu do interesse em avançar sobre o conhecimento do processo produtivo de projeto envolvido na arquitetura eclética erguida no final do século XIX, na cidade de Pelotas, no sul do Brasil. Em particular se debruça sobre uma curiosidade que paira em relação à autoria do projeto de uma edificação específica: o casarão de número 8 do entorno da Praça Coronel Pedro Osório, situado no centro histórico da cidade. Este casarão, edificado em 1878, é reconhecido também como a Casa do Conselheiro, porque o responsável por sua construção e primeiro proprietário foi Francisco Antunes Maciel, herdeiro de um poder econômico e social de famílias influentes na cidade e que se tornou um líder político, tendo o ápice de sua trajetória como Conselheiro do Império. Abriga-se neste casarão, desde 2011, o Museu do Doce, um museu de responsabilidade da Universidade Federal de Pelotas. Esta edificação tem sido tratada como objeto de estudo, sob diversas abordagens, desde o campo da Museologia (LEAL, 2019; POLIDORI, 2020), das Artes (SANTOS, 2007) e, especialmente, da Arquitetura (CHEVALLIER, 2002; ZAMBRANO, 2016), por sua importância para a história da cidade. Faz parte de um conjunto de três casarões, reconhecido como um bem cultural pelo Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico Nacional, IPHAN, sob a justificativa de ser um dos primeiros exemplares do estilo eclético do país.

Em trabalho anterior, Borda et al (2016), a Casa do Conselheiro foi objeto para uma experimentação no campo da representação por meio de tecnologia de escaneamento 3D a laser, quando então foi adquirida uma nuvem densa de pontos que permite a documentação e investigação precisas sobre as características formais deste patrimônio.

Existe a hipótese de que o autor do projeto deste Casarão seja o Arquiteto José Isella, responsável por outras obras na cidade. Esta hipótese encontra-se registrada nos estudos de arquitetura de Chevallier (2002), e mencionada em Santos (2007) e Leal (2019), estudos da área das Artes e da Museologia, respectivamente. Chevallier (2002) esteve focada na própria biografia de José Isella, sem, contudo, encontrar documentação para afirmar a autoria deste arquiteto relativa a tal projeto.

Uma das particularidades da arquitetura desta edificação está na provocação multissensorial advinda das ornamentações de fachadas e tetos em estuque, e em especial do elemento claraboia, situado ao centro do corpo principal do Casarão. Este elemento,

impregnado de simbolismos, pode ser compreendido, em sua localização no todo do Casarão e em sua configuração formal, a partir da sequência de imagens da Figura 1. A associação das duas imagens da esquerda da figura permite situar a claraboia, a qual está representada seccionada e por um modelo digital da nuvem de pontos, obtida pelo processo de escaneamento 3D, referido anteriormente, desde o interior dos ambientes do Casarão. A terceira imagem, uma fotografia do elemento desde o exterior, facilita descrever a maneira como o projetista buscou matizar a cor da luz que incide no interior da edificação. Trata-se de uma estrutura poliédrica, em ferro e vidro, que muito se aproxima a uma superfície cônica, a qual permite, desde um ponto de vista interno, ver a cor do céu. Entretanto, há um cilindro, na base desta estrutura, constituído por um friso de vidros em tons de azul, invisível desde o interior, porém com a nítida função de produzir uma iluminação zenital de um dia com céu azul. A imagem da direita ilustra o efeito produzido por este coroamento. Ao se erguer a mirada, desde o centro do ambiente onde se situa esta claraboia, um olhar atento pode perceber a representação de um olho. Internamente, o tronco de cone que sustenta o elemento é revestido por uma superfície curva, em estuque, a qual auxilia na indução da percepção visual de um vidro curvo, contínuo, cujo efeito parece representar a pupila de um olho azul. Pelotas tem muitos dias de céu cinzento, esta estratégia cria uma ambiência compensatória para isto.

Figura 1: Na sequência, a fotografia do Casarão 8, uma nuvem de pontos com o elemento claraboia seccionado (circunferência) e as imagens externa e interna da claraboia.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Este mesmo tipo de estrutura de coroamento, em ferro e vidro, aparece em outras edificações do entorno da mesma Praça, inclusive em uma das que conformam o conjunto dos três casarões que constituem uma única testada de um quarteirão. Este caso está ilustrado pelas duas imagens da esquerda da Figura 2, relativas ao casarão localizado na outra esquina do mesmo quarteirão. Trata-se de uma construção remodelada, comprovadamente, por José Isella, cujo projeto adequou uma arquitetura colonial ao estilo eclético. A outra estrutura, ilustrada na imagem da direita da mesma figura, está situada sobre o hall da escadaria interna da Prefeitura Municipal de Pelotas, edificação com autoria comprovada de outros projetistas.

Figura 2: À esquerda, edificação remodelada por José Isella; à direita, Prefeitura Municipal de Pelotas, outros autores.



Fonte: fotografias das fachadas, acervo da secretaria de cultura da prefeitura municipal de pelotas, 2010.

A diferença destas duas claraboias apresentadas na Figura 2, em relação a do Casarão 8, é que elas não estão sustentadas por um tronco de cone, como representado na imagem da esquerda da Figura 3, pelo modelo físico da parte externa do elemento. A superfície curva, que reveste internamente este tronco, pode ser compreendida por sua seção na imagem central desta mesma figura. A imagem da direita permite visualizar esta superfície branca, em estuque, aqui interpretada como representação do globo ocular. Ainda, a imagem central da Figura 3, facilita a compreensão das relações proporcionais com a figura humana, utilizadas pelo projetista para caracterizar os efeitos percebidos.

Figura 3: Representações da claraboia do Casarão 8: modelo físico/volumetria externa; seção perspectivada; fotografia.



Fonte: Peronti et al, 2016.

É sobre esta habilidade de provocar percepções visuais específicas sob um determinado ponto de vista que se embasa esta investigação para reforçar ou refutar a hipótese da autoria de Isella sobre o Casarão 8.

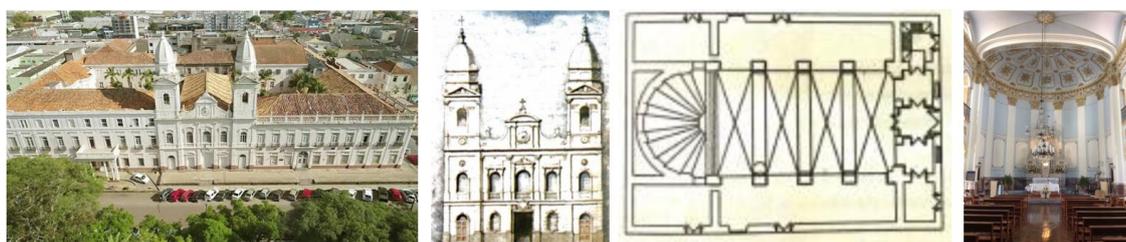
Em Borda et al (2020), encontra-se destacado outro caso na arquitetura eclética pelotense que demonstra este mesmo tipo de habilidade do projetista para a construção de imagens, em uma edificação cuja obra foi inicializada quase no mesmo ano de conclusão do Casarão 8. Trata-se do caso da Capela da Santa Casa de Misericórdia de Pelotas, uma obra com a autoria comprovadamente atribuída a José Isella.

A demonstração desta habilidade refere-se a uma imagem específica que é oferecida ao espectador ao acessar a Capela, pela porta principal. De acordo com Chevallier (2002), esta Capela foi edificada entre os anos de 1877 e 1884 e, como pode ser entendida pela fotografia aérea, à esquerda da Figura 4, está posicionada como elemento central da fachada principal do complexo de todo o hospital. O desenho de José Isella, apresentado na segunda imagem da mesma figura, propõe um vão aberto, interpretando-se como um convite para adentrar e contemplar a imagem criada para o interior da Capela. Por meio do desenho em planta baixa, pode-se observar que o altar está coberto por uma meia cúpula, a qual, como mostra a

fotografia na sequência, é percebida como uma cúpula inteira, propositalmente, sob o ponto de vista privilegiado de quem acessa a capela.

Há um conjunto de elementos construtivos que estão configurados para reforçar este efeito anamórfico e enganar o olho do espectador. Entende-se assim que este controle formal, apoiado em um conhecimento próprio da perspectiva, identificado em poucas obras desta arquitetura pelotense do final do século XIX, possa ser outro indício para reforçar a hipótese aqui abordada.

Figura 4: Fachada da Santa Casa de Misericórdia, Desenho da fachada e planta baixa ao centro e meia cúpula vista da entrada da Capela.



Fonte: Chevallier, 2002.

Este controle preciso, para a geração de efeitos anamórficos, certamente Isella traz de sua formação, como arquiteto italiano, apoiada nos estudos dos tratadistas do século XVI. De acordo com Cabezos *et al* (2014), os primeiros tratados em abordar a anamorfose são os de Vignola, de 1562, e de Barbaro, de 1568. Tais efeitos são estratégias exploradas para estabelecer uma linguagem arquitetônica, tanto sob um teor metafísico como de divertimento (ALVES, 2016).

Para compreender a maneira de organização formal envolvida em ambos os casos, do efeito da claraboia do Casarão 8 e da meia-cúpula da Capela da Santa Casa, em trabalho anterior, Xavier *et al*, 2021, buscou-se o apoio nos recursos digitais de representação, especialmente os que garantem maior precisão como são as tecnologias de escaneamento 3D, já disponível para o estudo do primeiro caso, e a fotogrametria digital, posteriormente utilizada para o estudo do segundo caso. A obtenção de modelos por estas tecnologias facilitou a manipulação virtual dos elementos envolvidos para extrair os parâmetros geométricos utilizados. Este estudo dá continuidade à compreensão desta geometria que promove as referidas percepções anamórficas por meio de técnicas de desenho paramétrico. Isto envolve o exercício de algoritmização dos procedimentos projetuais de organização dos elementos abordados em suas relações formais de acordo com o posicionamento de um ponto de vista específico.

Investe-se assim na produção de uma representação precisa e interpretativa destes elementos, por meios digitais, para serem comparadas e com isto poder identificar indícios, geométricos, que possam reforçar ou refutar a autoria de Isella ao projeto do Casarão. O interesse está também em avançar, desde representações que traduzam os conhecimentos gerados a uma linguagem acessível de difusão (manipulação interativa dos modelos digitais como um jogo) para uma linguagem técnica com alto nível de abstração e contribuição para o processo formativo de arquitetura.

Esta investigação se apoia em Piaget, para justificar a importância de gerar representações que possam ser manipuladas em sua tridimensionalidade e, com isto, ativar a tomada de consciência sobre a intenção projetual que atribuiu, às arquiteturas abordadas, esta dimensão simbólica, estética e emocional.

As técnicas de desenho paramétrico, no contexto do processo formativo de arquitetura, aqui estão sendo interpretadas como estratégias para a promoção da abstração reflexionante. Nos termos das teorias piagetianas, este tipo de abstração refere-se ao processo pelo qual se constrói capacidades novas de aprender, de pensar, de conhecer. Entende-se que para a estruturação de uma representação por linguagem de programação visual, exigida por tais técnicas, há que se traduzir em números, há que se explicitar as relações algébricas entre as formas e os lugares geométricos que configuram as cenas arquitetônicas produzidas pelos projetistas. Faz-se necessário chegar ao topo de uma abstração reflexionante que é a generalização (um mesmo modelo para ser visto por diferentes pontos de vista/ um mesmo modelo a ser instanciado em diferentes configurações formais). Faz-se necessário tomar consciência de cada intencionalidade sobre a forma, e, neste estudo, sobre a geometria que a define.

2. Procedimentos Adotados

O estudo contemplou uma breve revisão bibliográfica e documental sobre José Isella e suas obras de arquitetura, apoiando-se especialmente em Chevallier (2002) e nos estudos do campo da Museologia para compreender as circunstâncias do momento construtivo da Casa do Conselheiro e as razões das dúvidas autorais, investigadas por Leal (2019).

O desenvolvimento do tema foi impulsionado por atividades de disciplinas de mestrado, junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da UFPel. As disciplinas envolvidas foram: Representação Gráfica e Digital para Arquitetura e Urbanismo (2019/02), a qual subsidiou o uso de conceitos de organização formal, desde as análises de relações proporcionais ao conceito de anamorfismo, para a compreensão de procedimentos de modelagem geométrica e visual, sobre a representação da forma e da aparência da arquitetura; Análise e Representação de Geometrias Complexas da Arquitetura Contemporânea (2020/02), a qual subsidiou a compreensão dos tipos de superfícies curvas envolvidas nos projetos, por meio da análise e implementação de esquemas em desenho paramétrico; Fundamentos para a docência em Representação Gráfica e Digital (2021/01), a qual subsidiou com fundamentos didáticos associados ao uso do conceito de jogos. Por outra parte, teve o apoio em uma parceria com o Departamento de Expressão Gráfica da UNIZAR, pelo acesso aos materiais didáticos disponibilizados junto a um sistema formativo, na modalidade remota, em fotogrametria digital por meio da disciplina dirigida à graduação, Representação do Patrimônio. Esta oportunidade promoveu o aperfeiçoamento no emprego de tais tecnologias.

Cada uma das atividades foi sistematizada para constituir elementos teóricos e tecnológicos para compor uma narrativa para o desenvolvimento de dispositivos lúdicos, por meio do uso de plataformas de jogos para constituir um ambiente digital interativo tridimensional, de acesso livre e gratuito. Teve-se em conta o interesse de disponibilização deste jogo nos sites do próprio Museu do Doce (sediado no Casarão) e do Museu da Santa Casa. Traduzir este estudo em um jogo digital tem como objetivo oportunizar a construção de conhecimento sobre tais arquiteturas de maneira coletiva, na expectativa de que com a difusão e acesso possam advir, de uma interação dialógica com a sociedade em geral,

elementos que contribuam para incrementar as informações sobre a questão aqui estudada. Além disto, esta difusão permite evidenciar as especificidades técnicas da arquitetura de Isella, sob esta abordagem geométrica, de controle preciso dos efeitos da perspectiva, detalhes que muitas vezes podem passar despercebidos pelos olhares leigos ou até mesmo pelos mais especializados no campo da arquitetura.

O uso de uma nuvem de pontos obtida por escaneamento 3D preexistente foi aplicado para a obtenção do modelo tridimensional da claraboia do Casarão 8. Embora a nuvem estivesse disponível, os dados do escaneamento utilizados ainda não tinham sido tratados. Foi necessária a execução de um processo de limpeza, segmentação da área de interesse, para a obtenção do modelo tridimensional utilizado para análise e para a execução do que se configurou como um jogo para a interação com o modelo. Já para a meia cúpula da Capela da Santa Casa de Pelotas, foi necessário executar um levantamento fotográfico para a produção de uma nuvem por fotogrametria digital para a obtenção do modelo tridimensional do elemento. Ambos os modelos foram configurados no formato OBJ (passível de ser utilizado em plataformas de jogos digitais).

Representações técnicas e interativas, para a compreensão dos parâmetros geométricos, foram utilizadas para o estudo de cada elemento. As análises geométricas foram realizadas sobre as representações em projeções ortogonais, quanto às questões métricas e relacionais, utilizando-se de comparações com padrões proporcionais clássicos, recorrentes na produção destes exemplares da arquitetura eclética historicista pelotense. O estudo das relações entre os pontos de vista selecionados e a forma de cada elemento para a produção dos efeitos anamórficos foi realizado, inicialmente, a partir das representações interativas, elucidados também pelos parâmetros identificados sobre as projeções ortogonais. A partir desta etapa analítica sobre os modelos tridimensionais precisos, partiu-se para a estruturação dos esquemas em programação visual.

Desta maneira, replicam-se os procedimentos indicados por Terzidis (2006): dedução, indução, abstração, generalização e lógica estruturada. As etapas de dedução e indução são contempladas com as análises anteriormente referidas, para a extração das lógicas e verificação de possíveis correspondências de organização formal entre os elementos. A etapa de abstração está relacionada ao emprego do desenho paramétrico, com a utilização da linguagem informática, facilitada pela associação das ferramentas *Rhinoceros*, de representação gráfica digital, e *Grasshopper*, editor algorítmico. A interface deste editor facilita a implementação das correspondências entre a linguagem gráfica e algébrica sem exigir o domínio de uma linguagem textual de programação (*script*), ainda conveniente para o contexto formativo em arquitetura. A etapa de generalização refere-se à busca da comprovação das lógicas extraídas e dos parâmetros específicos para corresponder com as configurações formais estudadas e suas possíveis similaridades entre os modos de projetar (sob os aspectos geométricos da forma). Tendo-se como última etapa a proposta de disponibilização de uma lógica estruturada, cuja manipulação dos parâmetros e ordem de conexões permite gerar a lógica do objeto estudado. Esta lógica estruturada por programação visual aqui estará interpretada como um dispositivo lúdico para processos formativos em técnicas avançadas de representação, para o estudo de transformações geométricas para além da geometria euclidiana e projetiva, podendo avançar para o campo da topologia. A atribuição de diferentes valores aos parâmetros determinados possibilita gerar múltiplas variações, mantendo as condições topológicas da forma (OXMAN, 2006).

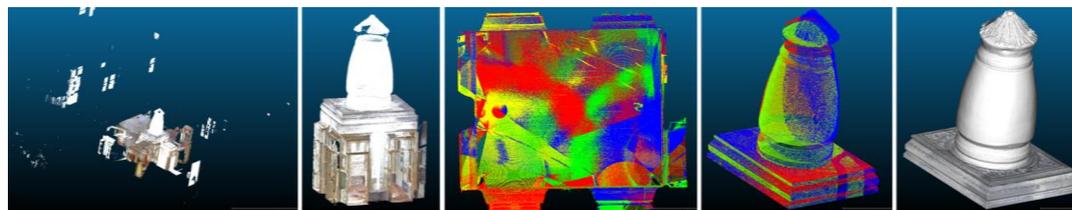
Por fim, a aplicação do conjunto destes procedimentos deve subsidiar a confrontação dos tipos de lógicas de organização formal empregadas nos dois projetos e incrementar o conhecimento sobre esta arquitetura.

3. Resultados e Discussão

3.1. Quanto às Representações Produzidas Sobre a Claraboia do Casarão 8 e da Meia Cúpula da Capela da Santa Casa

Para este estudo foi utilizada a nuvem de pontos obtida por escaneamento 3D preexistente do Casarão, isolando-se o ambiente da claraboia. Os dados brutos do escaneamento foram tratados no *Software Cloud Compare*. A nuvem de pontos do ambiente foi constituída pelos dados de 4 posições do equipamento, para cobrir sua totalidade. A sequência de imagens da Figura 5 ilustra etapas do processo de tratamento dos dados. Na imagem da esquerda observa-se a nuvem de pontos relativa às superfícies de toda a edificação, as quais foram passíveis de serem acessadas pela varredura a laser com o equipamento utilizado no levantamento de 2015. A segunda imagem apresenta o resultado do isolamento da parte de interesse, após a limpeza, agora realizada, para remover ruídos (pontos não pertencentes à superfície visível do elemento). Com o tratamento da nuvem de pontos, específica da área de interesse, houve uma redução de 4.903.313 pontos para 992.753. Esta redução, para aproximadamente 20% dos dados brutos, foi possível pela eliminação da redundância sobre a representação de cada ponto, em função das informações advindas das quatro posições do equipamento. Ao mesmo tempo em que esta redundância atribui precisão para o alinhamento das nuvens, sobrecarrega o peso do arquivo, o que não se faz conveniente para a manipulação do modelo em tempo real. As duas representações em cores, em planta baixa e em perspectiva, permitem compreender a sobreposição dos dados advindos de cada posição do escâner (quatro cores diferentes). A imagem da direita representa o modelo já otimizado para que exista, na mesma coordenada, apenas um único ponto. Desta maneira não há perda de informação para a representação da forma da superfície interna do elemento da claraboia.

Figura 5: Etapas do processo de tratamento dos dados brutos da nuvem de pontos



Fonte: Elaborado pelos Autores..

Destaca-se que, como se trata de uma nuvem de pontos composta por mais de um escaneamento, foi refeito o cálculo das normais, para que fossem corrigidas e, desta maneira nenhuma parte da nuvem resultasse em uma malha contendo faces invertidas. Com esses processos a *Triangulated Irregular Network* (TIN) ou malha triangular irregular gerada foi também otimizada, o que resultou em um modelo de superfície mais uniforme e menos denso do que teria sido sem a realização dos procedimentos citados. Este modelo de superfície foi gerado no formato *.obj. Este formato, como já comentado, permite interoperabilidade com as ferramentas digitais a serem utilizadas posteriormente.

Entretanto, mesmo com tais otimizações, este modelo de superfície ainda apresenta uma TIN muito densa, com um elevado número de triângulos, o que não é adequado para a manipulação em tempo real. O modelo de nuvem resultante desse processo possui 992.753 vértices e 1.979.238 faces, o que configurou um arquivo de 168.886 MB. Com o propósito de reduzir o peso deste arquivo, foram utilizados procedimentos do software *Instant Meshes* os quais auxiliam na simplificação da TIN, ao avaliar as normais de triângulos adjacentes para fusioná-los quando estas são praticamente correspondentes. Com estes procedimentos o arquivo do modelo passou para 69.245 vértices, 137.924 faces e, com isto, ficou com um tamanho de 12.154 MB. Trata-se ainda de um arquivo extremamente pesado para o desenvolvimento de modelos para jogos digitais, frente às recomendações usuais de plataformas próprias, como, por exemplo, as mencionadas em Unreal (2021). Ainda assim é bem menos que os 50 MB que o repositório do *sketchfab* permite de carga e que será utilizado posteriormente para o desenvolvimento do jogo. Outra questão a ser considerada, para relativizar, é que o modelo irá ser instanciado apenas uma vez na máquina do usuário e que o jogo ficará hospedado na web. Com isto, esses valores não apresentam atualmente grande problema frente à qualidade do modelo gerado contraposta ao desejo, por parte destes desenvolvedores, de que se manipule um elemento derivado de uma nuvem de pontos para contemplar a estratégia projetual envolvida no objeto em questão. O modelo gerado está disponível para ser manipulado de maneira aberta em <<https://skfb.ly/oo998>>. As imagens da Figura 6 derivam da captura de um momento de exploração deste modelo digital de superfície. Na imagem da direita fica evidente a triangulação da superfície representada.

Figura 6: Modelo digital interativo do elemento claraboia.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Para a obtenção do modelo da meia cúpula, da Capela da Santa Casa, foi utilizada a técnica de fotogrametria digital *Dense Stereo Matching* (DSM). O levantamento fotográfico compreendeu um total de 167 imagens. Estas fotografias foram utilizadas para gerar a nuvem de pontos com o uso do software *Agisoft Metashape Professional*. O modelo gerado foi exportado no formato *obj* texturizado (Figura 7).

A etapa de simplificação da TIN não foi realizada nesse modelo, para a obtenção do arquivo no formato *obj*, pois ele foi gerado possuindo 18 MB. Sendo assim, foi possível carregá-lo diretamente no repositório do *Sketchfab*, o qual permite, como já comentado, o *upload* de arquivos 3D com até 50MB.

Figura 7: À esquerda, vista superior do modelo da meia cúpula da Capela com o posicionamento de câmera para a fotogrametria digital; ao centro modelo texturizado; à direita, modelo posicionado para a percepção de uma cúpula inteira.



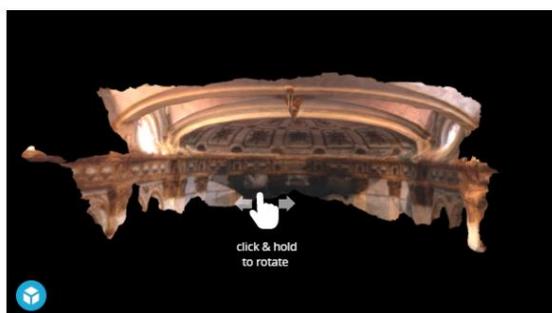
Fonte: Elaborado pelos Autores..

Os modelos estão disponíveis em uma plataforma online, o Google Sites, e podem ser acessados por qualquer navegador web através do link: <<https://sites.google.com/view/quiz-anamorfismos/inicio>>. A imagem da Figura 8 ilustra a proposta do jogo que estará associada a uma lista de questões a serem provocadas para instigar à manipulação do modelo e perceber o jogo arquitetônico proposto pelo projetista, José Isella. Trata-se de uma imagem da página provisória de acesso, pois está em fase de desenvolvimento do Design da interface. À esquerda, tem-se o modelo interativo e, à direita, uma coluna prevista para a exposição das questões provocativas para motivar a manipulação do modelo associada ao conhecimento construído. A ideia é promover um processo dialógico com a sociedade e coletar dados sobre as percepções e informações que possam auxiliar para a elucidação do problema tratado e compartilhar os saberes arquitetônicos construídos sobre a obra do arquiteto José Isella ou de outros projetistas que atuaram neste cenário do século XIX na cidade de Pelotas. As questões enfatizarão as estratégias anamórficas e das lógicas associativas entre as partes dos elementos estudados. O recurso tem assim o propósito de empoderamento do jogador para que ele também possa discutir e elaborar hipóteses quanto à própria geometria envolvida e à autoria do projeto da claraboia.

Figura 8: Interface provisória para o jogo digital.

Uma obra de José Isella:

Capela da Santa Casa de Misericórdia de Pelotas



Isella em seu projeto da capela da Santa Casa de Misericórdia de Pelotas nos proporciona a visualização de uma cúpula de base circular sobre o altar. O modelo tridimensional desta cúpula disponível para interação

ao entrarmos na capela, mas ao fixarmos o olhar e andar em direção ao altar observamos que ela não passa de um cuidadoso trabalho de anamorfismo arquitetônico.

Manipulando o modelo ao lado podemos ver que ele é?

1/4 de uma esfera.

1/4 de um elipsoide.

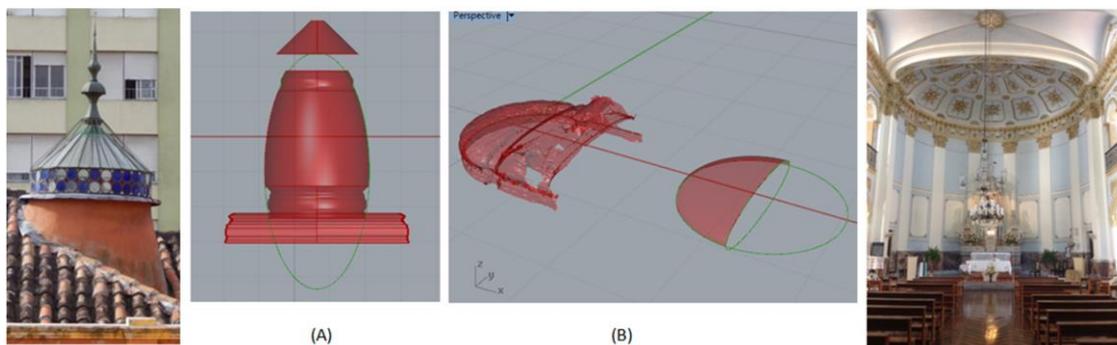
Fonte: Elaborado pelos Autores.

3.2. Quanto às Análises Geométricas Produzidas Sobre a Claraboia do Casarão 8 e da Meia Cúpula da Capela da Santa Casa

A análise feita sobre os modelos gerados pela nuvem de pontos permitiu identificar que a superfície interna utilizada no elemento do Casarão 8 está configurada por um elipsoide alongado, seccionado nas extremidades, conforme a Figura 9 (A). Tal análise foi realizada por meio do desenho paramétrico, utilizando-se uma linguagem de programação visual.

Quando este processo foi replicado para analisar a meia cúpula da Capela identificou-se que este elemento está conformado por um 1/4 (um quarto) de um elipsoide achatado, conforme pode ser observado na Figura 9 (B).

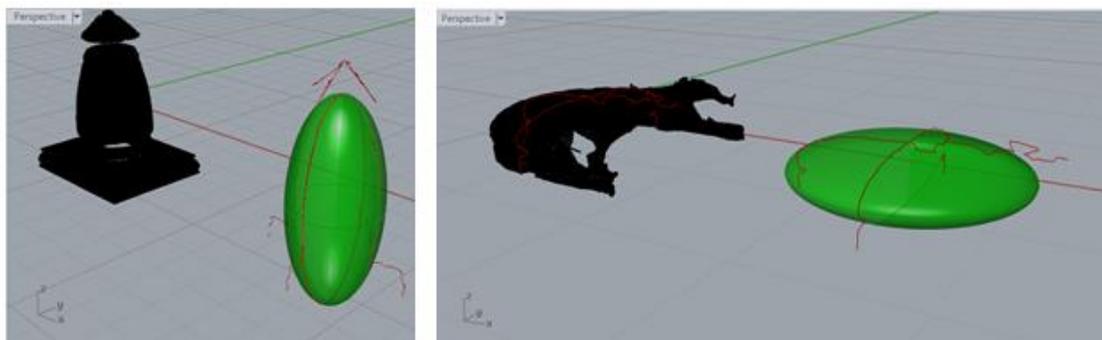
Figura 9: (A) identificação de um elipsoide alongado para delimitar o elemento da claraboia do Casarão 8. (B) identificação de um elipsoide achatado que orienta a formalização da meia cúpula da Capela da Santa Casa.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

A modelagem tridimensional das superfícies foi realizada a partir da malha gerada por ambas as nuvens de pontos, por meio de planos de cortes que foram inseridos para extrair as curvas constituintes de ambas as cúpulas (Figura 10). Como resultado das seções, encontraram-se curvas elípticas nas duas estruturas. Os modelos tridimensionais foram gerados por revolução destas curvas em torno dos seus eixos de simetria. Para a configuração da superfície de cada modelo foram realizados procedimentos por secções e subtrações, o que possibilitou observar a correspondência, entre os dois projetos, no tipo de organização dos elementos curvos (elipsóides).

Figura 10: Seções dos modelos com identificação de elipses.

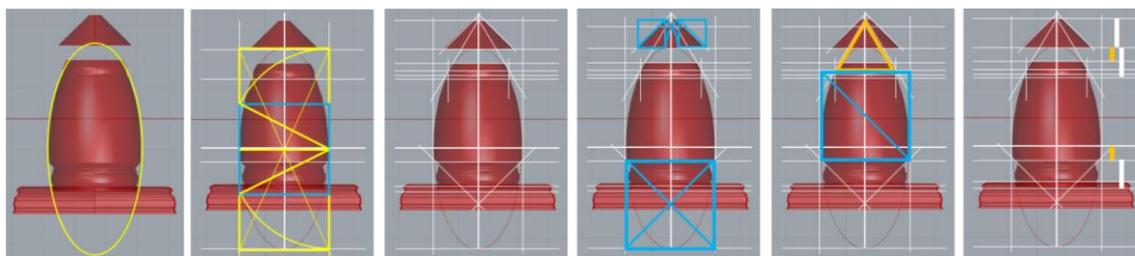


Fonte: Elaborado pelos Autores.

Ao densificar as análises sobre a estrutura da claraboia foram constituídas hipóteses de uma estrutura geométrica rigidamente controlada por lógicas clássicas, implícitas a cada um dos elementos para estabelecer uma relação de unidade. Entende-se que além das questões estéticas, certamente, tais organizações podem ter sido propositais para também facilitar a efetivação das técnicas construtivas. Da esquerda pra direita, da Figura 11, tem-se: a identificação de uma elipse de eixo maior vertical, a qual pelo processo de revolução configura um elipsoide alongado; o polígono envolvente desta elipse está caracterizado com a proporção raiz de 5 (ou recíproca da áurea), e observa-se a lógica de que o lugar da seção superior se dá exatamente na interseção desta curva com as diagonais deste retângulo envolvente; a partir dos traçados que representam os lugares geométricos em projeção (terceira imagem) foi possível visualizar a recorrência do quadrado e da proporção raiz de 2, evidenciados na cor azul, assim como observar que as direções inclinadas correspondem à 45° (diagonal do

quadrado); na penúltima imagem da figura, identifica-se a lógica de um triângulo equilátero, cujo movimento de revolução gera um cone, apropriado para conduzir o olhar do observador para o centro da estrutura (olho); na imagem da direita, observa-se a repetição de distâncias para definir as alturas de partes do elemento.

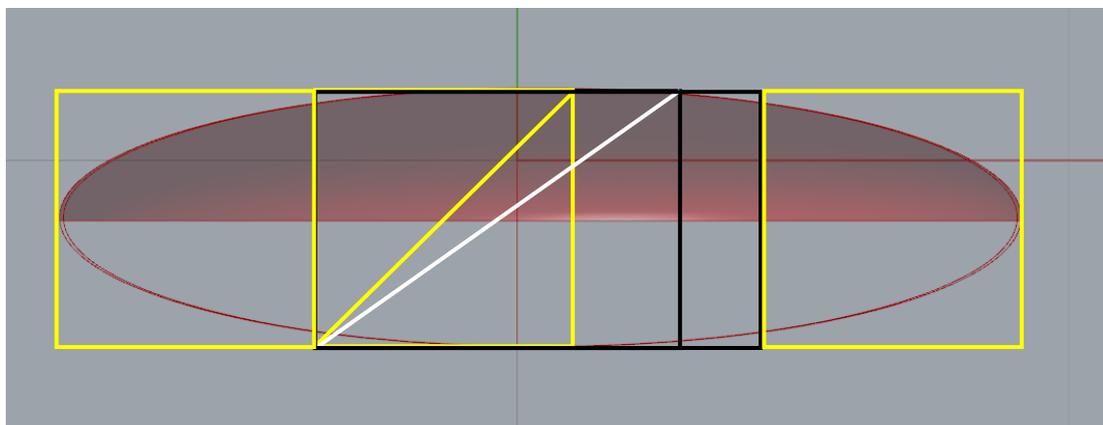
Figura 11: Elaboração de traçados e hipóteses sobre a estrutura geométrica da claraboia



Fonte: Elaborado pelos Autores.

As análises sobre a cúpula da Capela da Santa Casa demonstraram uma estrutura geométrica também regulada por proporções clássicas. A elipse geratriz possui uma composição de dois quadrados e uma proporção raiz de 3, conforme pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Elaboração de traçados e hipóteses sobre a estrutura geométrica da meia CÚPULA



Fonte: Elaborado pelos Autores.

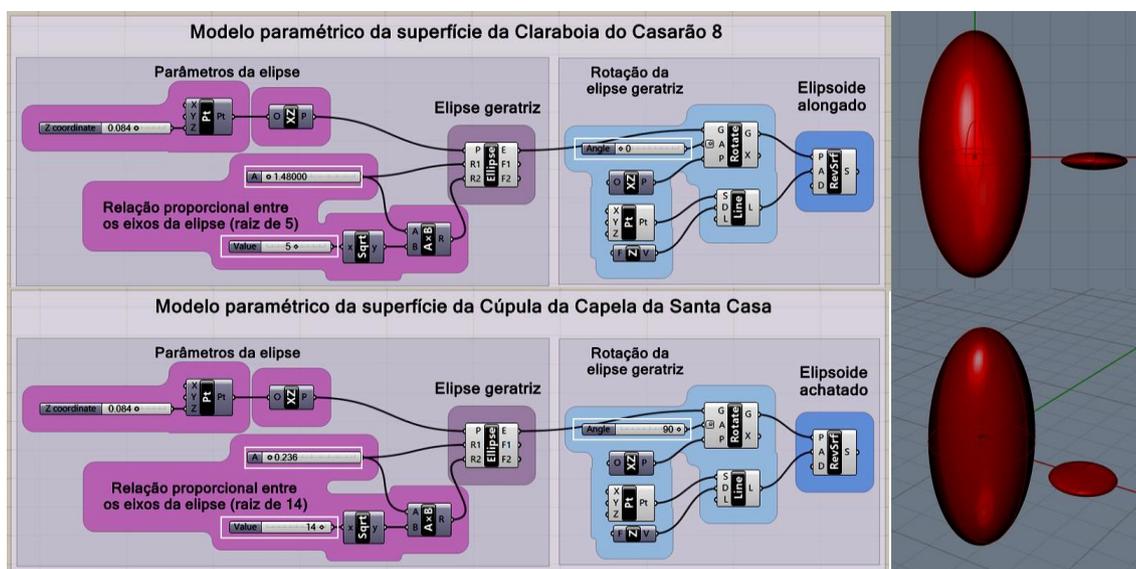
3.3 Quanto à Parametrização da Geometria das Superfícies Elipsoidais

O processo de representação por meio do desenho paramétrico permitiu caracterizar um modelo relacional as associações geométricas existentes entre as partes de cada um dos elementos, individualmente, assim como observar as diferenças ou similaridades entre partes dos dois elementos arquitetônicos.

Inicialmente, como atividade disciplinar, foi estruturada uma programação de um elipsoide que, ao ser instanciado, permite gerar a superfície curva que compõe a sustentação da claraboia do Casarão 8 e a superfície que dá o regramento para a geração da meia cúpula da Capela da Santa Casa. Na Figura 13 está ilustrada tal programação em suas etapas

construtivas e os modelos geométricos resultantes da modificação dos parâmetros relativos às dimensões dos eixos das elipses. Estes parâmetros se referem aos valores dos tipos de raízes (proporções adotadas) que determinam as relações entre os eixos maior e menor das curvas elipses geratrizes das superfícies e ao valor do ângulo de rotação para posicionar estas curvas no espaço, considerando-se que para caracterizar um elipsoide alongado a revolução se dá em torno do eixo maior da elipse e para um achatado esta revolução se dá em torno do eixo menor da elipse. Os parâmetros alterados na programação estão demarcados com um retângulo na cor branca.

Figura 13: Programação visual do modelo paramétrico dos elipsoides que definem as superfícies da claraboia e da meia cúpula

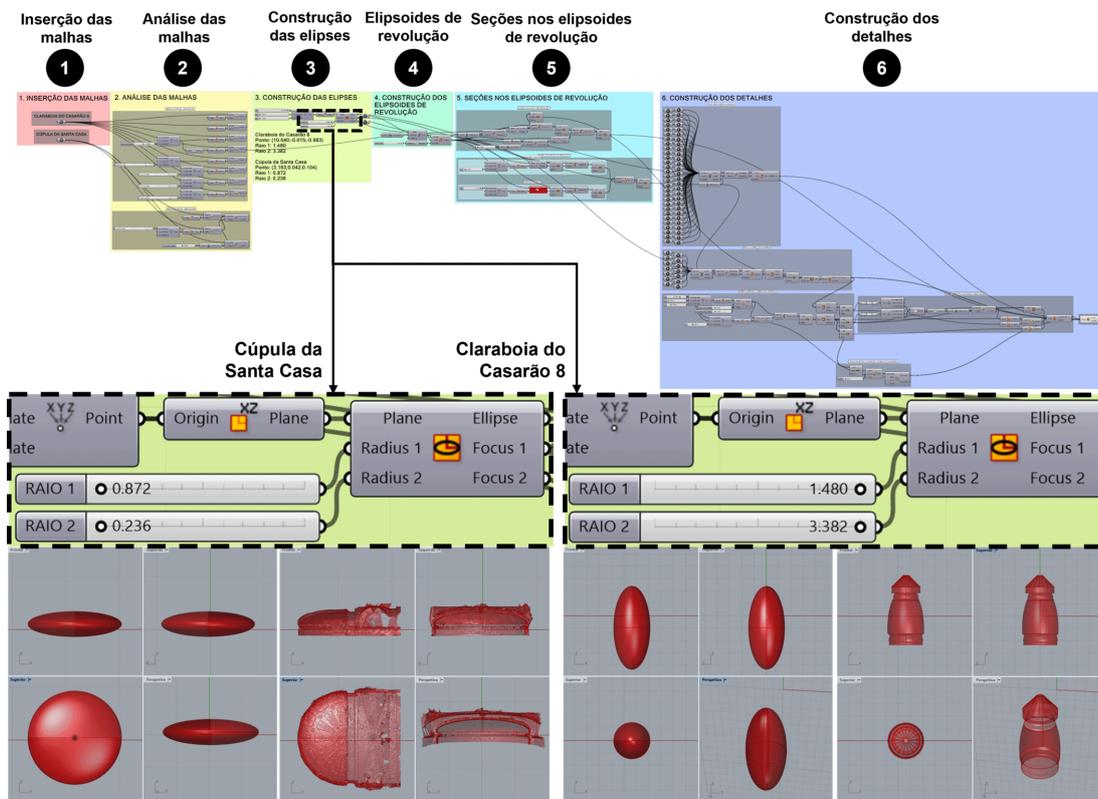


Fonte: Elaborado pelos Autores.

Em um segundo momento, a programação visual foi ampliada e, atualmente, encontra-se com o elemento claraboia parametrizado em quase a totalidade de seus componentes, sendo representado pelo esquema que compreende os procedimentos de 1 a 6, apresentado na Figura 14. A meia cúpula da capela já está parametrizada em seus elementos fundamentais (de 1 a 5). A imagem 15 permite observar os parâmetros associados às instâncias que configuram os elipsoides de cada um dos elementos.

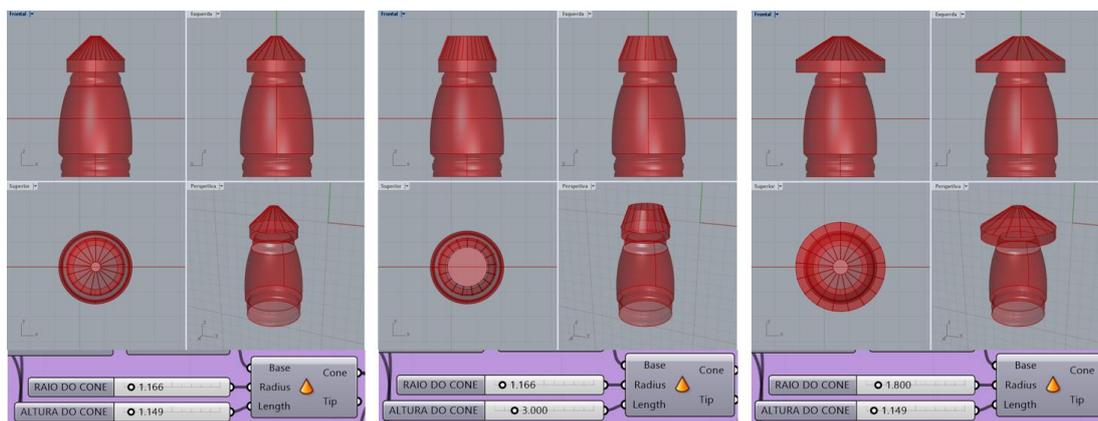
Por meio das três instâncias representadas na Figura 15, se objetivou exemplificar como se dá o jogo de transformações possíveis de variações topológicas, permitidas pelo desenho paramétrico do elemento da claraboia. A instância relativa às imagens da esquerda refere-se àquela que o projetista definiu para caracterizar a inclinação da geratriz da superfície cônica que promove o efeito do vidro curvo, junto ao sistema perceptivo para a claraboia. O jogador pode experimentar a variação de cada um dos elementos constituintes deste elemento, observando os valores exatos adotados junto ao sistema projetado. A exploração deste sistema poderá suscitar outras lógicas ainda não identificadas no âmbito deste estudo.

Figura 14: Programação visual do modelo paramétrico da claraboia e cúpula



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Figura 15: Instâncias que configuram transformações de cada um dos elementos da claraboia.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Nos termos de Terzidis (2006), este redesenho, a partir do método implicado no desenho paramétrico, promoveu a dinâmica de transitar entre procedimentos dedutivos (as construções gráficas) e indutivos (as associações). Este método exigiu revisitar procedimentos projetuais clássicos, gráficos, para traduzi-los por meio da álgebra, avançando no desenvolvimento da capacidade de abstração, ao chegar à generalização (topo da abstração reflexionante): formalização das operações matemáticas a serem empregadas para

estabelecer as associações entre as partes dos elementos e entre eles. Estas generalizações permitem assim avançar na capacidade de aprender, pensar e conhecer. Em termos formativos, estes são os verbos para a postura científica. O estudo, com a adição do desenho paramétrico, motivou o questionamento sobre a possibilidade de generalização dos procedimentos projetuais identificados, frente ao contexto em que se insere este patrimônio, em que certamente existem outros efeitos anamórficos compondo a arquitetura eclética da cidade, ainda a serem desvendados e valorizados.

4. Considerações Finais

As análises comparativas entre as geometrias, da meia cúpula da Capela da Santa Casa de Misericórdia de Pelotas e da claraboia da Casa do Conselheiro, atual Museu do Doce da UFPel, possibilitaram observar correspondências no tipo de organização formal dos elementos curvos (elipsoides) que configuram tais elementos arquitetônicos. Como enfatizado desde a introdução deste artigo, os meios empregados para o desenvolvimento destas análises, situados no campo de estudos em representação gráfica e digital, contemplam interesses culturais (construção de conhecimento sobre o patrimônio) e formativos em projeto de arquitetura.

A representação interativa digital oportuniza a manipulação em 360 graus, o que configura um jogo para entender o ponto de vista exato que gera o efeito anamórfico projetado para caracterizar os objetos referidos. Estas representações estão sendo disponibilizadas para acesso online, no site das instituições que abrigam as edificações.

O estudo disponibilizou uma documentação precisa dos elementos. As similaridades identificadas reforçam a hipótese de que José Isella, autor do Projeto da Capela, seja também autor do Projeto do Casarão.

O conhecimento e as representações produzidas permitem subsidiar processos formativos, de arquitetura, pela explicitação das estratégias projetuais envolvidas nestes projetos e subsidiar o design de um jogo digital. Isto pode contribuir para a valorização destes bens culturais e compreender as qualidades multisensoriais destas arquiteturas e ainda oportunizar a difusão.

Há a possibilidade de manipulação dos modelos digitais para interagir com este patrimônio, por meio de representações que vão além da imagem, para provocar abstrações reflexionantes, nos termos piagetianos.

Deve-se considerar que as lógicas projetuais e construtivas implícitas aos elementos estudados provocaram uma apropriação efetiva das técnicas de fotogrametria digital e de desenho paramétrico. E, por fim o estudo disponibilizou, de maneira didática para a compreensão da arquitetura envolvida e de seus efeitos anamórficos e simbólicos, dois tipos de dispositivos lúdicos: os modelos tridimensionais digitais interativos e os esquemas paramétricos. Logicamente, dirigidos ao desenvolvimento de diferentes níveis abstracionais, entretanto provocando, o estabelecimento de abstrações reflexionantes, seja em um jogador leigo ou em um estudioso em tecnologias avançadas de representação como se estabelece o desenho paramétrico no campo formativo em arquitetura.

Agradecimentos

A CAPES e ao PROGRAU/UFPel, pelo apoio com bolsa de mestrado. Ao Projeto CAPES/PRINT/UFPel, pela bolsa de pós-doutorado, cujo o período, mesmo em meio ao momento de pandemia (COVID19) oportunizou a parceria com pesquisas desenvolvidas na UNIZAR/Espanha, a partir do Dr. Luís Agustin, no campo específico da fotogrametria digital aplicada ao patrimônio, e do Laboratório AffectiveLab (dirigido por Dra. Eva Cerezo e Dra. Sandra Baldassari), no campo da informática gráfica e na exploração de jogos digitais associados à computação afetiva. À administração da Santa Casa de Misericórdia por facilitar o acesso para o levantamento fotogramétrico realizado. Ao Eng. Diego Sacco, pela aquisição e disponibilização da nuvem de pontos do Casarão 8.

Referências

- ALVES, Ana Sofia dos Penedos. **O desenho da perspectiva na concepção de Trompe L’Oeils e anamorfoses**. Tese (Doutorado) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.
- BORDA, Adriane; SILVEIRA, Diego; MEDINA, Alex; VECCHIA, Luisa. Pontos (de vista) sobre o patrimônio: entre o escaneamento e a fotogrametria. In: **XX Congresso Internacional de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**, Buenos Aires. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher, 2016. v.3. p.651-556
- BORDA, Adriane; NUNES, Cristiane dos Santos; GOULART, Stefani Curth, SILVA, Bethina Harter. Adição gradual da informação sobre um patrimônio arquitetônico: produção de modelos e de sentidos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 49-63, 2020. DOI: 10.11606/gtp.v15i3.168715.
- CABEZOS, Pedro; CISNEROS, Juan; SOLER, F. Anamorfosis, su Historia y Evolución. **Expresión Gráfica Arquitectónica**, n. 23, p. 148-161, 2014. DOI: 10.495/ega. 2014.2184.
- CHEVALLIER, Ceres Maria. **Vida e obra de José Isella: arquitetura em Pelotas na segunda metade do século XIX**. Pelotas: Editora Mundial, 2002.
- LEAL, Noris Mara Pacheco Martins. **A trajetória de uma construção patrimonial: a tradição doceira de Pelotas e antiga Pelotas na constituição do Museu do Doce da Universidade Federal de Pelotas**. 2019. 291 f. Tese (Doutorado em Memória Social e Patrimônio Cultural) - PPG em Memória Social e Patrimônio Cultural. ICH, UFPel, Pelotas, 2019.
- GROETELAARS, Natalie Johanna. **Criação de Modelos BIM a Partir de "Nuvens de Pontos"**: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
- PERES, Rosilena Martins. **Legado da tecnologia construtiva de imigrantes italianos ao patrimônio arquitetônico de pelotas**. 13 de junho de 2008. 299 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- PERONTI, Gabriela; VEIGA, Monica; Borda, Adriane. A extensão da percepção: uma experiência com a produção de modelos táteis para descrever a ambiência gerada pela clarabóia do Casarão 8. Pelotas, RS In: **III Congresso de Extensão e Cultura/Tecnologia e Produção**. Pelotas: Editora da UFPel. v.7. p.48 – 51, 2016.

PIAGET, Jean. **Psicologia da inteligência**. Rio de Janeiro: Vozes, 2013. (Publicada originalmente em 1956).

POLIDORI, Estela. **Casarão nº 08** [recurso eletrônico]: **catálogo da restauração do Museu do Doce** - UFPel / Estela Delanoy Polidori, Ana da Rosa Bandeira. - Pelotas: Ed. UFPel, 2020.

REZENDE, Wagner Sousa de. **Do Analógico ao Digital: a evolução das Técnicas de Documentação do Ambiente Construído**. Editora Paco e Littera, 2018.

SANTOS, Carlos Alberto Ávila. **Ecletismo na fronteira meridional do Brasil: 1870-1931**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia.

UNREAL ENGINE. **Portal de aprendizagem para desenvolvimento de jogos da Unreal Engine**, acessado em 01/07/2021, disponível em: <https://www.unrealengine.com/en-US/onlinelearning-courses>

ZAMBRANO, Laura Gomes. **El centro histórico de la ciudad de Pelotas evolución urbana y gestión actual**. 2016. Tese (Programa de Doctorado y Diploma de Estudios Avanzados en Historia del Arte y Gestión Cultural en el Mundo Hispánico) - Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España, 2016.