

## REPRESENTAÇÃO, FABRICAÇÃO DIGITAL E MODELOS TÁTEIS: APLICAÇÃO EM MOBILIÁRIO DO ACERVO DE UM MUSEU<sup>1</sup>

*Cristiane dos Santos Nunes<sup>2</sup>*

*Maurício Costa Montone<sup>3</sup>*

*Rafael Redü Eslabão<sup>3</sup>*

*Edemar Dias Xavier Junior<sup>4</sup>*

*Adriane Borda Almeida da Silva<sup>5</sup>*

**Resumo:** Este trabalho relata e analisa um exercício de exploração de técnicas digitais de representação tridimensional, para dar conta de aperfeiçoar um modelo tátil, produzido por meio de fabricação digital, relativo a um mobiliário do século XIX. Trata-se de um armário, ornamentado com formas complexas, de um acervo museológico. O exercício evidenciou as associações convenientes entre técnicas digitais e tipos de geometrias envolvidos, disponibilizando um modelo fiel, em termos formais, ao objeto representado. Como em todo processo representacional, os resultados incluem a construção de conhecimento sobre o mobiliário em questão, permitindo ampliar o discurso veiculado junto ao museu que se insere.

**Palavras-chave:** representação gráfica digital; patrimônio cultural; modelos táteis; acessibilidade universal; impressão 3D.

**Abstract:** This work reports and analyzes an exploration exercise of tridimensional digital representation techniques, in order of refining a tactile model, produced by means of digital manufacture, related to a 19th century furniture. It is a cabinet, ornamented with complex forms, from a museum collection. The exercise evidenced the convenient associations between digital techniques and the involved types of geometries, providing a reliable model, in formal terms, to the represented object. As in any representational process, the results include the construction of knowledge related to the furniture in question, allowing to broaden the discourse related to the museum in which it is inserted.

**Keywords:** digital graphic representation; cultural heritage; tactile models; universal accessibility; 3D printing.

---

<sup>1</sup> Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas. cristiane.nunes@outlook.com.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas. mauriciomontone@gmail.com.

<sup>3</sup> Universidade Católica de Pelotas. rafael.eslabao@outlook.com.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas. edemar.xavier@inf.ufpel.edu.br.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas, Depto. de Arquitetura e Urbanismo. adribord@hotmail.com.

## 1 Introdução

A produção de modelos táteis relativos ao patrimônio cultural, por técnicas de fabricação digital, para o contexto que se insere este trabalho, tem se estabelecido como um propósito que contempla interesses formativos no âmbito da ciência, da tecnologia, da inovação e da extensão universitária.

Neste artigo, relata-se o investimento no aperfeiçoamento de modelos táteis, produzidos por meio de fabricação digital, relativos a mobiliários do século XIX, os quais fazem parte do acervo do Museu Municipal Parque da Baronesa, Pelotas/RS.

O parque da Baronesa é um dos elementos que compõe um Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da cidade de Pelotas/RS reconhecido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como Patrimônio Nacional. Neste local, situa-se o Museu da Baronesa, o qual expõe, dentre outros objetos, móveis e acessórios que testemunham um modo de vida característico de famílias abastadas da região, entre finais do século XIX e início do século XX. Estão incluídos, neste acervo, móveis originais da própria casa que hoje abriga o Museu, os quais pertenceram à família Antunes Maciel.

Para Pallasmaa (2018), os objetos são importantes mecanismos da memória, os quais materializam e preservam a passagem do tempo, concretizam a lembrança e estimulam e inspiram a recordação e imaginação. Uma instituição museológica utiliza-se destes suportes de memória, devendo atribuir acessibilidade a este tipo de informação para todos, e assim garantir o direito de fruição cultural.

Sob esta perspectiva, o Museu da Baronesa, aberto ao público em geral, já conta com alguns esquemas táteis, de caráter experimental, para atribuir acessibilidade aos objetos do acervo para pessoas com deficiências visuais (cegueira e baixa visão). Estes esquemas derivaram de resultados de diversas atividades complementárias as quais associam a produção de conhecimento sobre o patrimônio arquitetônico de Pelotas à atividade de representação por meio de tecnologias digitais de representação e fabricação, no âmbito da pesquisa (Projetos MODELA Pelotas e ACORDA), da formação de graduação (FAUrb/UFPel) e pós-graduação (Curso de Especialização em Gráfica Digital/UFPel) e ainda de projetos de extensão universitária (Projeto “Museu do Conhecimento para todos” e Projeto OFICINAS). A maior parte de desenvolvimento destes esquemas foi subsidiada por órgãos financiadores, seja para garantir a infraestrutura física (equipamentos de fabricação digital) ou bolsas de iniciação científica, tecnológica e de inovação, de ensino e extensão.

Deve-se destacar que o exercício de representação a ser referido neste estudo insere-se na atual versão do projeto MODELA Pelotas, que está em sua quinta edição. A abordagem que caracteriza o Projeto MODELA Pelotas V está focada na revisão de métodos de produção e disponibilização do seu acervo de modelos digitais, referentes à arquitetura de interesse patrimonial da cidade de Pelotas, frente ao conceito de desenho universal, nos termos referidos por Ornstein (2010). Dessa maneira, os recursos representacionais, produzidos até então, devem também passar a ter a sua versão tátil. Entretanto, devem poder ser utilizados pelo público em geral, não sendo somente instrumentos de acessibilidade para pessoas com necessidades especiais, mas instrumentos que potencializem a multissensorialidade de qualquer pessoa, e para o caso em questão, para a percepção do patrimônio pelotense.

Pereira *et al.* (2017) enfatiza o potencial multissensorial de modelos físicos, os quais, para o autor, ampliam a percepção de realidade espacial para qualquer pessoa, independentemente de suas capacidades visuais. O referido estudo traz um aporte científico diferenciado por ter, como autor principal, um profissional da área de arquitetura, que se torna pesquisador doutor na área após a perda total do sentido da visão.

Estudos anteriores, como os de Veiga, Vecchia e Silva (2016), Viana *et al.* (2016 e 2016a), declaram o objetivo de criação de modelos táteis de mobiliários do acervo do Museu da Baronesa para promover a garantia ao direito de fruição cultural por pessoas com deficiências visuais, que não podem tocar nos objetos patrimoniais expostos por questões de conservação. Observam, ainda, o potencial multissensorial destes modelos para o público em geral, trazendo autores como Sarraf (2013), que discute a problemática referente à utilização da comunicação estritamente visual, a qual causa a chamada “fadiga cultural” para aqueles que enxergam, além de prejudicar aqueles privados do sentido da visão. Rittes (2010) reforça sobre o potencial educador de objetos multissensoriais para todas as pessoas, com ou sem deficiências visuais.

Os modelos táteis que estão sendo disponibilizados junto ao Museu da Baronesa são produzidos a partir do método da Adição Gradual da Informação (AGI), descrito em Vecchia *et al.* (2015). O método AGI busca constituir uma narrativa tátil por meio de representações em diferentes partes e escalas, particularizando elementos significativos para a compreensão da forma em sua geometria e posições relativas. Este tipo de narrativa busca contribuir para a construção de imagens mentais do patrimônio.

Neste estudo, relata-se o estágio atual de exploração das tecnologias de representação para o processo de produção de modelos digitais, na escala de mobiliários, para a representação mais fiel possível da geometria do objeto representado, pelo método AGI, para a sua fabricação digital. Tem-se como objetivo explicitar as vantagens e desvantagens das diferentes estratégias de representação gráfica digital, no âmbito de tecnologias e habilitações específicas, disponíveis no contexto deste trabalho.

## 2 Materiais e Métodos

Este estudo foi estruturado a partir das seguintes etapas: (1) definição do objeto a ser representado; (2) reconhecimento das tecnologias de representação possíveis de serem utilizadas no estudo; (3) desenvolvimento das representações digitais apropriadas para a fabricação digital por impressão 3D; e (4) produção dos modelos táteis.

### 2.1 Definição do objeto a ser representado

A escolha do objeto representado responde ao interesse apontado pela direção do próprio Museu, associada aos resultados do estudo registrado em Viana *et al.* (2016).

O armário, de estilo neoclássico, fez parte de uma coleção apresentada na Exposição Universal de Paris no ano de 1889. É composto em sua base por uma gaveta com puxadores de metal e com os pés dianteiros como balaústres. Em seu corpo, ladeado por pilastras torneadas, possui um espelho bisotê, o qual, em sua parte inferior contém uma pintura à mão, de um buquê de flores, feita pela proprietária da casa na época (Amélia Maciel). O coroamento do armário é configurado por uma simetria bilateral de elementos que enquadram um monograma com as iniciais do proprietário: L e M (Lourival Maciel). Observa-se neste conjunto um frontão recortado, cornijas e balaustradas. A partir das imagens da Figura 1, pode-se compreender estes elementos que adornam o móvel, percebendo-se especialmente o tipo de geometria envolvida neste coroamento, para a representação de folhagens, rocalhas (conchas) e pinhas. Trata-se de um mobiliário constituído por formas que se configuram por superfícies poliédricas (corpo do armário, partes das colunas e base do monograma: poliedros retos), superfícies quádricas (balaústres, pés e partes das pinhas e das colunas envolvendo superfícies de revolução como cilindros, cones truncados, toros, elipsoides) e superfícies livres, relativas aos elementos esculturais, com formas orgânicas, da natureza. Estas, principalmente, caracterizadas como problemas de

representação, sem regras compatíveis com aquelas automatizadas pelas ferramentas gráficas digitais, tais como as primitivas de programa (formas parametrizadas para a geração de entes geométricos fundamentais como poliedros, esferas, cones, etc.), envolvendo assim processos mais complexos de modelagem.



**Figura 1** – Fotografias do armário com a indicação dos seus elementos compositivos.  
Fonte: Autores sobre imagens de Viana *et al.* (2016).

A partir do processo de representação descrito por Viana *et al.* (2016), que se utilizou da modelagem digital no *software SketchUp 2013*, foram obtidos modelos com formas simplificadas, as quais não correspondem fielmente à geometria dos elementos do armário, conforme demonstrado na Figura 2. As imagens que compõem esta Figura também permitem exemplificar a aplicação do método da adição gradual da informação, mencionado anteriormente. As peças representadas, individualmente, em diferentes partes e escalas, estão para, em conjunto, constituir uma narrativa tátil. As representações particularizam elementos significativos para a compreensão da forma em sua geometria e posições relativas para conformar o armário. Tal narrativa se constitui como infraestrutura para a ação mediadora no ambiente do Museu, com o propósito de contribuir para a construção de imagens mentais sobre tal patrimônio.

Ainda sobre tais representações da Figura 2, observa-se que exatamente o frontão e as pinhas, que envolvem formas orgânicas, são os elementos que menos correspondem, em suas geometrias, com a realidade. Estes elementos foram representados, essencialmente, a partir do uso de primitivas de programa e de aplicação, sobre elas, das transformações geométricas por extrusão, revolução, translação e/ou rotação. Como resultado, o frontão foi representado de maneira plana, tendo apenas as linhas de contorno correspondentes com uma representação do tipo ortogonal, de fachada do elemento (extrusão da curva do contorno aparente). Já a pinha foi gerada essencialmente pela revolução da curva de seção por plano vertical (perfil), suprimindo toda a informação de sua rugosidade real.





**Figura 2** – Fotografias dos modelos desenvolvidos a partir da pesquisa de Viana *et al.* (2016). Fonte: Tais Viana, 2016.

## 2.2 As tecnologias de representação exploradas no estudo

Ao longo do desenvolvimento do Projeto “Modela Pelotas”, foram sendo exploradas diferentes tecnologias de acordo com as circunstâncias oportunizadas junto ao grupo de estudos: associação entre os problemas estudados que envolvem soluções a partir da atividade de representação, perfil da equipe e equipamentos/hardware/software/recursos disponíveis. Tratando-se de um contexto acadêmico, sempre ocorreu a variabilidade da equipe, composta por estudantes advindos de cursos como arquitetura, design, engenharias (de automação, de computação), ciência da computação, e também das parcerias com outras equipes de áreas afins ou complementares de acordo com os tipos de objetivos da produção das representações. A maior parte das tecnologias envolvidas já havia sido explorada no âmbito deste Projeto, entretanto de maneira individual e sem o propósito de direcioná-las diretamente para a constituição de um único processo sequencial e dirigido para a representação fiel de um objeto com características híbridas em seus aspectos formais, tal como se constitui o objeto em questão. Desta maneira, busca-se aqui particularizar as tecnologias de representação exploradas no âmbito deste estudo: escaneamento 3D com o dispositivo *Xbox Kinect V1*, fotogrametria digital, modelagem digital e fabricação digital por impressão 3D.

### 2.2.1 Escaneamento 3D com o dispositivo *Xbox Kinect V1*

A exploração de tecnologias de escaneamento 3D, junto ao contexto em questão, ocorreu a partir de uma experiência com escaner a laser (BORDA et al, 2016). Entretanto, esta foi oportunizada pela parceria com uma empresa proprietária do equipamento. Logo, houve a necessidade de buscar alternativas com o uso de

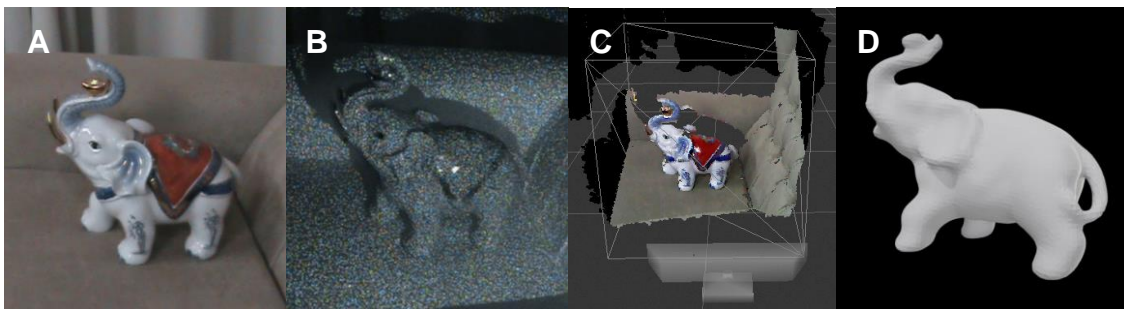
tecnologias de baixo custo, identificando-se a possibilidade do uso do *Kinect*, porque teve-se a compreensão da conveniência de aplicar estas tecnologias, especialmente para aqueles elementos do armário que envolvem geometrias complexas.

Segundo Pinheiro (2016), o *Kinect* é um sensor de movimentos, desenvolvido originalmente para o *vídeo game Xbox*, o que permite aos usuários interagir com o console sem a necessidade de uma interface física, como um controle manual tradicional. O dispositivo emite raios de luz infravermelha, como estratégia para determinar a profundidade de cada ponto de superfície visível pelo sensor e, com isto constituir uma nuvem de pontos disposta em um sistema de coordenadas. Tendo uma câmera de vídeo acoplada, consegue complementar as informações geométricas de cada um dos pontos com as de cor, gerando uma representação digital e tridimensional de tudo que está dentro de seu campo visual. Tudo isto permite identificar os objetos e os movimentos, estes interpretados como comandos para ações no espaço digital. Trata-se de uma interface natural. Entretanto, neste estudo, o que importa é como este dispositivo reconhece e representa as informações extraídas do mundo real no espaço digital. Isso se deu, de certa maneira, adquirindo um produto similar ao obtido pelo escaneamento a laser, como aquele realizado anteriormente, embora diferenciando-se em termos de escala do objeto (anteriormente aplicado à escala do edifício e agora à escala de um objeto de mobiliário).

O dispositivo empregado neste estudo foi *Xbox Kinect V1*. Segundo Loura *et al.* (2018), esta versão deste equipamento utiliza a triangulação com luz estruturada, possuindo uma resolução de imagem colorida de 640 x 480 pixels, a 30 frames por segundo. O autor salienta que a câmera deste *Kinect* apresenta maior precisão para superfícies planas e que produz menor acurácia a medida em que aumenta a distância sensor-objeto.

A sequência de imagens da Figura 3 exemplifica os testes realizados para o exercício de apropriação e aperfeiçoamento das técnicas empregadas a partir do dispositivo *Xbox Kinect V1*. O objeto foi escaneado (com o lançamento de raios infravermelhos e leitura da câmera) por todos os ângulos para obter informações sobre a localização de pontos de toda a superfície de maneira suficiente para gerar uma representação mais próxima possível de sua forma geométrica. Após obtida tal informação, foi utilizado o *software Skanect*, versão 1.5, ([skanect.occipital.com](http://skanect.occipital.com)). Esta ferramenta permite configurar o tipo de processamento, a partir da especificação da Unidade Central de Processamento (UCP), da Unidade Gráfica de Processamento

(UGP) e da definição do nível de densificação da nuvem de pontos, para então gerar a malha de pontos, resultando no tipo de modelo relativo à imagem D da Figura 3.



**Figura 3** – A) Imagem real do objeto. B) Imagem obtida a partir da câmera de infravermelho. C) Nuvem de pontos obtida através do software Skanect. D) Modelo digital obtido a partir do software Skanect. Fonte: Autores, 2019.

Os experimentos foram transpostos para o escaneamento do armário, porém, da maneira como foi realizada, esta tecnologia mostrou-se pouco precisa, uma vez que o dispositivo empregado apresentou grande instabilidade com relação às mudanças de direção em função das grandes dimensões deste objeto. Além disso, os detalhes não puderam ser representados com precisão devido à baixa resolução da câmera utilizada. A necessidade de uso de um computador, e dos vários cabos de conexão para associá-lo ao Kinect, também dificultou o processo de escaneamento do mobiliário. Somando-se a isso, a Unidade Gráfica de Processamento do computador utilizado não foi reconhecida pelo software, comprometendo a capacidade de processamento da máquina. Desta maneira, optou-se para o caso e momento do estudo, no investimento nas tecnologias de fotogrametria digital, que também permitem a geração de nuvens de pontos.

### 2.2.2 Fotogrametria digital

De acordo com Groetelaars (2015), a fotogrametria permite extrair das fotografias, as formas, as dimensões e as posições dos objetos. Segundo a autora, a fotogrametria digital permite a simplificação do processo de restituição dos objetos, que antes necessitava ser realizado por profissionais altamente especializados e por equipamentos de custo elevados.

Arruda (2013) considera que a aplicação da fotogrametria digital na arquitetura recebeu um notável impulso em direção à simplificação e redução de custos quando os softwares passaram a permitir o uso de câmeras digitais comerciais no lugar das câmeras métricas. Somando-se a isso, a possibilidade de processamento crescente



dos computadores pessoais, que passaram a permitir o processamento das imagens, eliminando as tarefas de medição direta em campo, que envolviam centenas de croquis.

Com base nisso, esse estudo foi realizado utilizando-se da técnica de obtenção de nuvens de pontos por processamento de imagens fotográficas, referida na bibliografia especializada como *Dense Surface Matching* (DSM). Groetelaars e Amorim (2012) explicam o princípio de funcionamento deste processo da seguinte maneira:

"...consiste na correlação automática de conjuntos de pixels homólogos em fotos distintas para obtenção das coordenadas tridimensionais de pontos contidos na superfície dos objetos fotografados, gerando assim, o modelo geométrico de nuvem de pontos. Para que seja possível essa correlação automática, é necessário que o objeto fotografado tenha textura não uniforme, de modo a produzir conjuntos diferenciados de pixels (padrões). Se isso não ocorrer, o processo de associação dos pixels entre as fotos pode se tornar inviável ou apresentar um resultado final com muito ruído, com grandes áreas de sombra (sem informações) ou ainda ser pouco preciso. Este problema pode ser contornado através da sinalização das superfícies dos objetos a serem levantados, por meio de alvos colados ou projetados por um ponto de luz fixo." (GROETELAARS e AMORIM, p. 361)

Para realizar o DSM, no âmbito deste estudo foi utilizado o *software Agisoft PhotoScan Professional 1.2.6* ([www.agisoft.com](http://www.agisoft.com)). Esta ferramenta permite gerar e visualizar um modelo de nuvem de pontos densa e calcula as informações de profundidade de cada fotografia, combinando essas informações para gerar uma única nuvem de pontos. Para um maior refinamento ou obtenção de outros produtos, a nuvem de pontos pode ser exportada, a fim de ser utilizada em outros softwares.

As nuvens de pontos obtidas pelo processo de fotogrametria digital, no âmbito deste estudo, conforme será demonstrado junto aos resultados, não chegaram a dar conta da totalidade dos modelos que envolveram geometrias complexas. Pequenas áreas da nuvem não apresentaram densidade de pontos suficiente para definir com precisão a continuidade de toda a superfície. Desta maneira, o processo de conclusão do modelo digital teve que contar com a hibridização, sendo complementado com a modelagem digital.

### 2.2.3 Modelagem digital

As técnicas de modelagem digital empregadas neste estudo se diferenciaram das anteriores, estabelecidas junto ao Projeto Modela. Foi necessário avançar para o uso de ferramentas próprias para a modelagem escultural a partir de interfaces naturais, para poder abarcar o problema dos elementos com geometrias orgânicas. Desta

maneira, utilizou-se de uma caneta digital associada a uma tela tátil, permitindo agir diretamente sobre o modelo digital para retocar as partes que a nuvem de pontos apresentou falhas.

Por outra parte, para as formas de geometrias poliédricas e quádricas, seguiu-se com a modelagem tradicional, utilizando-se da nuvem de pontos para ajustar as proporções de cada um dos elementos que compõem o armário. Especialmente, a possibilidade de adquirir as projeções ortográficas da nuvem de pontos permitiu precisar tais relações proporcionais e executar o modelo em escala do objeto em questão. Para isto, foi necessário a realização de um levantamento prévio sobre as dimensões gerais do armário.

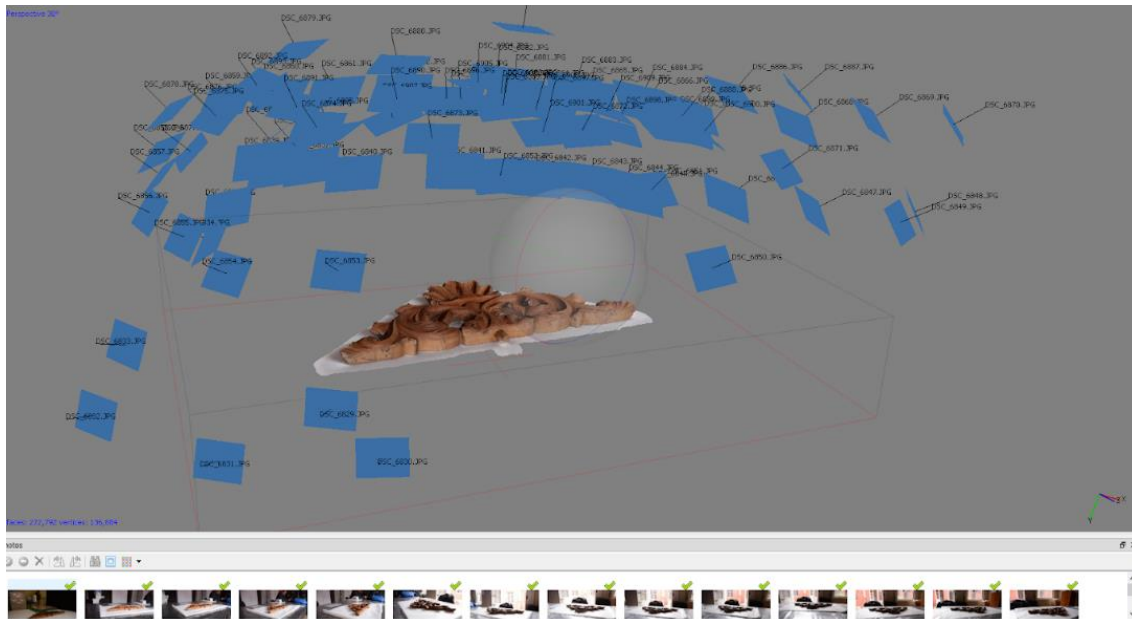
### **2.3 Desenvolvimento das representações digitais apropriadas para a fabricação digital por impressão 3D**

O processo de desenvolvimento das representações digitais, por fim, envolveu as técnicas de fotogrametria digital, modelagem por métodos tradicionais e escultóricos.

Durante este processo tratou-se de avaliar as conveniências de uso de cada uma destas técnicas associadas aos tipos de geometrias envolvidas e às dimensões e localização dos elementos. Por exemplo, em função das dimensões do armário e da geometria poliédrica de todo o corpo, a fotogrametria digital foi especialmente conveniente para a representação do frontão. Este elemento, sendo uma peça de encaixe, pode ser retirado do local facilitando o processo de captura das imagens fotográficas. Além disso, neste caso, a fotogrametria era a opção disponível que possibilitaria um melhor resultado em função de sua geometria orgânica e complexa.

O processo de fotogrametria foi realizado com base no estudo de Xavier, Freitas e Silva (2017). As fotografias do frontão foram feitas com uma câmera Nikon D7000 com uma lente AF-S DX NIKKOR 18 - 105mm. Utilizou-se um tempo de exposição de 1/80s, ISO 4000, f/9 e uma distância focal de 48mm. Foram feitas setenta e duas fotos em torno do objeto para posterior processamento no software Agisoft PhotoScan Professional. Na Figura 4, tem-se uma imagem, obtida no software, que demonstra as posições da câmera em relação ao objeto.

Após a geração de uma superfície a partir da nuvem de pontos obtida, essa foi exportada na extensão *.obj* no *Agisoft* e importada no *software ZBrush* (pixologic.com), onde, por meio de suas ferramentas de escultura tridimensional, foi possível fazer um refinamento no modelo, retirando ruídos oriundos do processo de fotogrametria e adicionando entalhes que não foram captados pela mesma.



**Figura 4** – Captura de tela do software Agisoft PhotoScan Professional, demonstrando as posições em que as fotografias foram feitas em relação ao frontão.

Fonte: Maurício Montone, 2019.

O *ZBrush* foi escolhido por possuir uma interface intuitiva para aprendizagem e possuir uma vasta gama de ferramentas para modelar e esculpir, possibilitando a criação de modelos de alta complexidade.

Decidiu-se adicionar este tipo de processo de modelagem após uma primeira impressão 3D do frontão, feita a partir de um modelo obtido por processos automatizados de reparo da nuvem de pontos. Percebeu-se que era possível distinguir as formas presentes no frontão, que eram eficientes para a experiência tátil, mas a falta de detalhes do entalhe fazia diferença para a acessibilidade universal, uma vez que pessoas com o sentido da visão também utilizarão o modelo.

As Figuras 5 e 6 demonstram a diferença entre os modelos com e sem o refinamento com aplicação dos detalhes do frontão.

Com a finalização desse processo, levou-se o modelo para o *software Blender* ([www.blender.org](http://www.blender.org)), para refazer o pino de encaixe inferior da peça, com uma geometria própria para ser modelado por primitiva de programa.

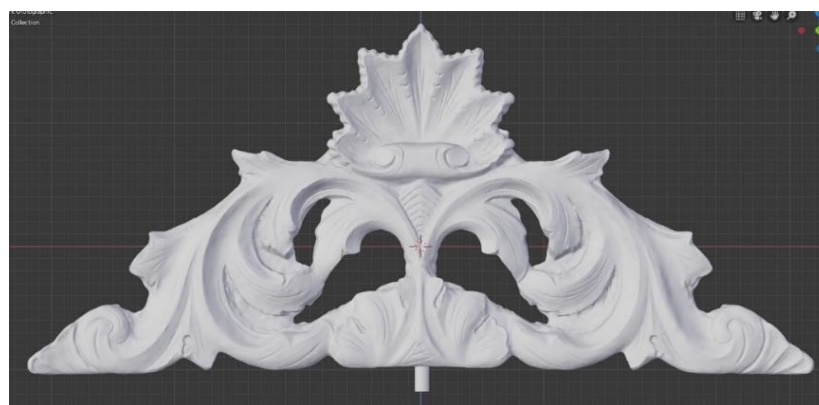
Optou-se por não tentar realizar a fotogrametria de todo o armário em função das limitações do método, que não é indicado para objetos grandes e com superfícies reflexivas, como é o caso do armário que contém um espelho em quase toda a dimensão frontal do móvel.

O processo de modelagem digital foi a opção escolhida para a representação de todos os demais elementos do mobiliário. Cada uma das partes do armário foi

modelada de maneira independente, especialmente para garantir a aplicação do método da adição gradual da informação, tendo em vista as diferenças de escala a serem posteriormente impressos em 3D.



**Figura 5** – Acima o modelo sem a aplicação de detalhes e abaixo o modelo após o refinamento no *software ZBrush*. Fonte: Maurício Montone, 2019.



**Figura 6** – As imagens mostram, respectivamente, o antes e depois do tratamento do modelo no *software Blender*. Fonte: Maurício Montone, 2019.

## 2.4 Fabricação digital a partir da impressão 3D

O processo de impressão 3D foi realizado a partir de uma impressora do tipo RepRap com software Marlin 1.1.8, através da tecnologia de Fabricação por Filamento Fundido (FFF), com área de impressão de 285 x 282 x 215 mm (comprimento x profundidade x altura), utilizando bicos de impressão com 0.2 mm e 0.4 mm de diâmetro a 200°C, mesa aquecida a 60°C, camadas de impressão de altura de 0.2 mm, ventilação ativa de intensidade variável. O material escolhido foi termoplástico PLA (Poliácido Lático) pela facilidade de impressão e características adequadas para o fim.

Para definir a escala de impressão do todo e de cada parte do armário, os parâmetros considerados foram: a lógica do método da adição gradual da informação (desde a possibilidade de ter o modelo completo do armário, confortável e compreensível pelo tato, à impressão dos detalhes na escala 1:1); os limites da área de impressão dos equipamentos disponíveis; os limites da percepção visual e/ou tátil dos detalhes; os limites de fragilizar as peças para o uso tátil. Entretanto, até o momento os modelos não foram submetidos de maneira sistemática a uma avaliação quanto a todos estes parâmetros. Entretanto, conforme indicações de trabalhos anteriores, os elementos foram impressos, sempre que possível, na escala 1/1, porém, em função da área disponível para impressão, o frontão teve que ser impresso na escala 1/2 e a pilastra na 1/7,5. Logicamente, os modelos poderiam ter sido feitos em partes, colados e ainda com sistemas de encaixes. Isto foi feito para a obtenção do modelo tátil do armário como um todo (início da narrativa pelo método AGI). Entretanto, até o momento, optou-se por cada elemento, individualmente, ser executado em peça única, para garantir maior durabilidade. O material utilizado, plástico, permite a higienização, necessária para o uso tátil.

## 3 Resultados e discussões

Como um dos resultados deste estudo, obteve-se a sistematização das diferenças/conveniências do uso das diferentes tecnologias utilizadas para a representação deste tipo de mobiliário, conforme apresenta o Quadro 1.

Como produtos, foram obtidos a modelagem do armário com seus elementos e os respectivos modelos físicos fabricados por impressão 3D.



O modelo digital foi produzido em partes, sendo feita a representação de cada um dos elementos do armário individualmente, conforme destacado na Figura 7. Estes foram unidos para compor o modelo completo. Foram gerados: um modelo da volumetria completa do armário, com todos os seus elementos agregados; um modelo da volumetria completa, onde porta e gaveta devem ser impressas separadamente, possibilitando abri-las para permitir a percepção do seu interior, sendo o volume impresso em quatro partes separadas (corpo, gaveta, porta e topo); e modelos independentes de alguns de seus elementos, os quais foram impressos em escalas maiores, contemplando o método AGI.

**Quadro 1** – Sistematização das diferenças/conveniências entre as diferentes tecnologias.

---

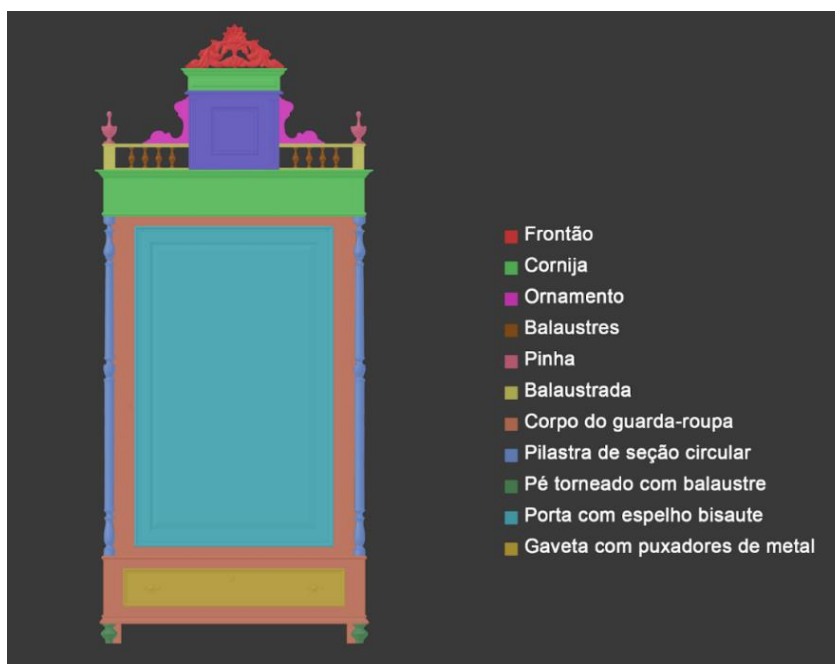
**TECNOLOGIAS**

<b>Escaneamento 3D com Kinect e Fotogrametria</b>	<p>Indicadas para a obtenção da volumetria de objetos de média e alta complexidade geométrica e de média ou pequena dimensão.</p> <p>Não indicadas para superfícies espelhadas.</p> <p>Tecnologias muito trabalhosas para a representação de objetos de baixa complexidade geométrica e/ou de grandes dimensões.</p> <p>Os modelos obtidos necessitam de um refinamento em softwares de modelagem digital para a limpeza de ruídos e retoques para a complementação de partes da superfície não visíveis informadas pela nuvem de pontos (por diferentes causas, como dificuldade de visualização pela câmera, por reflexos).</p>
<b>Modelagem digital</b>	<p>Indicada para a representação de objetos com baixa complexidade geométrica; de objetos com grandes dimensões e/ou espelhadas, quando as tecnologias de escaneamento 3D com Kinect e/ou fotogrametria não podem ser utilizadas.</p> <p>Requer a realização de um levantamento acerca das medidas e formas a serem representadas, bem como do conhecimento de técnicas de modelagem apropriadas para a representação de cada tipo de forma.</p> <p>A modelagem digital do tipo escultural, utilizando-se de interfaces naturais (tela tátil) é apropriada para a complementação dos modelos de superfícies complexas obtidos a partir de nuvens de pontos.</p>

---

Fonte: Autores, 2019.

Os modelos físicos produzidos para a disponibilização no Museu da Baronesa estão representados na Figura 8 e tem seus níveis de detalhamento, que correspondem aos modelos originais evidenciados através da Figura 9.



**Figura 7** – Resultado do processo de modelagem do armário, com a indicação de cada um de seus elementos modelados separadamente.  
Fonte: Maurício Montone, 2019.

COLEÇÃO DE MODELOS DO ARMÁRIO						
FRONTÃO	PINHA	BALAÚSTRE	PILASTRA	PÉ	PUXADOR	FECHADURA
						
FOTOGRAMETRIA + MODELAGEM (BLENDER E ZBRUSH)	MODELAGEM (BLENDER)	MODELAGEM (BLENDER)	MODELAGEM (BLENDER)	MODELAGEM (BLENDER)	MODELAGEM (BLENDER)	MODELAGEM (BLENDER)
ESC. 1/2	ESC. 1/1	ESC. 1/1	ESC. 1/7,5	ESC. 1/1	ESC. 1/1	ESC. 1/1
ARMÁRIO COMPLETO						
					FOTOGRAMETRIA + MODELAGEM (BLENDER E ZBRUSH)	
					ESC. 1/17	

**Figura 8** – Elementos do armário representados em diferentes escalas.  
Fonte: Autores, 2019.



**Figura 9** – A. Acima o frontão original e abaixo o modelo produzido por impressão 3D na escala 1/2. B. À esquerda a pinha original e à direita o modelo produzido por impressão 3D na escala 1/1. Fonte: Autores, 2019.

#### 4 Considerações Finais

O estudo proporcionou um avanço no nível de detalhamento dos modelos que vinham sendo produzidos no âmbito do projeto MODELA Pelotas, alcançando-se a correspondência aos modelos originais. Acredita-se que foi possível atingir o objetivo de produzir modelos físicos que possam ser utilizados por todos: por pessoas com deficiências visuais, que possam utilizá-los como esquemas táteis em mediações; e, também, por pessoas com o sentido da visão, os quais possam utilizá-los como objetos multissensoriais para a percepção dos objetos patrimoniais.

A partir da sistematização das diferenças entre as tecnologias de representação utilizadas, bem como das suas conveniências de uso para a representação destas geometrias, será possível investir na produção de novas coleções de modelos voltados à acessibilidade universal para o Museu da Baronesa.

Tendo em vista todo o processo de produção dos modelos táteis ter sido por representação e fabricação digital será possível ajustar, a partir dos resultados das avaliações advindas do uso destes modelos junto ao Museu, o tipo de narrativa criada, variando escalas de representação de cada um dos elementos e do todo. Além disto, passa a contar com uma infraestrutura para a mediação e exposição que pode ser reproduzida em qualquer tempo, quantidade e material (de acordo com o avanço da própria tecnologia de impressão 3D). E, principalmente, o Museu conta com este acervo físico e digital, como documentação de seu patrimônio.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo financiamento deste estudo.

## Referências

ARRUDA, Anna Karla Trajano de. **Preservação e gestão do patrimônio construído: contribuição do Heritage Information System**. Orientador: Arivaldo Leão de Amorim. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, UFBA, Salvador, 2013.

BORDA, A; SILVEIRA, D.; MEDINA, A.; DALLA VECCHIA, L. **Pontos (de vista) sobre o patrimônio: entre o escaneamento e a fotogrametria** In: XX Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Buenos Aires. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher, 2016. v.3. p.651 - 556

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Criação de Modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica**. Orientador: Arivaldo Leão de Amorim. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, UFBA, Salvador, 2015.

ORNSTEIN, S.W. (org.). **Desenho universal: caminhos da acessibilidade no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2010.

PALLASMAA, Juhani. **Essências**. São Paulo: Gustavo Gili, 2018.

PEREIRA, Carlos; HEITOR, Teresa; HEYLIGHEN, Ann. Exploring invisibility through multisensory spatial research methods. *In: EUROPEAN CONGRESS OF QUALITATIVE INQUIRY*, 2017, Leuven. **Proceedings Quality and Reflexivity in Qualitative Inquiry**. p. 9-18. Disponível em: <<https://kuleuvencongres.be/ECQI2018/ecqi-2017-proceedings.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2018.

RITTES, André. Papai Walt Disney: a educação na cultura do dinheiro e a "Disneyficação" da sociedade. *In: Revista Ceciliana*. n. 31. p. 86-91. 2010. Disponível em: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3612694>. Acesso em abr. 2019.

SARRAF, Viviane Panelli. **A comunicação dos sentidos nos espaços culturais brasileiros: estratégias de mediações e acessibilidade para pessoas com suas diferenças**. Orientador: Norval Baitello Junior. 2013. Tese (Doutorado em Comunicação e Semiótica) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, São Paulo, 2013.

VECCHIA, Luisa Dalla; SILVA, Adriane; PIRES, Janice; VEIGA, Mônica; VASCONSELOS, Tássia; BORGES, Letícia. Tactile models of elements of architectural heritage: from the building scale to the detail. *In: 16TH CAAD FUTURES CONFERENCE*, 2015, São Paulo. **The next city - New technologies and the future of the built environment**. p. 434-446. Disponível em: [http://papers.cumincad.org/data/works/att/cf2015\\_434.content.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/cf2015_434.content.pdf). Acesso em: nov. 2018.

VEIGA, Monica; VECCHIA, Luisa; SILVA, Adriane. Representações de um mobiliário do museu da baronesa para a experiência tátil a partir da fabricação digital. *In: XVIII ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO*, 2016, Pelotas. **Ciências Sociais Aplicadas**. p.1-4. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/enpos/anais/anais2016/>. Acesso em: abr. 2019.

VIANA, Taís; BORDA, Adriane; VEIGA, Monica; PERONTI, Gabriela. A tradução de uma narrativa oral para a tátil, no contexto de uma casa museu do século XIX: sobre a representação do mobiliário. *In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES*, 2016, Córdoba.

VIANA, Taís; VEIGA, Monica; PERONTI, Gabriela; FERNANDES, Vinícius; BORDA, Adriane. A tradução de uma narrativa oral para a tátil, no contexto de uma casa museu do século XIX: sobre a representação do mobiliário. *In: XVIII ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO*, 2016, Pelotas. **Ciências Sociais Aplicadas**. p.1-4. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/enpos/anais/anais2016/>. Acesso em: abr. 2019.

XAVIER, Edemar. FREITAS, Cláudia. SILVA, Adriane. Fotogrametria e museus: geração de modelos tridimensionais para a promoção de acessibilidade. *In: I CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA*, 2017, Pelotas. **Multidisciplinar**. p.1-4. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/congressoinovacao/anais/anais-2017/>. Acesso em: abr. 2019.

XAVIER, Edemar. MONTONE, Maurício. SILVA, Adriane. Fotogrametria digital e modelagem escultural como documentação de um acervo museológico: o caso de uma conversadeira do Museu da Baronesa/Pelotas, RS. *In: 7º ENCONTRO NACIONAL DE ACESSIBILIDADE CULTURAL*, 2019, Porto Alegre. p. 1-7.