

Visualidade háptica em museus: Impressão 3D como recurso inclusivo para usuários cegos.

Haptic visualization in museums: 3D printing as an inclusive resource for blind users.

AUTORIA

Tayná Pereira Bueno
UNESP, Brasil
tp.bueno@unesp.br
Matheus de Moraes Teixeira
UNESP, Brasil
moraes.teixeira@unesp.br
Livia Inglesis Barcellos
UNESP, Brasil
livia.i.barcellos@unesp.br
Galdenoro Botura Junior
UNESP, Brasil
galdenoro.botura@unesp.br

PALAVRAS-CHAVE

Deficiência visual;
Impressão 3D;
Visualidade Háptica;
Museus Inclusivos;
Design Inclusivo;

RESUMO

A acessibilidade de pessoas cegas a experiências culturais visuais permanece um desafio em virtude da escassez de recursos adaptados em museus e exposições. Neste contexto, o presente estudo investigou o potencial da impressão 3D na promoção da acessibilidade em museus para pessoas cegas, com foco na adaptação tátil de obras visuais. A partir de uma abordagem quali-quantitativa, incluindo pesquisa de campo em instituições como a Pinacoteca e o Museu do Futebol, onde foram analisadas estratégias inclusivas como representações volumétricas, audiodescrição, braille e piso tátil. Os resultados demonstraram que a impressão 3D é uma ferramenta eficaz para viabilizar a exploração tátil de elementos visuais, ampliando a experiência museológica para pessoas com deficiência visual. Além disso, a inovação no design gráfico inclusivo se apresenta como um fator determinante para o maior engajamento do público cego em contextos culturais.

KEYWORDS

Visual impairment;
3D printing;
Haptic visualization;
Inclusive museums;
Inclusive design;

ABSTRACT

Accessibility for blind people to visual cultural experiences remains a challenge due to the scarcity of adapted resources in museums and exhibitions. In this context, this study investigated the potential of 3D printing in promoting accessibility in museums for blind people, focusing on the tactile adaptation of visual works. Based on a qualitative and quantitative approach, including field research in institutions such as the Pinacoteca and the Football Museum, inclusive strategies such as volumetric representations, audio description, Braille and tactile flooring were analyzed. The results demonstrated that 3D printing is an effective tool for enabling the tactile exploration of visual elements, expanding the museum experience for people with visual impairments. In addition, innovation in inclusive graphic design presents itself as a determining factor for greater engagement of blind audiences in cultural contexts.

1. Introdução

A acessibilidade de indivíduos cegos a experiências culturais visuais ainda enfrenta desafios devido à escassez de recursos adaptados em museus e exposições. A inclusão dessas pessoas em espaços culturais exige a adoção de estratégias inovadoras que atendam às suas necessidades sensoriais e estéticas. A conscientização sobre a deficiência cresceu ao longo do século XX, impulsionando legislações que promovem igualdade de oportunidades e direitos. No contexto museológico, a Lei Quadro dos Museus estabelece a educação como um objetivo essencial, exigindo a implementação de programas culturais acessíveis. Amanda Tojal (2007) reforça essa visão ao afirmar que os museus, como instituições públicas, devem atuar como agentes de inclusão social, oferecendo conhecimento e fruição do patrimônio cultural a todos, independentemente de suas diversidades.

Apesar desses avanços, muitos museus e espaços expositivos ainda carecem de recursos que permitam uma experiência completa para pessoas cegas. Segundo a definição do International Council of Museums (ICOM), os museus devem adquirir, conservar, investigar, comunicar e expor o patrimônio material e imaterial da humanidade com fins educacionais e culturais. No entanto, a apreciação predominantemente visual das coleções limita o acesso dos deficientes visuais. Levent (2013) destaca que programas de acessibilidade eficazes são aqueles que envolvem diretamente pessoas cegas no desenvolvimento de soluções inclusivas.

A impressão 3D surge como uma tecnologia promissora para suprir essa lacuna. Ao possibilitar a reprodução tátil de obras e objetos museológicos, essa tecnologia amplia o acesso e a experiência dos visitantes cegos, permitindo-lhes explorar formas, texturas e detalhes antes inacessíveis. Estudos como os de Neumüller et al. (2014), indicam que modelos tridimensionais aprimoram os recursos táteis, beneficiando não apenas pessoas cegas, mas também idosos e outros públicos com dificuldades de percepção visual.

Diante desse cenário, a impressão 3D surge como uma solução inovadora para a acessibilidade visual em museus, permitindo a criação de protótipos táteis que possibilitam uma experiência mais inclusiva para pessoas cegas e com baixa visão. Este estudo tem como objetivo explorar essa potencialidade, demonstrando, por meio do desenvolvimento de protótipos, como a impressão 3D pode viabilizar a produção de obras táteis com precisão e riqueza de detalhes. Além de tornar a acessibilidade mais

eficiente, essa tecnologia facilita a replicação e produção em larga escala, permitindo que museus, designers e pesquisadores adotem essas práticas em diferentes contextos.

Portanto, a principal contribuição deste trabalho reside na demonstração prática da viabilidade da impressão 3D como ferramenta para acessibilidade em espaços culturais, evidenciando seu potencial para transformar a experiência museológica e democratizar o acesso à arte.

2. Revisão da literatura

2.1. Design Gráfico Inclusivo para Usuários Cegos

Nos últimos anos, as transformações impulsionadas pelo avanço tecnológico e pelas novas concepções sociais têm desempenhado um papel fundamental na construção de uma sociedade mais inclusiva. Essas mudanças impactaram diversas áreas do conhecimento, incluindo o design, que, segundo Cardoso (2013), passou por reformulações significativas desde suas primeiras definições, baseadas em forma, função, adequação e utilidade. Nesse contexto, o design desempenha um papel essencial na acessibilidade, desenvolvendo soluções que consideram a diversidade humana e incorporam conceitos como design universal e design inclusivo.

A necessidade de tornar o design acessível se torna ainda mais evidente ao analisar os desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), mais de 6,5 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência visual, sendo aproximadamente 500 mil cegos e 6 milhões com baixa visão. Esses números reforçam a importância da adoção de estratégias projetuais que garantam o acesso à informação e promovam a inclusão desse público na sociedade.

Diante desse cenário, o design gráfico inclusivo surge como uma solução essencial para tornar a comunicação visual acessível. Tradicionalmente, o design gráfico organiza elementos como cores, textos, imagens e pictogramas para transmitir mensagens de maneira clara e eficiente. No entanto, grande parte dos materiais gráficos são desenvolvidos sem considerar as necessidades de pessoas cegas ou com baixa visão, dificultando seu acesso à informação. A incorporação de recursos táteis e sonoros permite que esses indivíduos compreendam conteúdos visuais de outras formas, garantindo

uma comunicação mais acessível e efetiva.

Para compreender como essas conceituações se aplicam ao Design Gráfico Inclusivo, é necessário considerar sua estruturação e organização de elementos visuais — cor, texto, imagens e pictogramas — de forma ordenada e com equilíbrio estético adequado à mensagem ou informação que se pretende transmitir. Segundo Cardoso e Koltermann (2010), como usuários cegos não podem se orientar por sinais visuais, cores ou informações textuais, torna-se indispensável explorar outros sentidos, como o tato e a audição, para garantir a acessibilidade. A integração desses sentidos à sintaxe da comunicação visual possibilita a adaptação e o desenvolvimento de suportes inclusivos em materiais gráficos destinados a esse público.

Para realmente exercer o máximo controle possível, o compositor visual deve compreender os complexos procedimentos através dos quais o organismo humano vê e, a partir desse conhecimento, aprender a influenciar as respostas através de técnicas visuais”. Assim, o Design Gráfico Inclusivo não se trata apenas de um processo intuitivo, mas de uma abordagem estruturada que busca desenvolver mecanismos acessíveis a diferentes públicos, garantindo que a comunicação não verbal possa ser percebida além da visão. (Dondis, 2015, p. 134).

Portanto, garantir a acessibilidade no design gráfico não deve ser visto como um diferencial, mas como uma necessidade para que a comunicação seja verdadeiramente inclusiva. Ao considerar a diversidade dos usuários, ampliam-se as possibilidades da comunicação visual e fortalece-se a participação de pessoas com deficiência visual na sociedade. O design, afinal, não deve apenas ser visto, mas também compreendido, sentido e acessível a todos.

2.2. Recursos e Suportes Inclusivos em museus

Os museus desempenham um papel fundamental na preservação e disseminação do patrimônio cultural, promovendo o acesso ao conhecimento e incentivando a diversidade. Para que possam cumprir essa função de maneira plena, é essencial que esses espaços sejam acessíveis a todos os públicos. No entanto, a acessibilidade em museus não se restringe apenas à adaptação estrutural dos edifícios; ela envolve também a criação de recursos que garantam uma experiência inclusiva e enriquecedora para todos os visitantes.

A visita a um museu é uma experiência imersiva que combina elementos visuais, sonoros e

interativos. Nesse sentido, é fundamental considerar diferentes formas de percepção ao projetar as exposições, permitindo que indivíduos com deficiência visual, auditiva ou motora possam interagir plenamente com o acervo. Pessoas cegas, assim como qualquer outro público, têm interesse pela cultura, pela história e pela arte, independentemente do meio pelo qual essa experiência é mediada. Recursos como materiais táteis, audiodescrição, legendas em braille e tecnologias assistivas são essenciais para garantir que o conteúdo seja acessível e compreensível para todos.

De acordo com Chacón (2011), o museu deve se constituir como um espaço acessível a toda a comunidade, sem privilegiar ou impor determinadas perspectivas. Para isso, é essencial considerar fatores sociais, políticos, psicológicos, antropológicos e econômicos. Dessa forma, é necessário que as comunidades sejam compreendidas em sua diversidade e complexidade, garantindo que suas particularidades sejam respeitadas e acolhidas.

Ao adotar estratégias de inclusão, os museus não apenas ampliam o público atendido, mas também reforçam seu compromisso com a democratização do acesso à cultura. O desenvolvimento e a implementação dessas soluções exigem um planejamento cuidadoso, levando em conta as necessidades dos visitantes e as possibilidades tecnológicas disponíveis. Dessa forma, a acessibilidade se torna um elemento essencial no aprimoramento da experiência museológica, contribuindo para a construção de espaços verdadeiramente inclusivos e enriquecedores.

Desde o momento da chegada ao espaço até a saída, a acessibilidade em museus deve ser pensada de forma abrangente. Não basta que o ambiente físico esteja adaptado; é fundamental que barreiras comunicacionais também sejam eliminadas. Museus são, essencialmente, espaços culturais que atribuem grande valor a acervos de caráter visual, os quais carregam significados históricos, culturais e artísticos. As pinturas, por exemplo, são registros que narram o contexto de diferentes épocas, civilizações e expressões socioculturais.

No entanto, a simples existência de adaptações não é suficiente se não houver uma divulgação eficaz desses serviços. Espaços que contam com infraestrutura acessível, mas que falham na comunicação dessas facilidades, acabam por não alcançar seu público-alvo de maneira eficiente. Além de infraestrutura e atividades inclusivas, a preparação dos profissionais que atuam nesses espaços é igualmente essencial. Todos os membros da equipe, desde recepcionistas e seguranças até

curadores e responsáveis pela programação de exposições, devem estar capacitados para oferecer suporte adequado ao público com deficiência.

Conforme destaca Martins (2008), a formação desses profissionais contribui para proporcionar uma experiência homogênea aos visitantes, evitando distinções entre aqueles com e sem deficiência. Segundo Colwell (2004), o sucesso de um museu e o impacto das visitas em seus diversos públicos estão, em grande medida, relacionados à forma como as estratégias de acesso físico e intelectual são planejadas e constantemente atualizadas.

Algumas instituições já adotam estratégias comunicacionais mais abrangentes, como o acesso multissensorial, que inclui audiodescrição, legendas em braille e representações hápticas. Em pesquisa de campo realizada em museus de São Paulo, observamos a implementação de alguns desses recursos.

No Museu do Futebol (Figura 1), por exemplo, há obras de leitura tátil em alto-relevo e texturas, acompanhadas de legendas em braille. No entanto, verificou-se a ausência de audiodescrição, um recurso essencial para a tradução de imagens em palavras, permitindo que pessoas cegas ou com baixa visão compreendam filmes, fotografias, exposições e eventos.

Figura 1: Obras hápticas do Museu do Futebol (SP).



Fonte: Dos autores

Outro espaço que possui este tipo de recurso é a Pinacoteca (Figura 2), em que alguns dos seus acervos inclusivos contam com representações volumétricas, compostas por legendas em braille e audiodescrição. A representação háptica do Museu do futebol e Pinacoteca, se assemelham muito em seu método de representação tátil, ambas são compostas em alto relevo e com detalhes de texturas no cabelo. No alto relevo as imagens se projetam para fora da superfície de fundo como se fossem esculturas (mais tridimensionais). No caso das obras analisadas, o alto relevo tem uma projeção bem sutil, direcionando a cena a uma perspectiva frontal e realçando o contorno da imagem.

Ainda sobre a Pinacoteca, o espaço possui uma Galeria Tátil de Esculturas Brasileiras, espaço concebido por Amanda Tojal e a equipe do PEPE (Programa Educativo para Públicos Especiais), especialmente para pessoas com deficiência visual, contém uma seleção de doze esculturas originais do acervo do museu. Este espaço possui diversos recursos de acessibilidade, tais como: folder e catálogo em dupla leitura, percurso de visitação autônoma através do piso tátil e audioguia com audiodescrição mediadora que conduz a pessoa a explorar cada uma das obras. Em nossa visita, houve um interesse em conhecer a galeria tátil, mas funcionários do espaço informaram que esta atividade é destinada a visitas agendadas.

Figura 2: Obra háptica da Pinacoteca (SP).



Fonte: Dos autores

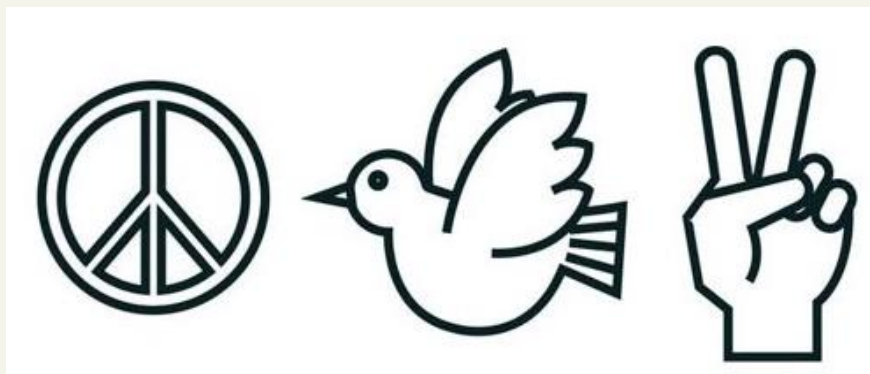
Em suma, a pesquisa de campo revelou que museus e espaços culturais têm avançado na adoção de soluções acessíveis e inovadoras. Essas iniciativas não apenas ampliam o acesso, mas também promovem uma nova forma de percepção e interação com a arte e a cultura, contribuindo para o reconhecimento da identidade individual e no crescimento pessoal. E de modo geral, “contribuem para a transformação social e a renovação da sociedade ao promover a disseminação de novas ideias” (MASON, 2004, p. 53).

No entanto, o aprimoramento de acervos museológicos para pessoas cegas é um processo contínuo e de muitas adaptações. Além dos recursos físicos e materiais, a comunicação visual desempenha um papel fundamental na acessibilidade em museus, conforme discutido na próxima seção.

2.3. Alfabetismo Visual e Comunicação Visual

Desde pequenos, estamos cercados por imagens que, mesmo intuitivamente, comunicam muito sobre o nosso mundo, seja por meio de ilustrações, ícones, registros, fotografias, anúncios etc. Todos esses recursos organizam sinais, formas, luzes, cores, gestos, objetos e expressões para repassar uma mensagem. A mensagem visual pode ser específica, presente em nossas necessidades básicas de registrar, preservar, reproduzir e identificar pessoas, lugares e objetos ou propagar sentimentos expressivos, no caso das artes. Em situações educativas, por exemplo, muitos educadores utilizam a linguagem visual, seja por meio de charges, fotografias, gráficos, imagens artísticas, documentários, filmes e slides para apresentar conteúdos de maneira mais interativa e ilustrada.

Os ícones e símbolos (Figura 3) são exemplos de representações visuais que adquirimos significado ao longo do tempo. Eles são elementos que, embora sejam simplificados ou estilizados, carregam um conteúdo simbólico ou informativo que nos permite interpretá-los de maneira imediata, sem a necessidade de uma explicação verbal ou detalhada. A construção e atribuição de significados a ícones e símbolos acontecem através da experiência contínua com o mundo ao nosso redor. Por meio da repetição e da interação com esses elementos, nosso cérebro associa as formas visuais com seus respectivos significados, e essa associação torna-se quase intuitiva com o tempo.

Figura 3: Ícones e Símbolos Visuais.

Fonte: Dos autores com base em: vectorstock.com

Nas considerações de Koehler e Schütz (2020), discorrem que, em meios pedagógicos, muito se fala sobre educar o olhar para a leitura de imagens, pois a imagem é uma forma de comunicação que também passa por um processo de aprendizagem. Para Dondis (1997), a reprodução da informação visual natural deve ser acessível a todos, ela deve ser ensinada e pode ser aprendida.

Durante o século XX, assistimos a uma transformação significativa nos meios de comunicação modernos: a mensagem visual tem predominado sobre a mensagem verbal, e a maior parte das coisas que sabemos, aprendemos, acreditamos, reconhecemos e desejamos quase sempre é determinada pelo domínio que a imagem exerce sobre nós (Couto, 2000, p.32).

Schütz-Foerste (2004, p.15) considera que “a alfabetização estético-visual do cidadão se coloca, hoje, como uma necessidade”, pois “o homem contemporâneo é desafiado a ler mensagens visuais num mundo predominantemente perpassado pela mídia e pelas imagens”.

A alfabetização visual, em seu contexto tradicional, envolve a leitura de imagens através da visão. No entanto, para indivíduos cegos, o conceito de "alfabetização visual" precisa ser ampliado para incluir a capacidade de interpretar informações visuais através do tato. O alfabetismo visual, segundo Dondis (1997, p. 227), "implica em compreensão, e meios de ver e compartilhar o significado a certo nível de universalidade", o que também se aplica à leitura de imagens táteis.

Dondis (2015) afirma que a criação de composições visuais segue linhas gerais dentro da sintaxe visual, baseando-se em elementos fundamentais acessíveis a todos que estudam a comunicação

visual, independentemente de serem artistas. Esses elementos, quando combinados com técnicas de manipulação, possibilitam a construção de mensagens visuais claras, contribuindo para uma melhor compreensão dessas mensagens.

A sintaxe visual, como descrita por Dondis, envolve o uso de elementos como pontos, linhas, formas e cores para criar mensagens visuais. No caso de usuários cegos, a "leitura" tátil, ou o que podemos chamar de visibilidade háptica, refere-se ao processo de interpretar e compreender imagens e informações por meio do tato, em vez da visão. Mas esta alternativa passa a ser uma experiência sensorial complexa, que exige a compreensão não apenas da forma, mas também das intenções que o artista ou o curador buscou expressar.

Ao aplicar os princípios da comunicação visual à percepção háptica, criamos um meio de expressão que, embora não seja visual no sentido tradicional, segue uma lógica de composição e de significado.

No braille, por exemplo, as pessoas cegas aprendem a identificar e interpretar as formas dos pontos elevados, associando-os a letras, palavras e, eventualmente, a significados mais complexos. Assim como o braille, o tato desempenha o papel de um "código" que, ao ser decifrado, permite a compreensão de objetos visuais de forma intuitiva, a partir de uma linguagem sensorial própria. Mas, esse processo de identificação é uma habilidade desenvolvida ao longo do tempo, com base em experiências táteis cotidianas que nos ensinam a associar determinadas formas e texturas a objetos familiares.

Quando a percepção de uma figura é armazenada, a memória tátil correspondente é recuperada sempre que o usuário cego faz associações ou comparações com outras formas. Dessa forma, é essencial que as representações gráficas sejam introduzidas gradualmente, uma de cada vez, permitindo que o usuário reconheça com precisão os detalhes característicos de cada figura. Essa abordagem ajuda a evitar possíveis confusões entre elementos táteis que compartilham semelhanças. (Guimarães et al., 2021, p. 171).

Com o tempo e a prática, as pessoas cegas aprimoram sua capacidade de identificar e interpretar diferentes formas e texturas, criando uma representação mental do mundo ao seu redor. A experiência de visibilidade se torna mais eficiente conforme o indivíduo interage com diferentes tipos de texturas e formas em sua rotina.

Por isso a conexão entre a comunicação visual e a experiência de usuários cegos em museus é fundamental, pois a visualidade, para esse público, precisa ser traduzida para uma linguagem tátil, considerando suas especificidades. Assim, é possível afirmar que a comunicação visual não se restringe à visão, mas se expande para a experiência de visualidade háptica, especialmente no contexto de museus acessíveis para pessoas cegas. A adaptação da linguagem visual para o tato pode proporcionar uma experiência sensorial completa, que permite aos deficientes visuais a compreensão de obras de arte e exposições de maneira inclusiva e enriquecedora.

2.4. Imagem e Visualidade háptica

O adjetivo háptico significa "relativo ao tato", "sinônimo de tátil". O sentido háptico é, portanto, uma extensão do sentido do tato. Na definição proposta por Ashley Montagu (1988), o termo háptico é usado para descrever o sentido do tato em sua extensão mental, desencadeada diante da experiência total de se viver e agir no espaço. O sentido háptico é, portanto, uma extensão do sentido do tato.

Laura Marks (2000), faz referências a trabalhos artísticos que convidam o observador a primeiro percorrer a superfície da imagem, para depois entrar na interpretação figurativa propriamente dita. Esse efeito é chamado de visualidade háptica, na qual “os olhos em si funcionam como órgãos do tato” (MARKS, 2000, p. 162).

Nossa percepção do mundo visual, por exemplo, de fato mescla o que já sentimos em associações passadas com o que já vimos ou com a cena à nossa frente. O sentido háptico é adquirido, pois se aplica a objetos vistos que tenham sido tocados ou usados em manipulações.

Silva, Tarcísio (2017), Afirma que a visualidade háptica difere da visualidade óptica justamente por trazer o observador distante para perto do objeto. “Esse movimento transforma sua experiência visual numa relação com a superfície do objeto representado. Aproximada dessa maneira do objeto, a relação sujeito-objeto fica menos clara, o espaço para interpretação diminui e o olhar deixa de ser meramente contemplativo”.

Griffin e Gerber (1996,) defendem que a modalidade tátil vai além do mero sentido do tato e que este é amplamente confiável, esta modalidade fornece informações a respeito do ambiente,

menos refinadas que as fornecidas pela visão. Diferente da visualidade óptica, que privilegia a observação à distância, a visualidade háptica envolve uma experiência sensorial mais próxima, onde a interpretação ocorre através do contato direto com superfícies, formas e texturas.

A visualidade háptica, ao enfatizar a experiência tátil na interpretação de imagens e objetos, desempenha um papel essencial na inclusão de pessoas cegas em espaços culturais. A conexão entre essa abordagem e a impressão 3D é fundamental para a acessibilidade museológica, uma vez que essa tecnologia permite a materialização de representações táteis de elementos visuais.

A impressão 3D é uma tecnologia de manufatura aditiva que permite a criação de objetos tridimensionais a partir de um modelo digital (Figura 4). O processo ocorre por meio da deposição sucessiva de camadas de material, como plástico, resina ou metal, até que a forma desejada seja construída.

Figura 4: Releitura 3D da Pintura Abaporu, Tarsila do Amaral.



Fonte: Dos autores

Nesse contexto, a tecnologia de impressão 3D surge como uma solução inovadora que não apenas promove a inclusão, mas também preserva os acervos originais. Com a impressão tridimensional, é possível criar réplicas fiéis das peças, permitindo que visitantes cegos ou com deficiência visual possam explorá-las por meio do tato sem comprometer a integridade das obras originais. Além disso, essas réplicas podem ser facilmente substituídas ou adaptadas conforme

necessário, garantindo maior flexibilidade na curadoria de exposições acessíveis e possibilitando ajustes conforme as necessidades dos públicos atendidos. Dessa forma, a impressão 3D não apenas amplia as possibilidades de acesso à arte e à cultura, mas também oferece uma alternativa viável para a preservação do patrimônio museológico.

Além disso, a flexibilidade dessa tecnologia possibilita a adaptação das peças a diferentes necessidades e espaços, uma vez que, após a modelagem digital, os arquivos podem ser impressos em diversos materiais e escalas. Dessa forma, a visibilidade háptica e a impressão 3D juntas representam um grande avanço na democratização do acesso à cultura e ao patrimônio, transformando os museus em espaços verdadeiramente acessíveis e inclusivos. Contudo, a representação de obras e materiais voltados para a visibilidade háptica não se restringe à simples reprodução de elementos visuais para o sentido tátil. É necessário compreender e analisar profundamente os componentes que compõem a imagem ou objeto, desmembrando seus elementos formais e estruturais para identificar os diferentes níveis de informação visual presentes.

Esse processo não apenas permite a transposição de formas, mas também assegura a preservação de sua legibilidade tátil, garantindo que a experiência sensorial seja significativa e fiel à intenção original da obra. Além disso, possibilita a criação de legendas em Braille por meio da impressão 3D, ampliando a acessibilidade e proporcionando uma experiência mais completa para pessoas cegas ou com baixa visão. Na próxima seção, será abordada a importância da decomposição desses elementos e sua reorganização na criação de materiais tridimensionais.

2.5. Representações Tridimensionais: A Impressão 3D e sua Potencialidade Inclusiva

Dondis (2015) explica que expressamos e recebemos imagens visuais em três níveis, Representacional, Abstrato e Simbólico. As classificações desses níveis podem ser consideradas para o desenvolvimento de materiais acessíveis ao público cego, considerando as especificidades da percepção tátil.

O nível representacional refere-se àquilo que pode ser reconhecido diretamente a partir da experiência cotidiana. Para usuários cegos, essa representação háptica é especialmente importante,

pois estabelece uma conexão entre o tato e a memória tátil prévia. Imagine, por exemplo, alguém que sempre identificou uma xícara pelo formato da alça e pela curvatura do recipiente. Quando esse objeto é reproduzido em impressão 3D, a pessoa pode reconhecer sua volumetria e função, assim como faria ao pegar uma xícara real. Da mesma forma, esculturas históricas impressas em 3D permitem que um visitante cego perceba detalhes como a postura de uma figura, a textura do vestuário e os contornos faciais.

Já o nível abstrato não se preocupa em representar fielmente um objeto ou cena, mas sim em traduzir informações visuais para um formato mais lúdico e interpretativo. Ele se apoia em formas, padrões e texturas para sugerir conceitos ou sensações, sem a necessidade de uma correspondência direta com a realidade visual. Um exemplo disso é o uso de linhas em relevo e variações de textura para indicar movimentos em uma pintura, ou a disposição de elementos geométricos para transmitir a ideia de profundidade e composição.

O nível simbólico se trata do vasto universo de sistemas de símbolos codificados que o homem criou arbitrariamente e ao qual atribuiu significados. Para que um objeto ou sinal tátil tenha um significado claro, ele precisa seguir um sistema de repetição, garantindo que, sempre que for explorado pelo tato, seja imediatamente associado ao conceito previamente estabelecido. Um exemplo claro desse princípio pode ser encontrado no sistema Braille. As letras e números em Braille seguem uma estrutura fixa de pontos em relevo, permitindo que qualquer pessoa cega que tenha aprendido esse código consiga reconhecê-los rapidamente ao tocá-los. Se a disposição dos pontos variasse de forma inconsistente, a leitura tátil se tornaria confusa e ineficaz. Da mesma forma, em materiais educativos, figuras em relevo representando letras ou números devem sempre manter a mesma estrutura e proporção, garantindo que sejam reconhecidas sem ambiguidades.

Se analisarmos cada nível de mensagem visual, seja ela representacional, abstrata ou simbólica, tem características específicas que podem ser isoladas e definidas, porém não são independentes entre si, na verdade estes elementos se sobrepõem e interagem para que uma mensagem geral seja transmitida. Ou seja, os elementos visuais são manipulados com técnicas específicas, apresentando objetivos associados ao caráter do que está sendo concebido e à finalidade da mensagem produzida, e a impressão 3D pode exercer essa função por meio da volumetria, permitindo a materialização de

elementos visuais em formas tridimensionais táteis.

A modelagem tridimensional, como evidenciado por Tronco (2016), atualmente já é bastante utilizada na área médica, dada sua capacidade de produzir próteses, implantes, e modelos anatômicos, além de modelos complexos que simulam faces humanas, estruturas ósseas, peles, tecidos cutâneos.

Ou seja, a impressão 3D é uma ferramenta que já faz parte de projetos inovadores em empresas dos mais variados segmentos e como vimos ao decorrer deste artigo, alguns espaços culturais já são adeptos ao recurso de impressão 3D para promover acervos mais acessíveis ao público cego (Figura 5).

Figura 5: Obra Háptica, Museu do Ipiranga SP



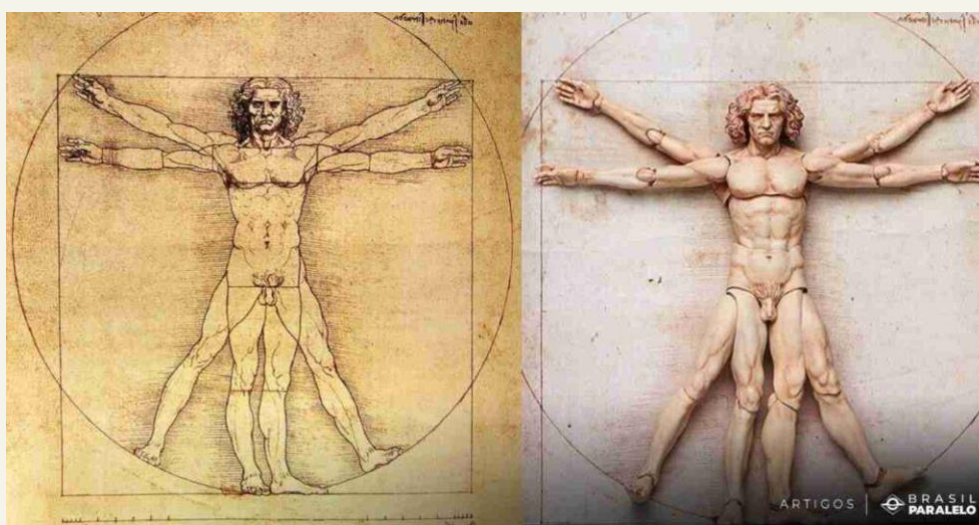
Fonte: Disponível em: museudoipiranga.org.br

Ventola (2014), pontua que a tecnologia de impressão 3D trouxe a realidade o mais próximo possível, facilitando o desenvolvimento de peças mais fiéis à realidade a partir de modelos virtuais. Isso significa que a impressão 3D permite a criação de representações físicas que se aproximam fielmente das características volumétricas dos objetos reais.

A representação da dimensão em formatos bidimensionais [...] depende da ilusão. A dimensão existe no mundo real [...] Mas em nenhuma das representações bidimensionais da realidade, como o desenho, a pintura, a fotografia, o cinema e a televisão, existe uma dimensão real; ela é apenas implícita (Dondis, 2015, p. 75).

Em outras palavras, mesmo as figuras bidimensionais, são reprodução que o homem criou arbitrariamente e ao qual atribuiu uma relação a objetos de natureza tridimensional (figura 6).

Figura 6: Imagem bidimensional e tridimensional



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Figma Table Museum

Modelos tridimensionais oferecem uma representação mais precisa de um objeto, pois capturam sua profundidade, podendo reproduzir objetos de forma mais fiel às características espaciais. Em contraste, modelos bidimensionais são limitados ao contorno, representando apenas as dimensões de largura e altura, sem considerar a profundidade, o que resulta em uma visualização menos realista, sem a sensação de volume.

Para Paterson (2007), as tecnologias ligadas ao tato também geram a noção de presença e de co-presença, promovendo sentimentos de proximidade e intimidade. Em vista disso, os modelos tridimensionais, são em tese, mais efetivos para serem representados para o usuário cego, pois há uma referência cotidiana, volumétrica e tátil daquela figura.

Se atribuirmos os níveis classificados por Dondis (2015) a realidade dos usuários cegos e sentido tátil, originaliza-se uma abordagem que possivelmente pode ser aplicada em estudos e adaptações gráficas inclusivas.

Portanto, a impressão 3D é uma tecnologia que automatiza a criação de objetos tridimensionais, oferecendo uma solução acessível e versátil para diversas aplicações. A potencialidade inclusiva da impressão 3D se destaca por sua versatilidade, de acordo com as necessidades de cada mercado, é possível obter peças com diferentes características, como resistência à temperatura, flexibilidade, durabilidade e resistência mecânica. Essa tecnologia não apenas viabiliza a experimentação sensorial por meio do tato, mas também promove maior autonomia e participação em espaços museológicos e educacionais.

3. Métodos e Materiais

A metodologia adotada neste estudo segue um conjunto estruturado de etapas para investigar as potencialidades da impressão 3D como recurso inclusivo em espaços museais. Inicialmente, realizou-se uma revisão da literatura para compreender o estado atual do conhecimento sobre acessibilidade museal para deficientes visuais e a aplicação de tecnologias como a impressão 3D nesse contexto. A partir dessa revisão, foram identificadas e selecionadas fontes relevantes que serviram como base teórica para a pesquisa.

A coleta de dados foi realizada por meio de um levantamento bibliográfico, incluindo artigos científicos, dissertações, livros e materiais de exposições relacionados aos temas de Design Gráfico Inclusivo, Usuários Cegos, Espaços Museais, Linguagem Visual, Sentido Háptico, Impressão 3D e Imagens Táteis. Os dados foram organizados e analisados de maneira sistemática para identificar padrões, tendências e insights relevantes para o estudo.

A pesquisa de campo sobre imagens hápticas para cegos em museus foi conduzida por meio da visita a dois importantes espaços culturais na cidade de São Paulo: o Museu do Futebol e a Pinacoteca de São Paulo. A escolha desses museus se deu pela sua relevância cultural e pela presença de recursos acessíveis destinados ao público com deficiência visual, permitindo a análise de práticas já implementadas em um contexto real.

Durante as visitas, foi realizado um levantamento dos recursos hápticos disponíveis, com foco específico nas imagens táteis e suas características, como volumetria, textura e a presença de recursos complementares, como audiodescrição e braille. A metodologia de coleta de dados incluiu

a observação direta das exposições, análise das interações dos visitantes com os recursos hápticos, bem como entrevistas com profissionais responsáveis pela curadoria e acessibilidade dos museus.

Os critérios utilizados para a seleção dos recursos hápticos analisados envolvem a presença de imagens em relevo, a adequação das texturas para o reconhecimento tátil e a integração de tecnologias assistivas que facilitam o entendimento da obra por parte de visitantes cegos. Além disso, foram avaliados a organização dos espaços e a acessibilidade dos materiais, com o objetivo de garantir uma experiência autônoma e enriquecedora para os usuários. A análise desses elementos proporcionou uma compreensão profunda sobre as práticas atuais, com destaque para a potencialidade da impressão 3D como ferramenta inclusiva.

4. Resultados e Discussões

Este estudo sublinha a importância dos museus como agentes de inclusão social, especialmente no que tange à acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Pontuando que pessoas cegas, assim como qualquer outro público, têm interesse pela cultura, pela história e pela arte, independentemente do meio pelo qual essa experiência é mediada. O tato, por exemplo, é uma ferramenta poderosa de exploração e compreensão do mundo e no contexto museológico, a possibilidade de tocar esculturas ou reproduções tridimensionais de pinturas permite que o visitante cego construa uma imagem mental das obras e compreenda sua estrutura, texturas e formas. Além disso, a audiodescrição detalhada pode ampliar a experiência ao fornecer informações sobre cores, técnicas utilizadas e contexto histórico.

Outro aspecto essencial a ser considerado é que a experiência artística não se restringe à contemplação visual. As obras de arte carregam significados, narrativas e emoções que podem ser percebidos por meio de diferentes estímulos sensoriais.

Nesse sentido, a abordagem proposta por Dondis (2015), que define os níveis de interpretação visual – representacional, abstrato e simbólico –, é fundamental para a adaptação de materiais táteis em museus, possibilitando a transposição de elementos visuais de maneira fiel à mensagem original da obra. Nos museus analisados ao longo deste estudo, por exemplo, fotografias e pinturas de personalidades históricas foram adaptadas para a experiência tátil por meio de um enfoque

representacional, preservando características como os contornos faciais e a textura dos cabelos, de modo a proporcionar uma percepção mais próxima da realidade da figura retratada.

A tecnologia de impressão 3D tem se mostrado promissora, com um papel significativo em espaços culturais como os museus. Durante a pesquisa de campo, foram visitados dois museus de São Paulo: a Pinacoteca e o Museu do Futebol. Os resultados confirmaram a relevância e as possibilidades inovadoras da impressão 3D para promover a acessibilidade e a inclusão de pessoas cegas. Ambos os museus estão integrando recursos hápticos, como representações volumétricas, braille e piso tátil, para proporcionar aos visitantes com deficiência visual a experiência de obras originalmente bidimensionais (pinturas, imagens e fotografias) por meio do tato.

Entretanto, a implementação desses recursos, embora significativa, enfrenta desafios além das questões técnicas de produção. O principal obstáculo identificado foi a divulgação e o contato direto com o público, embora a inclusão de recursos hápticos seja um avanço importante, é necessário que os museus adotem estratégias eficazes para garantir que os visitantes cegos ou com deficiência visual saibam da disponibilidade desses recursos. A inclusão não se resume apenas à disponibilização das tecnologias, mas também à compreensão de como democratizar essas possibilidades e torná-las acessíveis ao maior número de pessoas possível. A falta de uma comunicação clara e de estratégias de divulgação eficazes pode levar ao uso reduzido desses recursos, limitando a experiência cultural dos visitantes cegos.

Por isso, é essencial que os museus invistam em campanhas de conscientização, parcerias com associações de pessoas com deficiência e facilitem a comunicação nas plataformas digitais. Além disso, o contato direto com o público também representa um desafio importante. O treinamento das equipes de atendimento deve garantir que os visitantes cegos recebam orientações adequadas sobre como utilizar os recursos hápticos de maneira eficiente. A implementação de recursos complementares, como audiodescrição e orientações táteis, deve ser acompanhada de um suporte adequado por parte das equipes para garantir que as informações sejam transmitidas de forma eficaz e clara.

Portanto, a implementação de recursos hápticos em impressão 3D nos museus deve ser acompanhada de uma estratégia sólida de comunicação e engajamento com a comunidade de

deficientes visuais, para que a inclusão não seja apenas uma questão de acesso aos recursos, mas também de disseminação dessas possibilidades, ampliando as oportunidades de vivência cultural e sensorial.

5. Considerações finais

A pesquisa desenvolvida neste estudo evidenciou a importância da impressão 3D e de outras tecnologias na promoção da inclusão em espaços culturais, como museus, especialmente no contexto da cegueira. A análise realizada em instituições como a Pinacoteca e o Museu do Futebol demonstrou que as representações volumétricas e os recursos complementares, como audiodescrição, braille e piso tátil, desempenham um papel fundamental na ampliação do acesso de pessoas cegas às obras de arte. A impressão 3D, em particular, revelou-se uma ferramenta poderosa, possibilitando a exploração tátil de elementos visuais anteriormente inacessíveis.

A conexão desses achados com a argumentação teórica reforça a relevância de uma abordagem integrada entre design gráfico, design inclusivo e tecnologias emergentes para a promoção de uma acessibilidade efetiva em museus. A visibilidade háptica, ao empregar formas, texturas e elementos táteis, proporciona uma experiência mais significativa para pessoas cegas, alinhando-se aos princípios do design inclusivo, que visam atender a uma população diversa.

Contudo, a pesquisa também revelou desafios significativos na reprodução de imagens hápticas, destacando a complexidade envolvida na criação de representações táteis que sejam fiéis às obras originais. A combinação da impressão 3D com outras tecnologias, como revestimentos diferenciados e materiais interativos, representa uma direção promissora para aprimorar a qualidade e a precisão dessas representações.

Nesse contexto, há uma necessidade real de continuar a exploração dessa temática por meio de novas pesquisas que investiguem o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas, a capacitação de profissionais especializados e o impacto real dos recursos hápticos na experiência dos visitantes cegos. Além disso, estudos futuros podem ampliar essa abordagem para ambientes educativos, como na criação de materiais didáticos acessíveis, permitindo que a impressão 3D seja utilizada como uma ferramenta inclusiva na aprendizagem de pessoas com deficiência visual. A exploração dessa

temática pode ser aprofundada por meio de experiências diretas entre usuários e materiais táteis 3D, possibilitando um feedback mais preciso sobre a eficácia e a usabilidade dessas soluções.

Para o avanço do conhecimento na área, é fundamental um esforço colaborativo entre designers, tecnólogos e profissionais de museus, visando à construção de um futuro mais acessível e inclusivo. Pesquisas futuras poderão explorar não apenas a aceitação e o impacto dessas tecnologias pelo público-alvo, mas também os desafios contínuos na aplicação dessas inovações de forma escalável e sustentável em diferentes contextos culturais e educacionais.

Em suma, a tecnologia de impressão 3D e outras inovações representam um vasto potencial para transformar a experiência de visita em museus e a educação de pessoas cegas, garantindo que a acessibilidade e a inclusão sejam não apenas discutidas, mas efetivamente aplicadas. Dessa forma, reforça-se a importância da democratização da cultura e do conhecimento, tornando-os verdadeiramente acessíveis a todos.

Referências

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Acesso em: fev. 2025.

CARDOSO, E. Design para experiência multissensorial em museus: fruição de objetos culturais por pessoas com deficiência visual. Tese (Doutorado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design (PgDesign) da Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2016.

COLWEL, Peter; MENDES, Elisabete. Museus e Acessibilidade. Coleção Temas de Museologia. 1. ed. Lisboa: Instituto Português de Museus, 2004. Acesso em: fev. 2025.

CONSELHO INTERNACIONAL DE MUSEUS (ICOM). Acesso em: fev. 2025.

COUTO, Ronan Cardoso. A escolarização da linguagem visual: uma leitura dos documentos ao professor. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

CRUZ, Vanessa Carla Duarte Santos. Design inclusivo: projeto para o desenvolvimento de uma ajuda técnica numa perspectiva de design inclusivo. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2010.

DISCHINGER, M. Design for all senses: accessible spaces for visually impaired citizens. In: International

Conference on Design & Emotion, 2009.

DONDIS, A. A sintaxe da linguagem visual. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

GUIMARÃES, Márcio J. S.; MOURA, Mônica; DOMICIANO, Cassia Letícia Carrara. Ver pelo tato: contribuição do Design Inclusivo na formação de imagens mentais. Bauru: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2023. Acesso em: fev. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, estatísticas de deficiência visual no Brasil. 2023. Acesso em: fev. 2025.

ISHIKAWA, M. I. G.; BELLUZZO, R. C. B. Práticas inclusivas para deficientes visuais, baseadas na informação e conhecimento: reflexões e ações. Revista de Design, v. 6, n. 1, 2013.

LACERDA, Daniel. Fatiadores 3D: conheça os 3 softwares mais utilizados do mercado. 3D Lab. Acesso em: fev. 2025.

MAJEWSKI, Janice. Part of your general public is disabled. A handbook for guides in museums, zoos, and historic houses. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1987.

MARKS, Laura. The skin of the film. Durham: Duke University Press, 2000.

MARTINS, Patrícia Roque. A inclusão pela arte: Museus e públicos com deficiência visual. Dissertação de Mestrado em Museologia e Museografia. Faculdade de Belas-Artes – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.

MONTAGU, Ashley. Tocar, o significado humano da pele. Summus, 1986.

NASCIMENTO, Bruno MMG; GUIMARÃES, RAL do. Política de Acessibilidade: o que dizem as pessoas com deficiência visual. Educ Real [Internet], v. 44, n. 1, e84848, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-623684848>. Acesso em: fev. 2025.

NEUMÜLLER, Moritz et al. 3D printing for cultural heritage: Preservation, accessibility, research and education. In: 3D Research Challenges in Cultural Heritage. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 119-134.

OJAL, Amanda Pinto da Fonseca. Políticas públicas culturais de inclusão de públicos especiais em museus. Tese de doutoramento em Ciência da Informação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ONU. Declaração Universal dos Direitos Humanos. 2008.

PANOFSKY, Erwin. Iconografia e iconologia: Uma introdução ao estudo da arte da Renascença. In:

Significado nas Artes Visuais. São Paulo: Perspectiva S.A., 2009.

PATERSON, Mark. The senses of touch: haptics, affects and technologies. Oxford: Berg Publishers, 2007.

PAULA, Bruno; VECHIO, Gustavo. Impressão 3D como tecnologia emergente: estudo de conceitos essenciais, hardwares, softwares e aplicações na área médica. Revista Interface Tecnológica, v. 17, p. 107-117, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.767. Acesso em: fev. 2025.

SCHÜTZ-FOERSTE, G. M. Leitura de imagens: um desafio à educação contemporânea. Vitória: Edufes, 2004.

SPERRY, Keri. 3-D tecnologia de impressão a partir de imagens de TC pode ser utilizada de forma eficaz para o planejamento neurocirúrgico. 29 abr. 2011. Acesso em: fev. 2025.

TRONCO, Giordano. FISL 17: software livre ajuda a criar próteses 3D para humanos e animais. TechTudo, 15 jul. 2016. Acesso em: fev. 2025.

VENTOLA, C. L. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. P & T: a peer-reviewed journal for formulary management, v. 39, p. 10, 2014.