

Experiências com uso de mesa tangível em espaços de educação não formal

Vinicius Kruger da Costa^{1,2}, Eliana Zen^{1,3}, Adriana Borda Almeida da Silva¹,
Tatiana Aires Tavares¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC)
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
Pelotas – RS – Brasil

²Instituto Federal Sul-riograndense (IFSul)
Pelotas – RS – Brasil

³Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
São Vicente do Sul – RS – Brasil

{viniciusdacosta, eliana.zen, tatiana}@inf.ufpel.edu.br adribord@hotmail.com

Abstract. *Tangible tabletops allow an interaction with digital information closer to the real world, using various sensory skills of users, such as spatial and body awareness, playful aspects to stimulating collaboration. The aim of this article is to present the implementation process and discuss the results of the experiments developed on a tangible tabletop within an educational and cultural space (Museu do Doce). As contributions, the research produced a tangible tabletop, as well discuss the results obtained through evaluations and observations, suggesting approaches and pointing out potentialities and limitations of this device.*

Resumo. *Mesas tangíveis possibilitam uma interação com a informação digital mais próxima ao mundo real, utilizando-se de várias habilidades sensoriais dos usuários, como consciência espacial e corporal, aspectos lúdicos além do estímulo à colaboração. O objetivo deste artigo é apresentar o processo de implementação e discussão sobre os resultados das experimentações desenvolvidas em uma mesa tangível dentro de um espaço cultural educativo (Museu do Doce). Como contribuições, a pesquisa produziu uma mesa tangível interativa para o uso nesse espaço, bem como discutiu os resultados obtidos por meio de avaliações e observações, sugerindo abordagens e apontando potencialidades e limitações no uso desse dispositivo.*

1. Introdução

Uma interface tangível do usuário (*Tangible User Interface* - TUI) permite superar as limitações dos píxeis e da linguagem técnica gráfica ao fornecer formas físicas à informação digital. Isso aproveita a capacidade humana de compreender e manipular objetos físicos, transcendendo a tela e criando um espaço que mescla o mundo real e o virtual [Ishii 2008b].

A interação tangível [Jacob et al. 2008], por sua vez, busca estabelecer uma relação mais próxima entre o usuário e a informação digital, direcionando-se para as habilidades sensoriais.

Jacob et al. (2008) identifica quatro tipos de habilidades sensoriais:

- **1. Física intuitiva:** a percepção do usuário em relação ao mundo real;
- **2. Habilidade corporal:** a noção do usuário sobre seu próprio corpo e a capacidade de coordenar gestos;
- **3. Habilidade ambiental:** a percepção do usuário sobre o ambiente ao seu redor e a capacidade de interagir com ele;
- **4. Habilidade social:** a percepção do usuário em relação a outros usuários no mesmo ambiente, a comunicação entre eles e a habilidade de realizar tarefas em conjunto para alcançar um objetivo comum.

Ao considerar essas habilidades em conjunto, é possível potencializar o desenvolvimento de interfaces humano-computador, com interações tangíveis cada vez mais próximas de elementos presentes em nosso dia a dia. Já há mais de dez anos existe a classificação em diversos gêneros e contextos de aplicações com TUIs [Ishii 2008b], porém foi a mesa tangível que ganhou destaque como um dispositivo de pesquisa relevante desse tipo de interação. Costa et al. (2018) também observaram um aumento no número de pesquisas e aplicações utilizando esse dispositivo, atribuindo isso à capacidade das mesas tangíveis de explorar as habilidades sensoriais dos usuários e à sua versatilidade de aplicação em diversos contextos, uma vez que se baseiam em um objeto cotidiano na vida das pessoas: uma mesa.

Todas essas características tornam as *tangible tabletops* cada vez mais exploradas em ambientes que necessitam aprofundar o uso dos sentidos, sendo os contextos de educação não formal destinos principais dessas aplicações [De Raffaele et al. 2017]. Diante desse cenário, é oportuno desenvolver experimentos com o uso desse tipo de dispositivo, explorando novas oportunidades em espaços culturais e educacionais, como salas de aula, laboratórios e museus. O objetivo deste artigo é apresentar o processo de implementação e discussão dos resultados de experimentações realizadas em uma mesa tangível em um desses espaços (Museu do Doce). Como contribuições, esta pesquisa desenvolveu uma mesa tangível interativa para uso nesse espaço, além de discutir os resultados obtidos por meio de avaliações e observações, fornecendo abordagens, apontando potencialidades e limitações no uso desse dispositivo.

2. Mesas tangíveis

As mesas tangíveis interativas, também conhecidas como *tangible tabletops*, oferecem formas de interação mais naturais e sociais, uma vez que o espaço interativo em suas superfícies (analógicas) é especialmente adequado para o desenvolvimento de aplicações colaborativas [Costa 2018]. Como dispositivos de TUI, elas vão além do sentido visual, extrapolando a tela da interface gráfica, permitindo tocar, manipular e moldar vários elementos físicos durante o processo de interação [Ishii 2008a].

A Figura 1 ilustra os elementos presentes no processo de interação em uma TUI por meio de uma mesa tangível interativa. O usuário controla um objeto físico (que pode ser qualquer coisa) como uma representação tangível que, ao ser movido sobre a superfície da mesa, gera uma interpretação digital pelo sistema computacional, resultando em uma representação intangível. A mesa tangível é, portanto, uma interface na qual os dados do sistema são exibidos ou projetados sobre a superfície superior desse dispositivo, ou sobre objetos físicos que podem ser posicionados ou manipulados para realizar as interações, atuando como controles na mesa.

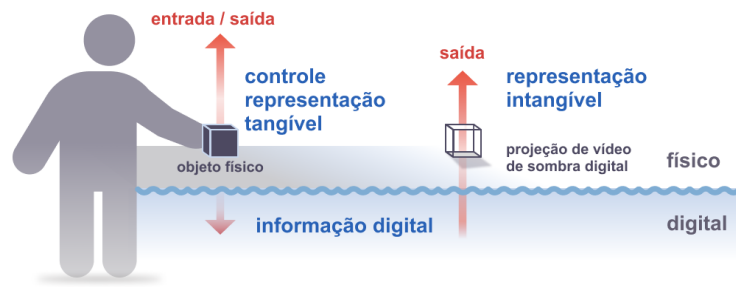


Figura 1. Manipular através de forma tangível (física) representações de informações digitais com feedback tátil, visual e até háptico. Fonte: Autor (2023) adaptado de Ishii (2008)

Dentre as mesas tangíveis comercialmente disponíveis no mercado a Reactable é um dos exemplos recorrentes na bibliografia da área [Preece et al. 2013], além dos monitores MultiTaction [Preuss et al. 2020]. O Reactable ¹ é um instrumento de música eletrônica que consiste em uma *tangible tabletop* na qual objetos físicos são dispostos sobre sua superfície e, a partir da forma com que os objetos são posicionados e como são movimentados, a aplicação reflete um som diferente [Jordà et al. 2007]. Já os monitores MultiTaction ² são uma solução comercial que envolve hardware e software para uma mesa interativa com suporte a interações ao toque e multi-toque, além de reconhecer objetos e marcadores fiduciais.

Esses marcadores fiduciais/manipuladores tangíveis são identificados pela mesa através de diversas técnicas computacionais. Existem vários tipos *tokens* que são incorporados as aplicações em *tangible tabletops* [Appert et al. 2018]:

- **Tokens passivos:** utilizam anexados a sua superfície alguma representação que seja possível de ser rastreada através dos algoritmos de visão computacional. Exigem calibração e condições ambientais controladas para um boa manipulação.
- **Tokens ativos:** são objetos equipados com algum sensor, às vezes com uma tela independente. São programáveis, podem ser montados juntos para criar objetos maiores, personalizáveis para qualquer tipo de aplicação.
- **Tokens magnéticos:** incorporam um ímã que é detectado, através de algoritmo específico. Embora essa abordagem permita interações precisas, requer o aumento da superfície com sensores para redução de possíveis ruídos com outros dispositivos.
- **Tokens capacitivos:** podem ser telas capacitivas multitoque que podem ser usadas como *tokens* em mesas interativos. A abordagem consiste em construir um manipulador tangível que cria um circuito condutor entre os dedos dos usuários e a superfície capacitiva da mesa. Amplia as possibilidades de interação assim como necessidade de processamento computacional.

Com relação as aplicações existem ferramentas de autoria que facilitam o processo de desenvolvimento, principalmente nas soluções proprietárias como a Microsoft

¹www.reactable.com

²multitaction.com

Surface e os produtos da MultiTaction. Fora das soluções comerciais existem *frameworks* disponíveis para produção de mesas tangíveis de maneira customizada.

Em Preuss et al. (2020) apresenta-se a construção de uma mesa tangível e uma ferramenta para usuários finais (educadores, psicopedagogos) com foco na produção de aplicações para educação inclusiva. A ferramenta Eduba ³ permite que um usuário, sem um profundo conhecimento de computação, possa desenvolver uma aplicação que funcione na mesa tangível. Dessa forma surgiu um repositório básico de aplicações que podem ser utilizadas em mesas similares.

Com base nessas definições teóricas e tecnológicas a próxima seção busca apresentar a metodologia utilizada no desenvolvimento prático dos experimentos.

3. Metodologia

Este estudo adotou a abordagem de "Pesquisa através do Design" (*Research Thought Design* - RTD), que considera o design como uma atividade de pesquisa para aprimorar as práticas do próprio design. O RTD integra modelos, teorias e técnicas no processo de produção do projeto, utilizando esboços, desenhos, modelos e protótipos para investigar ideias, testar hipóteses e realizar avaliações.

As etapas procedimentais deste estudo, em relação aos resultados obtidos, podem ser divididas da seguinte forma:

- **1. Identificação e análise de problemas**, por meio de revisão da literatura sobre mesas tangíveis interativas e definição de uma configuração inicial personalizada.
- **2. Desenvolvimento de soluções de protótipo** com base no estudo de revisão sobre o estado da arte, incluindo a implementação do projeto computacional e a criação da infraestrutura e do protótipo da mesa tangível interativa.
- **3. Ciclos iterativos de teste e refinamento** de soluções, na prática, incluindo testes de usabilidade, entrevistas abertas e observações por especialistas.

Todas as avaliações foram realizadas em um espaço de educação não formal - um museu - com livre circulação e acesso à mesa tangível (Museu do Doce). Os participantes seguiram os protocolos sanitários exigidos pelo espaço e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o qual conduziu todo o processo em conformidade com as normas especificadas na legislação nacional, seguindo os parâmetros éticos de condução e registro no Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas (CEP FAMED) sobre o nº CAAE: 60509522.7.0000.5317.

4. Trabalhos relacionados

A interface tangível e a construção e uso de *tangible tabletops* possibilitam novas oportunidades para uma interação mais direta entre usuários e objetos. Nesse sentido seu uso em espaços educacionais é uma inovação relevante pois permite a ampliação digital desses lugares. Contudo, vários espaços com foco na educação não formal já utilizam aplicações com o uso de interfaces tangíveis e, nesse sentido, o objetivo dessa seção é justamente discutir alguns desses trabalhos.

³<https://nidaba.online/>

O artigo *Tangible Tens: Evaluating a Training of Basic Numerical Competencies with an Interactive Tabletop* [Falcão et al. 2018] utiliza a pesquisa em matemática manipulativa e interface tangíveis para desenvolver um treinamento de competências numéricas básicas usando uma mesa interativa em combinação com blocos físicos semelhantes a um brinquedo LEGO (*tokens*).



Figura 2. Crianças interagindo com a aplicação no *tangible tabletop* . Fonte: Falcao et al.(2018)

Vários são os benefícios listados nesse artigo com relação ao uso de interfaces tangíveis (utilização da consciência espacial e corporal, aspectos lúdicos, estímulo a colaboração, entre outros) no desenvolvimento de atividades educacionais, sendo que a maioria dessas aplicações é destinada a crianças até 13 anos de idade.

Já no artigo *Digital augmentation of historical objects through tangible interaction* [Not et al. 2019] o uso de interação tangível cria a possibilidade de uso de objetos físicos com sensores (*tokens*), os quais são detectados ao serem movidos sobre uma mesa. Criam-se cenários em que as informações descritas sobre os objetos são apresentadas aos usuários no momento exato em que estão olhando para eles. O projeto, centrado numa pequena mesa interativa tangível com um monitor à frente, combina informações digitais com uma experiência prática na manipulação de relíquias da Primeira Guerra Mundial (Figura 3). A sinergia entre os aspectos físicos e digitais estimulou a empatia com os usuários originais daqueles objetos e promoveu interação social entre os visitantes do museu.



Figura 3. Um usuário manipula um objeto enquanto ouve sua descrição (à esquerda) e pressiona um botão para alterar o idioma do material de vídeo suplementar (meio centro); um grupo de visitantes discute durante uma apresentação (à direita). Fonte: Not et al. (2019)

O trabalho proposto em *The farm game: a game designed to follow children's playing maturity* [Zidianakis et al. 2017] ilustra a implementação de uma solução de mesa

tangível interativa customizada. O trabalho foi desenvolvido e planejado para o perfil de um usuário específico (crianças até 8 anos), considerando sua altura, posição de uso, como podemos ver na Figura 4.

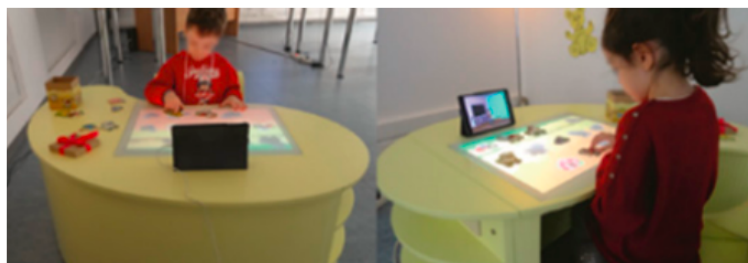


Figura 4. Um usuário manipula um objeto enquanto ouve sua descrição (à esquerda) e pressiona um botão para alterar o idioma do material de vídeo suplementar (meio centro); um grupo de visitantes discute durante uma apresentação (à direita). Fonte: Zidianakis et al.(2017)

Como já descrito anteriormente, os produtos disponíveis no mercado são dispendiosos e nem sempre cumprem as necessidades específicas para uma determinada aplicação. Com base nesses trabalhos, e no uso que fazem de mesas tangíveis, percebe-se uma gama de opções disponíveis para aplicação dessa forma de interação dentro do contexto de experiência em espaços culturais e educacionais com soluções customizadas e específicas.

Diferentemente da interface gráfica que é adaptável a diversos contextos num mesmo lugar (tela), pois aceita diversos tipos de dados, as mesas tangíveis interativas que utilizam TUI ainda estão muito ligadas a esses contextos mais específicos. Observa-se que cada aplicação apresentada é muito relacionada àquele local físico e aos *tokens* que são os disponíveis para uso. Também se percebe nos projetos listados o uso dos conceitos de interação baseada na realidade (física intuitiva, consciência corporal, consciência ambiental e compreensão social) [Jacob et al. 2008] que caracterizam o uso da TUI.

5. Mesa tangível: Implementação e experimentações

O objetivo dessa seção é apresentar todo o processo de implementação, com as tecnologias utilizadas e características de construção do dispositivo, indo até os testes de usabilidade e observações de uso com a discussão dos resultados.

5.1. Implementação: desenvolvimento protótipo funcional

A especificação técnica da mesa tangível construída no desenvolvimento dessa pesquisa foi baseada na construção apresentada por Preuss et al.(2020) e é ilustrada pela Figura 5.

O grande diferencial desse modelo de mesa é sua construção ser possível com tecnologias de alta disponibilidade e com um custo bem inferior as soluções comerciais disponíveis de mercado. Os frameworks de implementação TUIO [Kaltenbrunner et al. 2005], conjugado as técnicas de visão computacionais geradas com foco em mesas tangíveis através do Reactivision [Kaltenbrunner 2009], possibilitam uma grande variedade de produção de dispositivos e de manipuladores atrelados a eles.

Para a produção das aplicações foi utilizada a própria ferramenta de autoria online criada por Preuss et al. (2020) chamada Eduba. Ela permite que um usuário, sem um

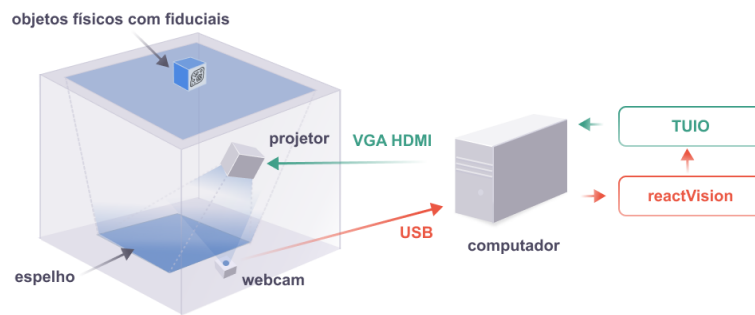


Figura 5. Arquitetura de construção da mesa tangível interativa Fonte: Autor (2023) adaptado de Preuss et al. (2020)

profundo conhecimento de computação, possa desenvolver uma aplicação que funcione na mesa tangível. Para isto, a própria ferramenta disponibiliza tutoriais e faz a interface de comunicação entre os *tokens* e o sistema computacional.

5.2. Caracterização do cenário da pesquisa

A mesa tangível produzida foi inserida dentro de um dos ambientes do museu (Figura 6). O Museu do Doce tem como objetivo a missão de salvaguardar os suportes de memória da tradição doceira para Pelotas e da região com o compromisso de produzir conhecimento sobre esse patrimônio. Para além desse objetivo cabe ressaltar que é um espaço universitário com estímulo a pesquisa, servindo como um laboratório aberto para contato com a comunidade.



Figura 6. Colocação da mesa tangível no espaço do museu Fonte: Autor (2022)

O Museu do Doce está atualmente situado na Praça Coronel Pedro Osório, dentro de um casarão tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) pela sua relevância patrimonial histórica e arquitetônica. Esse museu funciona diariamente com visitação gratuita e está localizado no centro da cidade, com um fácil acesso à população, o que possibilita bons números de visitação, justificando, dessa forma, sua escolha como espaço para essa pesquisa.

Nesse contexto, julgou-se adequado colocar a mesa tangível dentro de uma das salas do museu em conjunto com uma exposição específica, tornando esse dispositivo

relevante ao acervo disponível, contudo sem ser ela por si só a atração principal do espaço. Dessa forma permitiu-se uma observação natural de como os usuários se relacionavam com tal forma de interação.

Além da tela pictórica principal da exposição (pintura ao fundo na Figura 6), a sala contém diversos outros elementos como: painéis com textos e imagens descritivas do quadro e seu contexto histórico social de produção, bancos para o visitante sentar e contemplar a tela, cubos de apoio para colocação dos *tokens* e ampla área de livre circulação com boa iluminação.

Com o objetivo de possibilitar aos visitantes do museu uma experiência com a mesa tangível, foi produzida uma aplicação relacionada à exposição contida naquele espaço. A aplicação consiste em partes “recortadas” da pintura exposta na sala, funcionando como *tokens* de interação. Ao serem encaixados sobre o tampo da mesa, como em um quebra-cabeças, a mesa tangível reproduz um áudio descritivo daquela parte visual encaixada, com uma explicação sobre os personagens e qual a leitura iconográfica dos elementos que estão ali representados (Figura 7).



Figura 7. Detalhe dos tokens (à esquerda) e usuários manipulando-os com a mesa tangível (à direita). Fonte: Autor (2022)

Os *tokens* foram produzidos com recorte a laser em acrílico, com as imagens da pintura em uma face e os fiduciais de reconhecimento para a mesa anexados na parte posterior. Esses *tokens* foram deixados num cubo ao lado da mesa tangível interativa e somente havia instruções de uso escritas na parte superior da mesa, ou seja, não havia mediadores ou instrutores que explicavam anteriormente o uso. Alguns dos *tokens* foram produzidos de forma que o usuário poderia encaixar mais de uma peça em um mesmo espaço, tendo descrições ou feedbacks diferentes da mesa conforme a escolha de cada um deles. Além disso a dinâmica de visitação do museu não foi alterada em função da mesa, o que fez com que às vezes um único usuário interagisse com ela ou grandes grupos que manipularam vários *tokens* ao mesmo tempo.

5.3. Experimento: resultados e discussão

A partir dessas premissas definidas: **(a) espaço de educação não formal, (b) formas de interação com os *tokens* e a aplicação na mesa tangível e (c) perfil dos usuários visitantes**, buscou-se conduzir um processo avaliativo sobre essa experiência. No caso dessa pesquisa, entende-se “avaliação” sob a perspectiva de quem utiliza o dispositivo, com uma pergunta norteadora: “Como as pessoas interagiram ou experienciaram com a mesa

tangível?” Desse modo, o principal objetivo era gerar percepções sobre a experiência que os usuários tiveram com esse tipo de interface e quais são os potenciais usos e limitações desse dispositivo.

Não cabe aqui uma avaliação simples sob a ótica de funcionamento ou de conformidade de especificação, mas de qualificar o uso da mesa nesse contexto, com uso das ferramentas: observação de especialistas, entrevistas abertas, além de um grupo de usuários que preencheu um questionário de usabilidade (*System Usability Scale - SUS*) [Brooke et al. 1996].

Com relação a escala SUS, 25 visitantes (amostragem aleatória por conveniência) preencheram o questionário. Grande parte desses usuários têm entre 18 e 24 anos (52%); e de 25 a 39 anos (39%) sendo que nenhuma criança foi considerada nessa amostra, principalmente em função da dificuldade de entendimento com relação as perguntas do questionário. Apenas 2 usuários relataram já terem interagido com uma mesa similar em algum outro local, o que sinaliza o conceito de novidade a maioria da amostragem desse tipo de dispositivo e interação. O escore médio das avaliações na escala SUS foi de 83,8 pontos (com desvio médio de 11,9 pontos para mais ou menos), o que é definido como uma boa usabilidade, ou seja, as pessoas conseguiram usar a mesa interativa tangível para aquilo que tinham como entendimento de como ela deveria funcionar.

As observações seguiram um protocolo executado por um grupo de 3 pesquisadores que acompanharam a visita à sala com a mesa tangível num período de uma semana, totalizando em torno de aproximadamente 80 visitantes de idades variadas (grupos de crianças participaram). Havia um roteiro pré-estabelecido com algumas questões norteadoras e, conforme o andamento do uso da mesa, os visitantes poderiam ser solicitados, conforme o seu desejo, a responder perguntas em uma entrevista aberta: “Como foi a primeira reação a interação com a mesa tangível interativa? O que motivou o usuário a interagir com a mesa? Já usaram algum dispositivo similar a esse? Como se sentiram de maneira geral? O que achou da altura da mesa? O som ficou adequado? Luminosidade está de acordo? ”*Tokens* estão no tamanho e forma adequados?”

Apenas 3 usuários, do total da amostra observada, foram diretamente interagir com a mesa tangível, sendo que a grande maioria dos visitantes foi primeiramente olhar a pintura exposta, a qual tem um tamanho considerável e é o objeto principal de exposição na sala. Em torno de 70% das pessoas que entraram na sala no período observado interagiu com a mesa tangível sendo que o roteiro (ordem de visualização dos elementos da sala) que a maioria dos visitantes desenvolvia seguia a ordem: visualizar a pintura, ler os painéis com texto descritivo e, por fim, interagir com a mesa.

Grande parte dos usuários tentou utilizar interação por toque junto ao tampo da mesa, já que os *tokens* disponíveis estavam num cubo ao lado do tampo. Ao não estabelecer a relação de uso entre o *token* e a mesa os usuários buscaram a analogia mais próxima do seu uso cotidiano, que são as interações por toque e multitoque em seus *smartphones*. Ao perceberem o não funcionamento inicial alguns poucos usuários leram as instruções sobre a mesa, enquanto outro grupo percebeu a relação entre os objetos e a mesa (peças no quebra-cabeça).

Ao ser utilizada por grupos de usuários a interação com a mesa tangível e os *tokens* acontecia de forma colaborativa, normalmente com cada um do grupo colocando

uma peça por vez. Alguns usuários reclamaram do som baixo diante das conversas de grupos maiores que estavam na sala ao mesmo tempo. Já com relação a iluminação não houve nenhuma consideração nem com relação à altura da mesa que funcionou tanto com grupos de adultos como com crianças.

A questão de acessibilidade a pessoas com deficiência visual surgiu como um dos aspectos relevantes nas observações, já que os *tokens* acionam uma áudio descrição dos elementos da pintura em exposição. Durante o período de observações uma usuária com baixa visão que utilizou a mesa interativa tangível conseguiu, através dessa experiência de uso da mesa, ter uma “visão” completa do quadro que estava a sua frente – *“Acho que poderia haver mais mesas como essa, eu enxergo muito pouco com um dos olhos e do outro sou cega, consegui enxergar a tela só através dessa tecnologia aqui, os pedaços de tela recortados (tokens) foram fáceis de manipular pois podia pegá-los com a mão e trazer perto do olho que consigo enxergar e ao colocar na mesa a descrição me ajudou a entender melhor o quadro.”*

As limitações observadas no uso da mesa tangível interativa nesse espaço cultural educacional dizem mais respeito a questões técnicas de funcionamento (som baixo, problemas de calibração e identificação dos *tokens*) do que aspectos no contexto de interação dos usuários com o dispositivo. A colocação da mesa em frente ao quadro pictórico com uma aplicação que ampliou a experiência de uso com essa peça importante do acervo foi elogiada pelos visitantes e sempre gerava atratividade de uso do dispositivo, o que justifica explorar cada vez mais seu uso.

Sugere-se como abordagem para novos usos em outros contextos educacionais culturais, que se considere esse entorno do espaço como campo complementar ao que é oportunizado dentro da interação com a mesa tangível. Dessa forma fica estabelecida de maneira mais direta a relação de uso do dispositivo e os *tokens*.

6. Considerações finais

Mesas tangíveis interativas têm um grande potencial de uso para diversas áreas do conhecimento. Desde o contexto de espaços educacionais culturais, como nessa pesquisa, até a popularização nos ambientes domésticos, de comércio e serviços. Interfaces compartilhadas se tornarão realidade na medida que a própria computação resolver o modo como os objetos se comunicam, através de protocolos que sejam escalados a todas as plataformas e entre diversas empresas e suas soluções comerciais, além de plataformas sólidas de desenvolvimento, tudo a um custo acessível.

A manipulação da mesa interativa tangível de forma colaborativa, onde um grupo de pessoas podem manipular os elementos de interação simultaneamente a fim de realizar tarefas independentes ou em conjunto é uma das características positivas constatadas nesse tipo de interação. Desse modo se evita o “isolamento do acesso” criado pelo uso dos sistemas com interface gráfica, permitindo que os sistemas com TUI sejam de interação social num contexto espacial físico.

Estas mesas tangíveis vão estar presentes nos restaurantes, nos lares das pessoas, e as aplicações que hoje são específicas a um determinado uso serão mais generalistas e aplicáveis a contextos mais amplos.

Dentre os principais resultados obtidos até o presente momento, considerou-se a

oportunidade formativa tanto da equipe como dos usuários, tendo em vista a inovação tecnológica utilizada para o contexto em questão. A pesquisa está em fase inicial e expansão, estabelecendo-se como infraestrutura para a investigação em diversas áreas do conhecimento, em especial por ter disponibilizado este dispositivo em um espaço público e aberto para a extensão universitária e multidisciplinar, como se apresenta o Museu do Doce.

Referências

- Appert, C., Pietriga, E., Bartenlian, E., and González, R. M. (2018). Custom-made tangible interfaces with touchtokens. In *Proceedings of the 2018 international conference on advanced visual interfaces*, pages 1–9.
- Brooke, J. et al. (1996). Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194):4–7.
- Costa, V. K. d. (2018). Diretrizes para projeto de interfaces gráficas do usuário (igu) com interação baseada em movimentos de cabeça. Master's thesis, Universidade Federal de Pelotas.
- De Raffaele, C., Smith, S., and Gemikonakli, O. (2017). Enabling the effective teaching and learning of advanced robotics in higher education using an active tui framework. In *Proceedings of the 3rd Africa and Middle East Conference on Software Engineering*, pages 7–12.
- Falcão, T. P., Dackermann, T., Schüler, M., Ulrich, C., Klemke, A., and Moeller, K. (2018). Tangible tens: Evaluating a training of Basic numerical competencies with an interactive tabletop. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2018-April:1–12.
- Ishii, H. (2008a). Tangible bits: beyond pixels. *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '08)*, pages xv–xxv.
- Ishii, H. (2008b). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, 51(6):32–36.
- Jacob, R. J., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Solovey, E. T., and Zigelbaum, J. (2008). Reality-based interaction: a framework for post-wimp interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 201–210. ACM.
- Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., and Kaltenbrunner, M. (2007). The reactable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, pages 139–146. ACM.
- Kaltenbrunner, M. (2009). reactivation and tuio: a tangible tabletop toolkit. In *Proceedings of the ACM international Conference on interactive Tabletops and Surfaces*, pages 9–16.
- Kaltenbrunner, M., Bovermann, T., Bencina, R., Costanza, E., et al. (2005). Tuio: A protocol for table-top tangible user interfaces. In *Proc. of the The 6th Int'l Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*, pages 1–5. Citeseer.

- Not, E., Cavada, D., Maule, S., Pisetti, A., and Venturini, A. (2019). Digital augmentation of historical objects through tangible interaction. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 12(3):1–19.
- Preece, J., Rogers, Y., and Sharp, H. (2013). *Design de Interação - 3ed.* Bookman Editora.
- Preuss, E., Vieira, M. B., Coutinho, K. S., Henriques, R. V. B., and Baldassarri, S. (2020). Uso de mesa tangível na educação inclusiva. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 742–751. SBC.
- Zidianakis, E., Stratigi, K., Ioannidi, D., Partarakis, N., Antona, M., and Stephanidis, C. (2017). The farm game: a game designed to follow children’s playing maturity. In *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation: 5th International Conference, ArtsIT 2016, and First International Conference, DLI 2016, Esbjerg, Denmark, May 2–3, 2016, Proceedings 5*, pages 20–28. Springer.