

TECNOLOGIAS DIGITAIS DE VANGUARDA NO DESENVOLVIMENTO DE ATRAÇÕES DE POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA NO MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL DO ARAGUAIA - MuHNA

Ivairton Monteiro Santos

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/Campus Universitário do Araguaia)
ivairton@ufmt.br - <http://lattes.cnpq.br/2725945149876931>

Jefferson Bento de Moura

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/Campus Universitário do Araguaia)
jefferson.n.b@hotmail.com - <http://lattes.cnpq.br/6493819549747394>

Márcia Cristina Pascotto

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/Campus Universitário do Araguaia)
marcia.pascotto@ufmt.br - <http://lattes.cnpq.br/2598684913331235>

Resumo: O Museu de História Natural do Araguaia (MuHNA), após reforma em 2024, implementou tecnologias imersivas de realidade aumentada, realidade virtual e inteligência artificial, para modernizar a divulgação científica e ampliar a acessibilidade. Os resultados destacam-se em três sistemas: *i*) sistema de realidade aumentada, no qual o visitante interage virtualmente em tempo real com animais do Cerrado; *ii*) sistema de realidade virtual, que proporciona uma imersão total por meio de óculos de realidade virtual, de modo que o visitante faz uma viagem pelo bioma do Cerrado mato-grossense, ouvindo uma narrativa explicativa; e *iii*) sistema de conversação com o mascote do MuHNA (Tamandu), que utiliza modelos de inteligência artificial para processamento de linguagem natural, que permite ao visitante realizar suas perguntas (falando) e então ouvir as respostas às suas curiosidades. Os novos sistemas passam a compor um novo espaço no museu, o Espaço Digital. O interesse e a interatividade dos visitantes reforçam a realização da missão educativa do museu, como agente divulgador da ciência e como espaço lúdico e não formal de aquisição de conhecimento. Futuras expansões nos sistemas proporcionarão o conhecimento sobre novos biomas e aprimoramento dos processos de interatividade. O MuHNA consolida-se como referência em museus interativos, alinhando tecnologia, educação e inclusão social, com impacto positivo na popularização da ciência, especialmente na região do Araguaia.

Palavras-chave: Educação. Tecnologia. Comunicação. Realidade aumentada. Realidade virtual. Inteligência Artificial.

Abstract: *The Araguaia Natural History Museum (MuHNA), after renovation in 2024, implemented immersive augmented reality, virtual reality and artificial intelligence technologies to modernize scientific dissemination and increase accessibility. The results stand out in three systems: i) an augmented reality system in which visitors interact virtually in real time with animals from the Cerrado; ii) a virtual reality system that provides total immersion through virtual*

reality glasses, so that visitors take a trip through the Cerrado biome of Mato Grosso, listening to an explanatory narrative; and iii) a conversation system with the MuHNA mascot (Tamandu), which uses artificial intelligence models for natural language processing, which allows visitors to ask questions (speaking) and then hear the answers to their curiosities. The new systems now make up a new space in the museum, the Digital Space. The interest and interactivity of visitors reinforce the achievement of the museum's educational mission, as an agent for disseminating science and as a playful and informal space for acquiring knowledge. Future expansions of the systems will provide knowledge about new biomes and improve interactivity processes. MuHNA is consolidating itself as a reference in interactive museums, aligning technology, education and social inclusion, with a positive impact on the popularization of science, especially in the Araguaia region.

Keywords: Education. Technology. Communication. Augmented reality. Virtual reality. Artificial Intelligence.

INTRODUÇÃO

O Museu de História Natural do Araguaia (MuHNA) foi idealizado em 2013 por um pequeno conjunto de professores do Campus Universitário do Araguaia, da Universidade Federal de Mato Grosso, que passaram a se dedicar a este sonho. Com apoio do CNPq, o museu foi inaugurado em 5 de junho de 2018 e, mais recentemente, em 2024, passou por uma reforma civil estrutural, atualizou seu acervo e implementou novos recursos e atrações museológicas.

O MuHNA tem como missão popularizar e divulgar o conhecimento científico sobre História Natural de modo interativo, para democratizar a ciência na região do Araguaia, e visa ser uma instituição museológica de referência de acesso à ciência, por meio da interatividade, tecnologia e inclusão social (Pascotto, 2023).

Ao longo do seu funcionamento, registram-se mais de 32 mil visitantes, oriundos principalmente da região do Araguaia, mas também de todas as regiões brasileiras e de alguns países da América do Sul, América Central e Europa. O museu tem desenvolvido sistematicamente atividades de pesquisa e extensão; ações de ensino e divulgação da ciência para a comunidade; oficinas de formação para professores e estudantes; e anualmente é responsável por coordenar e realizar a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do Araguaia (SNCT-Araguaia) na região do Araguaia.

O MuHNA tem entre seus pontos fortes duas características principais. A primeira delas é proporcionar um ambiente de inclusão social e acessibilidade, todo o espaço e atrações são pensados e projetados para ampliar ao máximo a capacidade de receber pessoas com diferentes tipos de deficiências. O segundo aspecto é a utilização de recursos tecnológicos como ferramenta na ampliação da comunicação e melhoria do processo de divulgação científica e educação.

Este artigo discute a utilização prática, estratégias e resultados do emprego dessas novas tecnologias como ferramentas promotoras da divulgação da ciência e aprendizagem, em especial num contexto de mostra de acervo museológico. Serão detalhadas as ações de desenvolvimento de três dos novos sistemas digitais que passaram a compor o acervo do museu.

1. DESENVOLVIMENTO

Os museus e centros de ciências são espaços importantes para promoção da divulgação científica, apropriação do conhecimento e promoção da aprendizagem (Bizerra; Marandino, 2009). Nesse sentido, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) são importantes ferramentas para a difusão do conhecimento e patrimônio cultural, pois proporcionam formas de comunicação diversificadas.

Por meio da exposição, os museus comunicam o conhecimento existente sobre os acervos em uma lógica conceitual, associando os objetos museológicos a elementos e conceitos contextualizados. A partir dela, o público apropria-se e recria o discurso proposto pela instituição. A museologia moderna recomenda que os museus adotem a Postura Interacionista na “comunicação museal”, que proporciona interação entre a mensagem e o visitante, que a comunicação seja de diálogo e não um monólogo (Cury, 2005).

Com as mudanças digitais mais recentes na sociedade, uma tendência é inserir TICs para a comunicação entre o museu e seu público, passando a adotar métodos de interatividade como elemento facilitador da comunicação entre a exposição e o visitante, proporcionando ambientes participativos, imersivos e experiências únicas de entretenimento e aprendizagem.

As TICs revolucionaram as formas tradicionais de mediação nos museus, passando da transmissão passiva de informações pelo mediador cultural para a mediação por interação com dispositivos tecnológicos, que colocam o usuário como agente ativo nesse processo (Rocha, 2014). A mediação interativa é uma forma de comunicação que permite ao público modificar o fluxo da informação (Carreras, RIUS, 2011), favorecendo o desenvolvimento da inteligência, da autonomia e da criticidade.

De acordo com Carolei e Tori (2014), o ser humano é dotado de uma característica inata, que é o prazer e a motivação pela experimentação, vivência, imaginação e pelo desejo de se transportar para outros tempos e espaços. A partir desse princípio, a utilização de novas tecnologias da computação, como a Realidade Aumentada (RA), a Realidade Virtual (RV) e a Inteligência Artificial (IA), promoverá maior imersão dos visitantes nos temas abordados pelo museu e novos tipos de interação com elementos físicos do ambiente. Essas tecnologias permitem novas experiências interativas, por meio de dispositivos tecnológicos, a integração de ambientes reais com elementos virtuais interativos em tempo real (RA e IA), ou mesmo a imersão total do indivíduo no ambiente digital (RV).

Nesse sentido, o MuHNA vem desenvolvendo atrações que empregam tecnologias da computação desde sua fundação, como exemplos, o painel interativo “Canto das Aves” (Figura 1(a)), tablets com jogos educativos e os totens com sistema de simulação gráfica de animais modelados em 3D (Figura 1(b)).

Figura 1 - Crianças interagindo com atrações de tecnologia do MuHNA



(a) Painel interativo “Canto das Aves”.



(b) Totens com sistema de simulação de animais modelados em 3D.

Fonte: Acervo dos autores.

A equipe do MuHNA constantemente busca aprimorar e criar atrações, que utilizem recursos disponíveis pelas tecnologias da computação, mas que sobretudo proporcionem um ambiente imersivo, criativo e lúdico ao visitante. Nesse sentido, no ano de 2024, com o apoio do CNPq, entre outras novas atrações, destacamos a elaboração de três novas atrações museológicas, que empregaram as tecnologias de RA, RV e IA. Essas atrações consistem de *i*) sistema digital de visualização de animais em conjunto com o visitante, que utiliza a RA; *ii*) sistema digital de viagem virtual pelo Cerrado, que emprega tecnologia de RV; e *iii*) sistema de conversação com o mascote virtual do MuHNA, que utiliza a IA. A proposta de cada um desses sistemas será descrita com detalhes na sequência.

1.1 Desenvolvimento do sistema de visualização de animais em conjunto com o visitante utilizando RA

O sistema que emprega a RA tem como objetivo proporcionar um ambiente imersivo, no qual o visitante pode imaginar sua interação com animais silvestres, típicos da fauna brasileira, especialmente do Cerrado. A proposta consiste em um sistema computacional que utiliza uma câmera para capturar imagens do ambiente, incluindo o visitante, e então projeta nessas imagens diferentes animais, proporcionando a ilusão (ocorre apenas no contexto digital) de que o visitante está junto aos animais, podendo “tocar” e interagir com eles.

Na prática, a atração consiste em um sistema de processamento gráfico com a modelagem dos animais em 3D, em conjunto com uma câmera digital e uma TV. A filmagem do ambiente pela câmera é processada pelo sistema de RA, que inclui a projeção dos animais, e então projeta na TV. A projeção dos animais deve proporcionar, da melhor forma possível, a ilusão de que eles estão presentes no ambiente, por meio dos seus movimentos, respeitando as delimitações físicas do espaço e interação com as pessoas. Assim, o visitante pode “brincar” com os animais virtuais, mesmo sendo animais selvagens, como a onça-pintada, anta, entre outros.

No aspecto técnico, esse sistema passou pelas etapas de planejamento e projeto de sistema, seleção de tecnologias e bibliotecas de desenvolvimento, modelagem 3D do ambiente integrado e animais, imple-

mentação computacional do sistema, testes e validação de usabilidade, aprimoramentos e disponibilidade da atração no museu.

1.2 Desenvolvimento do sistema de viagem virtual pelo Cerrado utilizando RV

O sistema de RV tem como proposta a imersão total do visitante por meio de óculos de realidade virtual, e então proporcionar um “passeio” em um ambiente virtual. Nessa primeira versão do sistema, foi proposto um passeio pelo Cerrado (totalmente modelado digitalmente em 3D), de modo que, ao longo do passeio, são apresentados diversos elementos típicos desse bioma, explorando aspectos da estrutura geográfica, da flora e da fauna, além de uma narrativa (auditiva) que descreve e esclarece sobre os elementos que estão sendo apresentados e destaca a beleza e curiosidades de tal bioma, bem como a importância de preservá-lo.

A estrutura física do sistema consiste em uma CPU com placa gráfica de alta capacidade de processamento, óculos de RV e TV que projeta o ambiente que o visitante está visualizando nos óculos.

O desenvolvimento técnico desse sistema passou pelo processo de projeto de criação de software; definição dos requisitos; seleção das tecnologias para incorporar com os óculos de RV; definição do roteiro do “passeio virtual” e sua narrativa; modelagem do ambiente virtual em 3D; implementação computacional; testes, validação e correções; e então disponibilização do sistema no museu.

1.3 Desenvolvimento do sistema de conversação com o mascote virtual do MuHNA utilizando IA

A última atração a ser apresentada consiste no desenvolvimento de um sistema que utiliza uma TV para projetar o mascote do MuHNA (um tamanduá-bandeira, chamado Tamandu) e um microfone para que o usuário possa fazer suas perguntas. O sistema processa a pergunta por meio de um modelo de IA, empregando uma técnica de Processamento de Linguagem Natural (PLN), produz uma resposta e a apresenta ao usuário. Esse processo ocorre de tal forma que parece uma conversa (real) entre o visitante e o mascote.

Os desafios inerentes a esse projeto são vários, vale destacar: a correta captação da fala do interlocutor em um ambiente com ruído; a correteza das respostas produzidas pelo modelo PLN; o treinamento do modelo de IA de modo a assumir a personalidade do mascote do MuHNA e ter conhecimentos específicos sobre o museu; realizar a captação da pergunta, processá-la, realizar a consulta no modelo PLN e apresentar a resposta em tempo viável; apresentar respostas criativas, preferencialmente bem humoradas e de maneira respeitosa; e finalmente, proporcionar um contexto de conversação que se pareça o melhor possível com a dinâmica de uma conversa real, principalmente evitando comportamento repetitivo, ou com característica “robotizada”.

No contexto técnico, foi definida a arquitetura do sistema; foram estabelecidos os requisitos de software e hardware; além da avaliação e escolha entre diferentes modelos de PLN. Além disso, foi desenvolvido o *frontend*, que consiste no ambiente gráfico que exibe o mascote modelado em 3D e capta e reproduz som; no *backend*, foi desenvolvida uma API que processa as perguntas, encaminhadas ao modelo PLN, e então, a partir da resposta fornecida pelo modelo, encaminha para o *frontend*, que irá gerar e reproduzir o áudio, além de realizar a animação do personagem.

Um dos principais desafios técnicos nesse projeto é a calibração e treinamento do modelo PLN, para que proporcione um ambiente (conversa) voltado para o contexto do museu e uma conversa com características naturais, mais próxima possível de um contexto real.

Na próxima seção, serão apresentadas com mais detalhes as ações realizadas no desenvolvimento de cada projeto.

2. METODOLOGIA

A seguir, será detalhada a metodologia de desenvolvimento das atrações que envolveram as tecnologias de RA, RV e IA.

2.1 Sistema com Realidade Aumentada

O desenvolvimento do sistema iniciou com o projeto de software, em que foram definidos os objetivos principais do sistema, como a inte-

ração em tempo real, precisão de rastreamento dos movimentos e realismo dos modelos 3D.

A arquitetura do sistema foi desenhada de modo a integrar os componentes da câmera, o sistema de processamento gráfico (RA) e a TV para projeção, garantindo um fluxo de dados contínuo desde a captura do vídeo até a renderização da cena híbrida (ambiente real + elementos virtuais).

Como tecnologia para modelagem e renderização das figuras digitais, foi escolhido o Unity 3D, em razão de ser uma tecnologia conhecida pela equipe de desenvolvedores do projeto e ser reconhecida como uma solução robusta para o desenvolvimento desse tipo de modelagem.

Todo o desenvolvimento do sistema lógico, desde o processamento da captura do vídeo, renderização, aplicação da *engine* de RA e projeção, foi realizado na plataforma *Unity Real-Time Development Platform*.

Em relação ao equipamento empregado, foi utilizada uma câmera com qualidade Full HD (modelo Logitech C920), uma TV de 40" e um computador com processador Intel i7, com 16Gb de RAM e placa gráfica Nvidia GeForce RTX 3050. Essa configuração garantiu um bom processamento do sistema, com captura de vídeo com qualidade e projeção virtual estável e fluida, com exibição em tempo real com boa sincronização entre o *feed* da câmera e a renderização 3D.

Para a modelagem 3D e animação, os animais virtuais selecionados (onça e anta – para esta versão) foram criados com detalhamento poligonal, texturizados com técnicas PBR (*Physically Based Rendering*), simulando pelagem e reflexos. O *rigging* (esqueleto da figura modelada em 3D) incluiu o esqueleto virtual do animal, para proporcionar animações como seus movimentos naturais, caminhar ou correr. *Shaders* foram aplicados para simular oclusão ambiental, como sombras projetadas no chão, ampliando a ilusão da presença física dos animais.

A implementação da RA usou princípios elementares (será evoluído nas versões futuras) no rastreamento e mapeamento do ambiente, usando SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*), permitindo que os animais virtuais sejam posicionados dinamicamente no espaço. A versão atual do sistema ainda não interpreta a interação do usuário.

Na fase de testes, foram identificadas algumas falhas de renderização e latência, que foram corrigidas com a otimização da modelagem e ajustes nos parâmetros de renderização.

O sistema está montado e em operação no MuHNA e tem despertado o interesse e a curiosidade dos visitantes, especialmente das crianças. A Figura 2 ilustra um usuário interagindo com o sistema.

Figura 2 - Interação do usuário no momento que uma anta é virtualmente projetada



Fonte: Acervo dos autores.

2.2 Sistema com Realidade Virtual

O sistema de RV oferece ao visitante uma imersão completa no bioma do Cerrado, combinando modelagem 3D, narrativa auditiva contextual e interação passiva guiada, utilizando óculos de RV.

O desenvolvimento técnico iniciou com o projeto de software, definiram-se os requisitos críticos, como a necessidade de renderização com taxa de pelo menos 60 FPS (quadros por segundo) para evitar o efeito *motion sickness* (travamentos), resolução mínima de 1920x1080 nos óculos de RV e a sincronização perfeita entre o áudio e os eventos visuais do ambiente.

Foi elaborado um roteiro que previa os principais conceitos, formações geológicas, plantas e animais que deveriam ocorrer no passeio virtual, bem como o texto da narrativa a ser executada ao longo da viagem. Nessa etapa, também foram estudados os principais conceitos e características referentes ao bioma escolhido (Cerrado).

A seleção das tecnologias fundamentou-se especialmente na adequação ao equipamento dos óculos de RV e à capacidade de produzir, em conjunto com a modelagem 3D, o desenvolvimento do enredo pre-

visto no roteiro. Nesse sistema, a modelagem do ambiente e toda a simulação (*engine*) foram implementadas usando a tecnologia *Unreal Engine 5*, buscando proporcionar uma réplica digital do Cerrado, priorizando acurácia ecológica.

Todos os animais modelados têm esqueleto digital (*riggs*) para proporcionar movimentos realistas. Para otimizar o desempenho, o ambiente emprega *Level of Detail* (LOD), reduzindo a complexidade geométrica de objetos distantes, e Nanite (recurso do *Unreal Engine 5*), que permite a renderização de grande volume de polígonos sem comprometer a taxa de quadros.

A simulação dividiu o ambiente virtualizado (Cerrado) em zonas interligadas por trilhas virtuais, usando o sistema Lumen para reflexos e sombras em tempo real. A texturização emprega *Physically Based Rendering* (PBR) para simular materiais como a casca rugosa das árvores e o solo seco, com mapas de *roughness* que respondem dinamicamente às condições de luz.

A implementação computacional integra três componentes principais: a *engine* gráfica (*Unreal Engine 5*), o sistema de áudio do ambiente e da locução, e o módulo de controle do hardware. A *engine* gerencia a renderização estereoscópica para os óculos de RV, aplicando técnicas como *foveated rendering* para concentrar detalhes no centro do campo de visão e reduzir a carga na GPU. A narrativa auditiva é desenvolvida com ferramentas de áudio espacial (FMOD), em que a voz do narrador é posicionada virtualmente no ambiente. O sistema de TV, que espelha a visão do usuário para espectadores externos, é configurado via aplicação dos óculos de RV.

A interatividade é limitada à movimentação passiva, podendo o visitante observar em qualquer direção, ao longo do passeio guiado, que segue um caminho predefinido, simulando um passeio aéreo, com trechos de movimentação mais rápida e outros com movimentação mais lenta, oportunizando a observação pelo usuário.

Os testes e validação foram conduzidos avaliando a qualidade técnica de funcionamento, a usabilidade e o aspecto educacional. Na fase técnica, são avaliados parâmetros como estabilidade de FPS, aquecimento do hardware e precisão de rastreamento dos óculos. A usabilidade é testada com visitantes de perfis variados (crianças, idosos) para

identificar problemas de acessibilidade, como dificuldade em ajustar os óculos ou desconforto visual. Já a validação educacional mede subjetivamente a retenção de informações por meio de entrevistas. Os ajustes pós-testes incluíram ajustes no roteiro, redução de movimentos bruscos na câmera virtual (para minimizar enjoos) e melhoria no contraste em áreas sombreadas.

Para a implantação no museu, o sistema foi configurado em uma CPU com processador Intel i7, com 16Gb de RAM, e GPU Nvidia GeForce RTX 3060, óculos de RV Meta Quest v2, cabo especial para estabelecimento do link entre óculos e CPU e TV de 40" posicionada em ângulo elevado para facilitar a visualização por grupos. A Figura 3 ilustra um visitante utilizando o sistema em funcionamento no MuHNA.

Figura 3 - Usuário imerso no sistema de RV, usando óculos de RV e realizando o passeio virtual



Fonte: Acervo dos autores.

Esse sistema assegura que a experiência de RV não apenas encante visualmente, mas também cumpra seu papel educativo, transformando dados ecológicos em vivências (mesmo que virtuais) memoráveis, sustentado por uma arquitetura técnica robusta e adaptada ao fluxo de visitantes do MuHNA.

2.3 Sistema com o mascote e uso de IA

Para a realização do sistema de conversa com o mascote virtual do MuHNA, inicialmente foram levantados os requisitos técnicos e funcionais, definindo parâmetros como tempo de resposta máximo tolerável (para evitar atrasos que quebrem a imersão), precisão na captura de áudio em ambientes ruidosos e a necessidade de sincronização entre a animação do mascote e as respostas geradas pela IA.

Outro aspecto relevante foram o estudo, avaliação e seleção entre diferentes modelos de PLN já treinados, tendo sido considerados como candidatos o GPT, Gemini, Llama e DeepSeek, considerando como critérios de avaliação a capacidade de treinamento de modelos personalizados, possibilidade de execução em contexto local (sem internet), eficiência computacional e qualidade (análise subjetiva) na geração de diálogos contextualizados com os objetivos do museu.

A arquitetura do sistema considerou três componentes principais: o *frontend*, responsável pela interface gráfica e interação com o usuário; o *backend*, que funciona como um servidor (API Rest) que recebe as perguntas (do *frontend*), aciona o PLN, e ao receber a resposta do modelo, encaminha para o *frontend* e o sistema de IA com PLN.

O desenvolvimento do *frontend* teve como foco a criação de uma interface imersiva, utilizando a plataforma Unity para modelar, renderizar e controlar os movimentos do mascote Tamandu em 3D. As animações consistem em movimentos corporais, braços, pernas e movimentos de boca, sincronizados com a fala, bem como expressões faciais reativas ao tom da conversa e gestos corporais que reforcem a personalidade lúdica do mascote.

Para a captura de áudio, foi utilizada a API do Sistema de Reconhecimento de Fala (*Automatic Speech Recognition*) do próprio sistema operacional Windows (utilizado em sua versão 10). Nesse contexto, o sistema de reconhecimento de fala interpreta o áudio captado e gera a frase em texto, que será encaminhada para o módulo de *backend*. Já a reprodução das respostas do Tamandu utilizou síntese de voz (*Text-to-Speech* - TTS) ajustada com entonação de criança com pequenas variações, para evitar monotonia artificial. A sincronização labial utilizou a API da pla-

taforma do Unity baseada em algoritmos como Lipsync, que mapeiam fonemas para movimentos faciais em tempo real.

No *backend*, o texto correspondente à pergunta é enviado ao modelo de PLN (foi adotado o Llama3, rodando localmente), previamente treinado com um corpus especializado no contexto do museu, incluindo informações sobre a história do museu, sua missão, exposições, curiosidades históricas e perguntas frequentes dos visitantes, além da base de conhecimento sobre ecologia, preservação ambiental, fauna e flora brasileira. Para evitar respostas genéricas ou descontextualizadas, o modelo delimita o contexto da conversa para temas de biologia, ecologia, ciências, preservação, fauna, flora, entre outros correlatos. Além disso, passa por um processo contínuo de monitoramento e ajustes, de modo a direcionar o Tamandu a focar em temas educacionais. A resposta gerada pela IA é então encaminhada pelo *backend* de volta ao *frontend*.

O treinamento e calibração do modelo de PLN representam o núcleo crítico desse sistema. Para alcançar conversas fluidas e naturais, foi usada a técnica de *transfer learning* (que adapta modelos pré-treinados a partir do contexto e dados do museu). A diversificação de respostas foi proporcionada por meio de ajustes nos parâmetros do modelo, buscando por maior “criatividade” (aleatoriedade) nas respostas geradas, sem que isso gere respostas falsas (com conceitos errados). A validação da “naturalidade” do sistema se deu de maneira empírica, a partir da observação com ensaios com visitantes. Ao longo dos testes, foram registradas as perguntas e respostas geradas, que posteriormente foram avaliadas pela equipe do MuHNA.

Um desafio adicional nesse sistema é a integração em tempo real dos seus módulos. A latência acumulada – animações, captura do áudio, até a exibição da resposta - deve ser minimizada para manter a ilusão de uma dinâmica de uma conversa real. Nesse contexto, o principal desafio está no tempo de resposta do PLN.

O sistema foi montado com uma TV de 40” orientada em modo “retrato”, um microfone e uma CPU com processador Intel i7, com 16Gb de RAM e placa gráfica RTX 3050.

A Figura 4 ilustra um visitante interagindo com o mascote virtual Tamandu.

Figura 4 - Conversa entre o usuário e o mascote virtual do MuHNA



Fonte: Acervo dos autores.

Esse sistema busca proporcionar uma experiência que não apenas promova educação, mas também encante o visitante, transformando o mascote Tamandu em um interlocutor virtual tão cativante quanto os próprios itens do acervo expostos no MuHNA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cabe destacar que as TICs estão cada dia mais presentes na vida das pessoas, estando inseridas em várias áreas, como educação, esporte, saúde, lazer e cultura. Nos museus, o uso de TICs na comunicação museal facilita a compreensão dos visitantes e fornece informações extras, que nem sempre estão disponíveis na exposição.

Os museus caracterizam-se por contribuírem para a formação científica do cidadão por meio da produção e divulgação da informação e do conhecimento científico (Marandino, 2002; Jacobucci, 2008). No intuito de promover o cumprimento da missão do MuHNA e de sua função social, que é popularizar e divulgar o conhecimento científico em História Natural de modo interativo e inclusivo, este trabalho inova na comunicação da exposição com seu público pela inserção de TICs como agentes mediadores, utilizando sistemas visuais com modelagem 3D e tecnologias da computação de vanguarda, como a RA, RV e IA.

Os museus devem ser agentes na transformação digital, incorporando as novas tecnologias não só para transmitir conteúdos, mas para dinamizar seu desempenho institucional e proporcionar experiências que façam sentido para os visitantes. Ao se conectarem às tecnologias digitais, viabilizam ambientes colaborativos e abertos à intervenção humana, favorecendo o acesso ao conhecimento e a interpretação de seu patrimônio de forma criativa e autônoma.

As novas mídias são programadas para conduzir o visitante à exploração e construção de novos conhecimentos, potencializando a dinâmica do processo de ensino-aprendizagem e de divulgação científica dentro e fora dos espaços do museu, a partir da interação e decodificação da informação transmitida.

A favor da educação científica, as TICs incorporadas podem se tornar agentes provocadores e facilitadores da aprendizagem pela experimentação, vivência e imaginação. Os museus destacam-se, em especial o MuHNA, também por suas exposições visuais associadas às experiências multimodais e multissensoriais para comunicação com seu público.

O MuHNA implementou três novos sistemas, que utilizam tecnologias digitais e que demonstram que um museu pode (e deve) ser um ambiente educativo, dinâmico, lúdico e criativo. O bom índice de interesse evidenciado pelos visitantes demonstra o sucesso dos sistemas elaborados (Figura 5).

Figura 5 - Visitantes na área do Espaço Digital em dia de evento no MuHNA



Fonte: Acervo dos autores.

O resultado direto desse projeto são os novos sistemas que proporcionam a imersão do visitante, seja visualizando-se junto a animais típicos do Cerrado brasileiro (sistema com RA), conversando sobre curiosidades e temas educativos com o mascote do MuHNA (sistema com IA), ou fazendo uma viagem pelo Cerrado com suas belezas naturais (sistema com RV). Mas, além disso, a implementação das TICs realizada neste trabalho aprimora, inova e potencializa ainda mais a popularização da ciência.

Futuramente, pretende-se desenvolver novas “viagens” para os óculos de RV, especialmente que explorem os demais biomas de Mato Grosso (Pantanal e Floresta Amazônica). O sistema de RA também deve receber atualizações que permitam identificar a interação do usuário, incluir sons, implementar movimentos aleatórios nos animais e permitir a realização de fotos para que sejam compartilhadas nas redes sociais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As TICs são promotoras de novas experiências, que impulsionam a imaginação para a aquisição do conhecimento. O uso de tecnologias é uma das características marcantes do MuHNA, reforçando sua relevância no estado de Mato Grosso como um importante espaço de ensino não formal, contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino da educação básica e a popularização da ciência.

A realização deste projeto altera positivamente a experiência do visitante do MuHNA, especialmente por representar novos recursos tecnológicos e experiências interativas que ampliam e reforçam os processos educativos disponíveis no acervo. Esse tipo de experiência valoriza o visitante e desperta nele maior interesse pelo conhecimento e pela ciência. Além disso, os sistemas e recursos elaborados podem se tornar referência no contexto dos museus de história natural no Brasil.

Este trabalho enfatiza a interdisciplinaridade entre técnicas de computação gráfica, engenharia de software, inteligência artificial e ciências, buscando equilibrar inovação tecnológica com usabilidade prática, tudo adaptado ao contexto educativo e lúdico que o MuHNA prioriza.

REFERÊNCIAS

- BIZERRA, Alessandra Fernandes. **Atividade de aprendizagem em museus de ciências**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. DOI: [10.11606/T.48.2009.tde-15092009-132843](https://doi.org/10.11606/T.48.2009.tde-15092009-132843). Acesso em: 16 maio 2025.
- CAROLEI, Paula; TORI, Romero. Gamificação Aumentada: Explorando a realidade aumentada em atividades lúdicas de aprendizagem. **Revista Teccogs: Tecnologia Cognição e Subjetividade**, São Paulo, n. 9, p. 8-16, 2014. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/teccogs/article/view/52683>. Acesso em: 16 maio 2025.
- CARRERAS, Cesar; RIUS, Josep. Evaluation of ICT Applications in the New Lleida Museum, Spain. **Visitor Studies**, v. 14, n. 2, p. 219-232, 2011. DOI: [10.1080/10645578.2011.608025](https://doi.org/10.1080/10645578.2011.608025).
- CURY, Marília X. Novas perspectivas para a comunicação museológica e os desafios da pesquisa de recepção em museus. **Anais [...]**. Porto: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 2009.
- JACOBUCCI, Daniela F. C. Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **Revista em Extensão**, Uberlândia, v. 7, n. 1, 2008. DOI: [10.14393/REE-v7n12008-20390](https://doi.org/10.14393/REE-v7n12008-20390).
- MARANDINO, Martha. A biologia nos museus de ciências: a questão dos textos em bioexposições. **Ciência e Educação**, v. 8, n. 2, p. 187-202, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1516-73132002000200004>.
- PASCOTTO, Márcia Cristina. Museu de História Natural do Araguaia: um espaço para salvaguarda da fauna do Cerrado e conscientização ambiental. **Museologia e Patrimônio**, MAST, v. 16, n. 1, 2023.
- ROCHA, Bárbara F. R. Conhecendo os museus virtuais e cibermuseus: aplicativo 'Fala Sério'. **Museologia & Interdisciplinaridade**, [S. l.], v. 6, n. 11, p. 241-250, 2017. DOI: [10.26512/museologia.v6i11.17702](https://doi.org/10.26512/museologia.v6i11.17702).