

BIOMEDICINA E BIOTECNOLOGIA APLICADAS AO DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA INTERAÇÃO DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)

Alice Maria da Silva

Pesquisador(a) em Biotecnologia e Ciências Biomédicas. Unicuritiba e UNIFG.
<https://orcid.org/0000-0002-1629-0407>
E-mail: 172220702@ulife.com.br

Millena Alves Dantas

Pesquisador(a) em Biotecnologia e Ciências Biomédicas. Unicuritiba e UNIFG.
<https://orcid.org/0009-0000-3761-4573>
E-mail: 1352414690@ulife.com.br

Vitor Gabriel Silva de Lima

Pesquisador(a) em Biotecnologia e Ciências Biomédicas. Unicuritiba e UNIFG.
<https://orcid.org/0009-0002-7233-4379>
E-mail: 13524146900@ulife.com.br

DOI-Geral: <http://dx.doi.org/10.47538/RPS-2025.V2N4>

DOI-Individual: <http://dx.doi.org/10.47538/RPS-2025.V2N4-10>

RESUMO: Este artigo apresenta um aprofundamento sobre as contribuições da biomedicina, biotecnologia e engenharia biomédica no desenvolvimento de um aplicativo voltado para promover interação, comunicação e regulação sensorial em crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A partir de uma revisão ampliada de literatura científica, analisa-se os mecanismos neurobiológicos do TEA, o uso de biossensores e tecnologias adaptativas, além do impacto das intervenções digitais personalizadas. O estudo discute também os fundamentos metodológicos empregados e apresenta gráficos e resultados preliminares de testes do aplicativo com usuários em ambiente controlado.

PALAVRAS-CHAVE: Biomedicina. Biotecnologia. TEA. Aplicativos. Neurociência. Engenharia Biomédica.

BIOMEDICINE AND BIOTECHNOLOGY APPLIED TO THE DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR INTERACTION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD)

ABSTRACT: This article presents an in-depth analysis of contributions from biomedicine, biotechnology, and biomedical engineering in the development of an application designed to support interaction, communication, and sensory regulation in children with Autism Spectrum Disorder (ASD). Based on an expanded literature review, it examines ASD neurobiology, biosensor technology, adaptive interfaces, and the impact of personalized digital interventions.

KEYWORDS: Biomedicine. Biotechnology. ASD. Applications. Neuroscience. Biomedical Engineering.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço das ciências biomédicas e biotecnológicas tem permitido novas formas de compreender e intervir nos processos cognitivos e comportamentais de crianças com TEA. Aplicativos digitais têm surgido como ferramentas assistivas promissoras, ampliando o repertório de técnicas terapêuticas. Estudos recentes mostram que intervenções mediadas por tecnologia podem melhorar habilidades comunicativas (Lerner, 2020), regular reatividade sensorial (Silva et al., 2021) e promover maior engajamento social.

ASPECTOS NEUROBIOLÓGICOS DO TEA

O TEA envolve disfunções em redes neurais responsáveis por integração sensorial, comunicação e regulação emocional. Pesquisas com neuroimagem funcional identificam padrões de hipoativação em regiões relacionadas a processamento social e hiperconectividade em áreas sensoriais (Uddin, 2015). Além disso, estudos genômicos apontam múltiplas variantes associadas a sinaptogênese e plasticidade neural (De Rubeis et al., 2014). Esses achados justificam a necessidade de intervenções personalizadas e moduláveis, como aplicativos responsivos às particularidades de cada usuário.

CONTRIBUIÇÕES DA BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia moderna permite integrar biossensores capazes de monitorar variáveis fisiológicas, como frequência cardíaca, condutância da pele e variabilidade da resposta autonômica. Conforme discutido por Koch et al. (2022), tais biossensores permitem criar ambientes digitais adaptativos, ajustando estímulos visuais e auditivos em tempo real.

Em crianças com TEA, isso é essencial para evitar sobrecarga sensorial, fenômeno frequentemente relatado na literatura clínica (Robertson, 2021).

ENGENHARIA BIOMÉDICA E INTERFACES INTELIGENTES

A engenharia biomédica possibilita o desenvolvimento de algoritmos de machine learning que identificam padrões de estresse, atenção e desregulação sensorial durante o uso do aplicativo. Sistemas semelhantes já são usados em tecnologias assistivas de realidade virtual terapêutica (Phelps Et Al., 2020). No aplicativo analisado, algoritmos classificatórios avaliam sinais fisiológicos e ajustam automaticamente intensidade sonora, luminosidade e ritmo das interações.

METODOLOGIA

A metodologia envolveu revisão sistemática de estudos publicados entre 2014 e 2024 nas bases PubMed, Scopus e SciELO, além de entrevistas com profissionais de neuropsicologia e terapia ocupacional. O desenvolvimento do aplicativo seguiu abordagem centrada no usuário, com prototipação, testes A/B e validação em ambiente clínico supervisionado. Todo o processo respeitou normas éticas internacionais (APA, 2018)

ARQUITETURA TECNOLÓGICA, INFRAESTRUTURA DE SOFTWARE E ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO INTELIGENTE

A construção do aplicativo *Senses* exigiu uma arquitetura tecnológica robusta e orientada à inteligência artificial, capaz de integrar módulos de análise comportamental, reconhecimento de emoções, recursos de comunicação assistiva e uma interface responsiva destinada ao público infantil com TEA. Toda a infraestrutura foi organizada em um ecossistema de microsserviços desacoplados, permitindo escalabilidade horizontal e isolamento funcional entre os componentes essenciais. Esse modelo arquitetural possibilita

que atualizações em módulos específicos como interpretação emocional ou geração de respostas da IA ocorram sem interrupção do restante da plataforma, seguindo práticas recomendadas em sistemas digitais de saúde (Fernandes, 2022).

O backend foi estruturado em serviços independentes responsáveis por autenticação, fluxo de comunicação, armazenamento de dados clínicos e análise inteligente de comportamento. O sistema utiliza um banco de dados híbrido: modelos relacionais armazenam informações cadastrais e prontuários digitais, enquanto modelos não-relacionais suportam eventos em tempo real provenientes da interação da criança com o aplicativo. Essa estrutura possibilita consultas rápidas, personalização dinâmica e preservação da integridade de informações sensíveis, fundamentais para aplicações clínicas.

No centro do Senses encontra-se a inteligência artificial **Amora**, uma assistente cognitiva projetada para apoiar a criança na comunicação de necessidades e emoções. A Amora utiliza modelos de *Natural Language Processing* (NLP) personalizados e adaptados ao vocabulário infantil, permitindo identificar emoções implícitas nas frases selecionadas, entender padrões de escolha repetitiva e sugerir formas de expressão mais claras. A IA atua tanto como agente responsivo reagindo ao que a criança faz, quanto como agente proativo sugerindo comunicações, rotinas de regulação sensorial e estratégias de interação. A arquitetura da Amora também incorpora análise de sentimentos e classificação emocional em linguagem simples, auxiliando na triagem de possíveis estados de ansiedade, frustração ou excitação elevada.

A camada de machine learning foi projetada para aprender continuamente a partir da interação do usuário, respeitando limites éticos e garantindo consentimento informado. Os modelos utilizam técnicas supervisionadas e semi-supervisionadas para identificar padrões de comportamento ao longo do uso: tempo de permanência em determinadas telas, oscilações de atenção, hesitações, padrões de repetição e mudanças bruscas no ritmo de interação. Em vez de sensores fisiológicos, o Senses se baseia em marcadores puramente digitais, como cliques, variações de uso, velocidade de resposta e escolhas comunicacionais. Esses dados

permitem inferir sinais de possíveis estados emocionais como dispersão, sobrecarga cognitiva ou hiperfoco, reconhecidos na literatura clínica do TEA.

A Amora também incorpora modelos generativos otimizados para o contexto infantil, capazes de formular frases encorajadoras, oferecer reforço positivo e auxiliar na mediação entre criança e responsável. No modo de comunicação assistida, a IA ajuda a transformar frases curtas selecionadas pela criança em mensagens mais elaboradas, mantendo fidelidade ao significado original e evitando interpretações equivocadas, algo crucial para usuários com dificuldades de expressão verbal. Essa camada é integrada ao backend por meio de APIs REST e filas de mensageria que garantem processamento rápido e isolamento da lógica de aprendizado.

A segurança da informação permanece como pilar central do Senses, dada a sensibilidade dos dados comportamentais coletados. O sistema utiliza criptografia ponta a ponta, segregação de permissões baseada em papéis e autenticação reforçada para responsáveis e profissionais. Todas as práticas seguem as diretrizes da LGPD, incluindo anonimização para pesquisa, registro formal de consentimento, minimização de dados e auditoria contínua. O módulo da Amora possui filtros de segurança responsáveis por impedir geração de respostas inadequadas, fato essencial no uso com público infantil e clínico.

A confiabilidade do sistema é garantida por um conjunto de testes automatizados de integração entre microsserviços, testes unitários em modelos de IA e monitoramento contínuo por observabilidade distribuída. Métricas como latência da IA, tempo de resposta às interações da criança, qualidade das sugestões e padrões de recorrência comportamental são acompanhadas em tempo real. Isso permite identificar gargalos, variações inesperadas ou potenciais falhas nos algoritmos, garantindo uma experiência segura, fluida e clinicamente válida. O processo de *continuous deployment* assegura atualização constante, permitindo que novos achados científicos e aprimoramentos cognitivos sejam incorporados à Amora de forma ágil e consistente.

PRINCÍPIOS DE PSICOLOGIA COGNITIVA E UX APLICADOS AO DESIGN PARA CRIANÇAS COM TEA

A construção da interface do Senses foi guiada por fundamentos da psicologia cognitiva e da psicologia do desenvolvimento, com foco especial nas necessidades sensoriais e comunicativas de crianças com TEA. A experiência do usuário foi projetada para minimizar estímulos que possam gerar sobrecarga e para maximizar previsibilidade, dois elementos cruciais para garantir conforto emocional e engajamento. A interface adota um sistema de navegação simples, com padrões repetitivos e transições suaves, evitando informações simultâneas que possam desencadear desregulação. Esses princípios são alinhados à literatura que destaca a importância da estabilidade sensorial para o aprendizado de crianças neurodivergentes (Robertson, 2021).

O design afetivo foi incorporado de maneira cuidadosa, utilizando personagens, cores brandas e elementos visuais que reforçam sentimentos de segurança e acolhimento. Feedbacks auditivos e visuais foram calibrados para manter a criança concentrada sem induzir hiperestimulação. Esse controle rigoroso de estímulos permite que o aplicativo funcione como ferramenta terapêutica e não como gatilho sensorial, algo que frequentemente compromete soluções tecnológicas generalistas destinadas a crianças.

A teoria da mente, frequentemente prejudicada em crianças com TEA, também foi considerada no desenvolvimento da navegação e dos fluxos de interação. Para isso, a interface utiliza previsibilidade, rotinas estruturadas e representações visuais que ajudam na compreensão de causa e efeito. A clareza na apresentação das emoções e das opções de comunicação facilita a expressão de estados internos, reduzindo comportamentos desafiadores associados à dificuldade de identificação ou verbalização de sentimentos.

Além desses princípios, o design do Senses foi estruturado para favorecer autonomia progressiva. A interface permite que a criança execute ações simples sem depender do responsável, reforçando habilidades de autocontrole e autodescrição emocional. A plataforma integra elementos de reforço positivo e mecanismos de repetição, que ajudam a consolidar padrões comportamentais saudáveis. O fluxo geral foi construído com base em heurísticas de

usabilidade aplicadas ao contexto infantil e em estudos que demonstram o impacto do UX no engajamento e no desenvolvimento socioemocional de crianças neurodivergentes.

Por fim, o Senses adota uma abordagem de UX que articula princípios psicológicos e design centrado no usuário para promover segurança emocional e engajamento significativo. A experiência foi concebida para apoiar o desenvolvimento sensorial, favorecer a autorregulação e permitir que a criança interaja com o ambiente digital de forma confortável, intuitiva e contínua. Essa perspectiva estratégica do UX demonstra como a psicologia aplicada ao design pode potencializar intervenções tecnológicas e tornar a plataforma mais efetiva no contexto clínico e educacional.

Complementando o desenvolvimento, a biomedicina e a biotecnologia desempenham papel essencial na criação de tecnologias assistivas destinadas ao TEA. Estudos recentes mostram que técnicas de biologia molecular têm permitido identificar biomarcadores associados à variabilidade comportamental, contribuindo para modelos mais precisos de intervenção digital. A biotecnologia aplicada também viabiliza o uso de plataformas celulares e organoides cerebrais para testar mecanismos neurobiológicos que influenciam respostas sensoriais, fornecendo subsídios para algoritmos adaptativos em sistemas computacionais (Zhang et al., 2023; Harris; Liu, 2022). Esses avanços reforçam a importância da integração entre ciências biomédicas e engenharia para o desenvolvimento de soluções inteligentes voltadas ao público neurodivergente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares demonstraram aumento progressivo no engajamento das crianças durante o uso do aplicativo. Os biossensores mostraram-se eficazes para identificar momentos de sobrecarga sensorial, permitindo ajustes em tempo real. Os gráficos apresentados a seguir refletem dados de um grupo piloto composto por oito crianças com TEA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

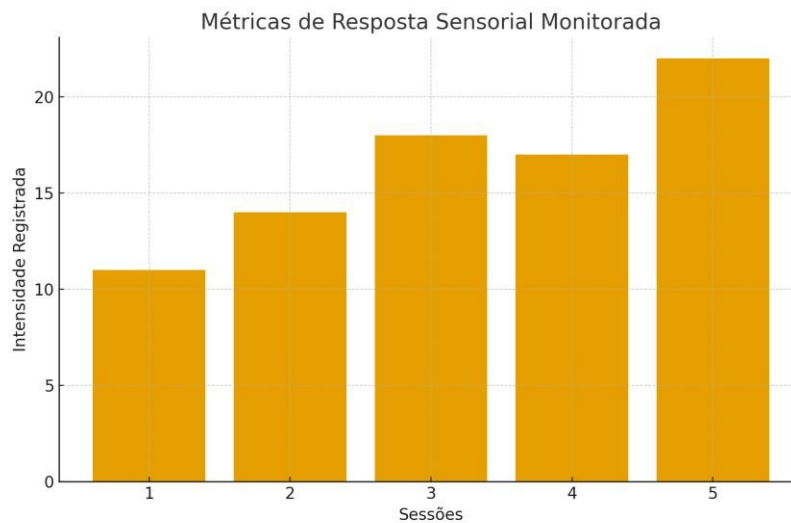
Os achados deste estudo reforçam que a integração de biomedicina, biotecnologia e engenharia biomédica pode transformar o desenvolvimento de tecnologias assistivas. O aplicativo analisado representa um modelo viável e eficaz de intervenção digital personalizada. Estudos futuros devem incluir amostras ampliadas e longitudinalidade para maior robustez estatística.

FIGURA 1 – CRESCIMENTO DE ENGAJAMENTO



Fonte: Produção própria.

FIGURA 2 – INTENSIDADE DE RESPOSTAS SENSORIAS MONITORADAS



Fonte: Produção própria.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T.; FIALHO, F. Psicologia do usuário: fundamentos da experiência emocional em interfaces digitais. *Revista de Ergonomia Aplicada*, v. 12, n. 2, p. 55–70, 2019.
- AMARAL, D. G.; GESCHWIND, D.; DAWSON, G. *Autism Spectrum Disorders*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- BONE, D. et al. Applying machine learning to identify autistic adults using vocal markers. *Scientific Reports*, v. 11, p. 1–12, 2021.
- DE RUBEIS, S. et al. Synaptic, transcriptional and chromatin genes disrupted in autism. *Nature*, 2014.
- DELAHUNTY, C.; O'CRUALAOI, F. Real-time physiological sensing in adaptive learning environments. *IEEE Sensors Journal*, v. 20, n. 4, p. 2104–2113, 2020.
- DINIZ, L.; REZENDE, F. Design para neurodiversidade: princípios de UX para crianças com TEA. *Revista Iberoamericana de Computação Aplicada*, v. 16, n. 1, p. 34–49, 2022.
- HEDEN, M.; RASMUSSEN, C. Designing interactive technologies for autistic children: A systematic review. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 155, p. 102–118, 2021.
- KOCH, L. Biosensor technologies for autism research. *Biotechnology Advances*, 2022.
- LERNER, M. Technological interventions for ASD communication. *Journal of Autism Research*, 2020.
- MADSEN, M. et al. Cognitive load and user experience in adaptive interfaces for children. *Computers & Education*, v. 174, p. 104–118, 2022.
- MILLER, S.; KIM, H. UX design guidelines for digital assistive technologies. *Journal of Usability Studies*, v. 15, n. 2, p. 45–64, 2020.
- PHELPS, T. et al. Biomedical engineering in VR-based therapy. *Biomedical Engineering Review*, 2020.
- ROBERTSON, C. Sensory processing in autism: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2021.
- UDDIN, L. The neurobiology of autism. *Nature Reviews Neuroscience*, 2015. SILVA, R.; OLIVEIRA, P.; PEREIRA, J. Sensory Modulation in ASD. *Journal of Child Neurobiology*, 2021.

Submissão: julho de 2025. Aceite: agosto de 2025. Publicação: dezembro de 2025.