

**NEUROARQUITETURA E REALIDADE VIRTUAL: AMBIENTES ESCOLARES
MAIS INCLUSIVOS PARA ALUNOS COM TEA**

***NEUROARCHITECTURE AND VIRTUAL REALITY: MORE INCLUSIVE SCHOOL
ENVIRONMENTS FOR STUDENTS WITH ASD***

Andréia Santos Timóteo ¹

Thaísa Leal da Silva ²

Andréa Quadrado Mussi³

Grace Tibério Cardoso⁴

Resumo

Este artigo tem como objetivo explorar como a integração entre os princípios da neuroarquitetura e o uso da Realidade Virtual (RV) pode contribuir para o planejamento de ambientes escolares mais inclusivos para estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de abordagem exploratória e natureza aplicada, desenvolvida por meio de um estudo de caso em uma instituição de ensino privada. O método foi estruturado em etapas que envolveram revisão bibliográfica, levantamento de campo, modelagem digital e simulação em RV, seguida da avaliação por docentes por meio de questionário estruturado. Os resultados indicam que estratégias projetuais baseadas no design sensorial, como zoneamento de estímulos, inserção de elementos naturais e criação de espaços de transição, contribuem para a promoção do bem-estar e da inclusão. Além disso, a RV mostrou-se uma ferramenta eficaz na comunicação e compreensão das propostas arquitetônicas. Apesar das limitações relacionadas à amostra e à ausência de usuários finais na avaliação, o estudo apresenta contribuições relevantes e aponta caminhos para futuras pesquisas com maior abrangência e participação direta de estudantes com TEA.

Palavras-chave: Neuroarquitetura, TEA, realidade virtual, ambientes inclusivos.

Abstract

This article aims to explore how the integration of neuroarchitecture principles and the use of Virtual Reality (VR) can contribute to the design of more inclusive school environments for students with Autism Spectrum Disorder (ASD). The research is characterized as qualitative, exploratory, and applied, developed through a single case study in a private educational institution. The methodology was structured in stages, including literature review, field survey, digital modeling, and VR simulation, followed by evaluation by teachers through a structured questionnaire. The results indicate that design strategies based on sensory design—such as

¹ Mestranda, Atitus Educação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ), Passo Fundo, RS, Brasil. arq.deiatimoteo@gmail.com; ORCID: 0009-0002-2316-3139.

² Professora Doutora, Atitus Educação - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ), Passo Fundo, RS, Brasil. thaisa.silva@atitus.edu.br; ORCID: 0000-0002-5356-3398.

³ Professora Doutora, Atitus Educação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ), Passo Fundo, RS, Brasil. andrea.mussi@atitus.edu.br; ORCID: 0000-0003-0391-2710.

⁴ Professora Doutora, Atitus Educação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ), Passo Fundo, RS, Brasil. gracetiberio@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-1779-4631.

stimulus zoning, incorporation of natural elements, and creation of transitional spaces—can promote well-being and inclusion. In addition, VR proved to be an effective tool for communicating and enhancing the understanding of architectural proposals. Despite limitations related to sample size and the absence of direct participation of end users, the study offers relevant contributions and points to directions for future research with broader scope and direct involvement of students with ASD.

Keywords: *Neuroarchitecture, ASD, Virtual Reality, inclusive environments.*

1. Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um distúrbio do neurodesenvolvimento identificado pela primeira vez em 1943 pelo psiquiatra Leo Kanner, caracterizado por dificuldades de socialização, sensibilidade sensorial (auditiva, tátil ou visual), atraso na linguagem verbal e uma tendência ao isolamento (Kanner, 1943). De acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5-TR), o TEA é caracterizado por déficits persistentes na comunicação e na interação social, além de atrasos no desenvolvimento motor e cognitivo. A intensidade desses comprometimentos varia entre os níveis de suporte 1 a 3, conforme o grau de prejuízo na comunicação e na interação social apresentado pelo indivíduo (APA, 2014).

Recentemente, o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos Estados Unidos revelou que aproximadamente 1 em cada 36 crianças norte-americanas é diagnosticada com TEA, apresentando características como hipersensibilidade sensorial e dificuldades na interação social (Sá, 2023). De acordo com Censo Escolar de 2024 o número de matrículas especiais é de 2.076.825, desse total 44,2% são alunos com TEA (INEP, 2024). Apesar desse crescimento, desafios relacionados à inclusão escolar ainda são uma realidade.

Esses desafios tornam-se mais evidentes em ambientes escolares inadequados, que podem agravar a ansiedade e o isolamento dos estudantes com TEA. Estudos, como os de Mostafa(2014), indicam que a arquitetura, enquanto ciência da manipulação do ambiente físico, tem o potencial de estimular comportamentos desejados e minimizar os estressores sensoriais. Elementos como texturas, cores, padrões e acústica desempenham papel fundamental na cognição e integração sensorial de indivíduos autistas, sendo diretamente ligados às suas respostas comportamentais.

A neuroarquitetura, campo que integra neurociência, psicologia e arquitetura, surge como uma abordagem promissora para o desenvolvimento de ambientes inclusivos. Essa disciplina analisa como o espaço físico impacta o cérebro e o comportamento humano, oferecendo ferramentas para projetar ambientes que atendam às necessidades de indivíduos com TEA (Villarouco et al., 2021). Em espaços escolares, a neuroarquitetura pode ser aplicada para minimizar estímulos estressores, promover conforto sensorial e facilitar a socialização, contribuindo para o bem-estar e a inclusão dos alunos.

Complementando essa abordagem, a realidade virtual apresenta-se como uma ferramenta inovadora para simulação e avaliação de soluções arquitetônicas. Segundo Bozgeyikli et al.(2017), a Realidade Virtual (RV) permite que arquitetos, educadores e especialistas visualizem ambientes escolares em desenvolvimento, testando previamente fatores como iluminação, acústica, texturas e organização espacial. Essa capacidade de antecipar problemas e realizar ajustes antes da execução do projeto potencializa a criação de espaços mais adequados às demandas sensoriais e comportamentais dos estudantes com TEA.

Este artigo tem como objetivo explorar como a integração da neuroarquitetura e da

realidade virtual pode contribuir para o planejamento de ambientes escolares mais inclusivos para indivíduos com TEA, a partir de um estudo de caso exploratório em uma instituição privada. Busca-se compreender de que forma essas abordagens podem minimizar estímulos estressores, promover conforto sensorial e facilitar a socialização dos alunos. Além disso, destaca-se o papel da RV como ferramenta para simulação e aprimoramento de soluções projetuais, garantindo que os espaços criados atendam às necessidades específicas dos usuários, potencializando seu impacto positivo na inclusão e no bem-estar escolar.

2. Referencial Teórico

O referencial teórico desta pesquisa aborda a relação entre o TEA e o ambiente escolar, explorando como a neuroarquitetura pode influenciar a experiência de estudantes com autismo. Primeiramente, são apresentadas as características do TEA, com ênfase nas dificuldades de interação social, processamento sensorial e adaptação ao ambiente. Em seguida, discute-se como desafios arquitetônicos impactam a inclusão desses alunos, destacando a sobrecarga de estímulos sensoriais e a falta de adaptação dos espaços escolares.

A pesquisa se apoia na matriz de design sensorial proposta por Mostafa(2014), que estabelece critérios essenciais para a criação de ambientes inclusivos, como controle acústico, zoneamento sensorial e compartimentalização dos espaços. Além disso, é abordada a neuroarquitetura como um campo multidisciplinar que estuda a relação entre o ambiente construído e o comportamento humano, evidenciando sua importância na criação de espaços que promovam o bem-estar e o desenvolvimento cognitivo de crianças com TEA.

Por fim, discute-se a aplicação da RV na arquitetura como ferramenta de representação e experimentação de projetos antes de sua execução. Essa tecnologia permite simulações imersivas que auxiliam na análise de ambientes projetados para alunos com autismo, possibilitando ajustes e aprimoramentos com base na percepção sensorial dos usuários. Dessa forma, o referencial teórico fornece embasamento para a criação de espaços escolares mais acessíveis e adaptáveis às necessidades de estudantes no espectro autista.

2.1. Transtorno do Espectro Autista (TEA) e suas características

O autismo é definido como um transtorno do neurodesenvolvimento que impacta a interação social, geralmente em decorrência da dificuldade em interpretar expressões faciais e estabelecer uma comunicação eficaz. Além disso, indivíduos no espectro autista podem apresentar desafios no processamento de estímulos sensoriais externos, que variam entre diferentes classificações do transtorno. Outros aspectos característicos incluem limitações no uso da imaginação e uma rigidez cognitiva, frequentemente manifestada por meio de comportamentos repetitivos e interesses restritos (Biblioteca Virtual e Saúde, 2023).

Algumas características do TEA que serão abordadas neste artigo incluem a dificuldade em processar determinados estímulos sensoriais e os impactos desse fator no comportamento do aluno com autismo. Entre elas, destaca-se a dificuldade em interpretar expressões faciais, o que compromete a interação social, além da seletividade em relação a texturas, sons e cheiros, dificultando, por exemplo, a aceitação de certos alimentos. Também são comuns movimentos repetitivos incomuns (estereotípias), que podem parecer estranhos para as pessoas ao redor, bem como o incômodo com barulhos específicos e luzes intensas, fatores que podem desencadear crises sensoriais (Biblioteca Virtual e Saúde, 2023).

O Transtorno do Espectro Autista pode impactar profundamente a capacidade de um

indivíduo de realizar atividades cotidianas e de participar plenamente da sociedade. Esse impacto reflete-se, frequentemente, em dificuldades nas conquistas educacionais e sociais, bem como na limitação de oportunidades de emprego. A gravidade do TEA varia amplamente: enquanto alguns indivíduos conseguem alcançar uma vida independente, outros enfrentam incapacidades severas que exigem cuidados e apoio contínuos ao longo da vida (Organização Pan-Americana da Saúde, 2024).

Os autores citados convergem na análise dos impactos abrangentes do Transtorno do Espectro Autista na vida dos indivíduos, destacando tanto os desafios sensoriais quanto as limitações sociais e educacionais associadas ao transtorno. A dificuldade em processar estímulos sensoriais e interpretar expressões faciais compromete significativamente a interação social e o desempenho cotidiano, refletindo-se em barreiras no ambiente escolar e nas oportunidades profissionais. Além disso, a variabilidade da gravidade do TEA, que pode exigir desde adaptações simples até cuidados contínuos, reforça a importância de abordagens inclusivas e personalizadas. Tais considerações evidenciam a necessidade de intervenções que promovam a integração desses indivíduos na sociedade, minimizando os obstáculos e potencializando suas capacidades.

2.2. Transtorno do Espectro Autista (TEA) e Desafios Arquitetônicos em Ambientes Escolares

Segundo Alochio *et al.* (2020) o crescente aumento da população com autismo tem despertado o interesse de diversos pesquisadores na área da saúde, resultando em um número significativo de estudos já realizados e em andamento para compreender o Transtorno do Espectro Autista. Contudo, crianças autistas enfrentam desafios diários que poderiam ser mitigados ou até mesmo prevenidos com o apoio de soluções adequadas no campo da arquitetura.

Frequentar uma escola regular é fundamental para o desenvolvimento de crianças e adolescentes com Transtorno do Espectro Autista. No entanto, desafios relacionados ao ambiente físico e ao sistema pedagógico frequentemente comprometem esse processo. Os espaços escolares, em geral, não estão preparados para atender às necessidades desses alunos, devido à sobrecarga de estímulos sensoriais, como excesso de cores, texturas e ruídos. Essa inadequação torna a experiência escolar exaustiva, dificultando a aprendizagem e a interação social desses estudantes (Alochio *et al.*, 2020).

Ainda segundo Alochio *et al.*, (2020) os indivíduos com Transtorno do Espectro Autista podem apresentar um déficit no mecanismo que integra pensamentos e ações. Como resultado, sua capacidade de interação, tanto com outras pessoas quanto com o ambiente, é frequentemente comprometida em relação aos indivíduos neurotípicos.

Em 2002, a arquiteta Magda Mostafa, pioneira nas pesquisas sobre como a arquitetura pode influenciar o comportamento autístico em ambientes escolares, iniciou uma investigação motivada por uma proposta de desenvolver um projeto educacional voltado para o público autista. Frente à escassez de informações e diretrizes específicas para atender às necessidades desse grupo, Mostafa deu início a um estudo que resultou na criação de uma matriz de design sensorial (Mostafa, 2014).

Segundo Mostafa (2014) para o sucesso de um projeto educacional destinado ao público autista, é imprescindível atender a sete critérios essenciais para a adequação espacial:

1) Acústica: Este critério, considerado o mais importante, propõe o controle do ambiente acústico por meio da redução de ruídos de fundo, eco e reverberação. O objetivo é criar

espaços com isolamento acústico adequado, minimizando distrações sonoras e facilitando a concentração de indivíduos com autismo.

2) Sequenciamento espacial: Visa estabelecer uma conexão clara entre os espaços e os indivíduos autistas, promovendo uma rotina previsível e evitando estímulos negativos. Os ambientes devem ser organizados para que sua circulação ocorra de maneira natural e, sempre que possível, de forma unidirecional, reduzindo distrações e interrupções.

3) Fuga do Espaço: A sala de "escape" tem como objetivo reduzir a sobrecarga sensorial, proporcionando um ambiente tranquilo que ajuda as pessoas com autismo a se acalmarem, favorecendo melhores resultados de aprendizagem.

4) Compartimentalização: Este critério busca estabelecer limites claros entre os espaços destinados a diferentes atividades. Esses limites podem ser criados de forma sutil, utilizando mobiliário, iluminação diferenciada, variações no piso, entre outros elementos. A ideia é delimitar os ambientes, deixando evidente sua função e o que se espera dos usuários.

5) Transições: Focado na recalibração sensorial, este critério propõe a criação de espaços que ajudem na adaptação de um nível de estímulo sensorial para outro. Esses espaços de transição podem incluir salas sensoriais, jardins sensoriais ou outros ambientes que facilitem a regulação sensorial antes da próxima atividade.

6) Zoneamento Sensorial: Sugere que o projeto seja organizado em zonas sensoriais com níveis variados de estímulo, como áreas de baixo e alto estímulo, conectadas por espaços de transição. Essa abordagem substitui o tradicional zoneamento funcional, priorizando a experiência sensorial dos usuários.

7) Segurança: Um critério essencial em qualquer projeto, a segurança é ainda mais importante em ambientes voltados para indivíduos com autismo, que podem ter uma percepção alterada do espaço. Ela deve ser considerada desde o início do planejamento, especialmente em projetos para crianças.

Neste contexto, levando em consideração o que foi mencionado por Mostafa (2014), o ambiente físico desempenha um papel crucial no desenvolvimento de crianças e adolescentes com Transtorno do Espectro Autista, especialmente em contextos educacionais. A inadequação dos espaços escolares, marcada pela sobrecarga de estímulos sensoriais e pela falta de estratégias específicas para atender às necessidades desses alunos, compromete não apenas o processo de aprendizagem, mas também sua interação social e bem-estar. As contribuições de Mostafa(2014), por meio da matriz de design sensorial, apresentam diretrizes essenciais para a criação de ambientes inclusivos, capazes de minimizar os desafios enfrentados por indivíduos com TEA. Ao incorporar critérios como controle acústico, sequenciamento espacial, transições e zoneamento sensorial, é possível promover espaços mais acolhedores e funcionais, contribuindo para o sucesso educacional e para uma melhor qualidade de vida dos estudantes autistas.

2.3 Neuroarquitetura e Sua Relação Com o Ambiente Construído

Segundo Pallasma(2011, p. 39), a arquitetura é uma experiência multissensorial, na qual as características de um ambiente são percebidas pelos sentidos — como visão, audição, tato, olfato — e pelo corpo, incluindo pele, músculos e esqueleto. Além disso, a arquitetura está intrinsecamente ligada às memórias afetivas do indivíduo, contribuindo para a sensação de pertencimento e para o fortalecimento da identidade pessoal de cada ser. Contudo, é

necessário considerar que a efetividade dessa experiência depende de restrições como o contexto sociocultural, os limites físicos e materiais do espaço, bem como a capacidade do projeto de atender às necessidades específicas dos usuários, especialmente em ambientes educacionais que demandam inclusão e acessibilidade.

De acordo com a pesquisa de Santos(2023), a neuroarquitetura surge da aplicação da neurociência à arquitetura, buscando compreender como o cérebro humano reage ao ambiente construído. Esse campo multidisciplinar, que integra psicologia, neurociência e arquitetura, desempenha um papel crucial na criação de espaços adaptados às necessidades dos usuários. No contexto dos espaços escolares, essa abordagem ganha relevância ao explorar como o ambiente pode impactar o aprendizado e desenvolvimento de alunos com Transtorno do Espectro Autista, incentivando o projeto de ambientes inclusivos e adequados às suas demandas específicas.

Segundo Santos(2023), cada ser humano percebe e interpreta os estímulos do ambiente de maneira única. Por isso, ao projetar espaços, é essencial considerar estímulos visuais, táteis, auditivos e olfativos, que desempenham um papel crucial na interação com o ambiente. A arquitetura, como uma extensão do ser humano, deve ser concebida como um conjunto de espaços multissensoriais capazes de estimular e envolver os usuários. A percepção multissensorial na arquitetura abrange principalmente memórias visuais, olfativas, auditivas, emocionais e táteis, enriquecendo as experiências vivenciadas nos ambientes projetados.

A inclusão de áreas verdes nos espaços projetados é importante para promover o bem-estar e contribuir para a saúde física e mental. Jardins integrados ao ambiente podem reduzir ruídos, melhorar a qualidade do ar e ajudar a aliviar o estresse. O aproveitamento de iluminação e ventilação natural também desempenha um papel crucial, ajudando a regular o ritmo circadiano, reduzindo o risco de depressão e melhorando a qualidade do sono. Além disso, a escolha de materiais naturais, texturas, cores, bem como a disposição de mobiliários e objetos, exerce um impacto significativo na percepção e experiência dos usuários. Projetar espaços saudáveis requer a consideração dos princípios da neuroarquitetura, que explora como o ambiente físico influencia o cérebro humano e o comportamento. Arquitetos e designers de interiores devem estar atentos a esses benefícios aplicados em seus projetos, criando ambientes que favoreçam o equilíbrio emocional, o conforto sensorial e a qualidade de vida dos indivíduos (Santos, 2023).

Schneider e Pompermaier(2023), em sua pesquisa, identificaram as contribuições da neuroarquitetura para o desenvolvimento de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Por meio de uma revisão de literatura, os autores destacaram como características neuroarquitetônicas podem impactar positivamente o desenvolvimento cognitivo desses indivíduos. Tal pesquisa revelou que projetos que consideram elementos multissensoriais, a disposição dos ambientes, a acessibilidade, o zoneamento e as zonas de transição têm grande importância físico-funcional. Quando o ambiente é projetado com base em necessidades sensoriais e individuais, ele não apenas desempenha um papel significativo no desenvolvimento, mas também facilita o convívio social e o aprimoramento das habilidades dos usuários com TEA.

2.4 Realidade Virtual na Arquitetura

De acordo com o Arquicast(2020) a tecnologia é essencial na produção urbana, e a Realidade Virtual se destaca por permitir a imersão em espaços ainda não construídos. Seu uso vai além do mercado imobiliário, abrangendo experimentações, recriação de ambientes históricos e

prototipagem, impulsionado pelo avanço tecnológico e pela acessibilidade crescente dos equipamentos.

Ainda segundo Arquicast(2020), a Realidade Virtual pode ser definida como uma ferramenta relativamente recente na arquitetura, originada da computação gráfica e influenciada pela ficção científica, utilizando conceitos como "ciberespaço" e "metaverso". Inicialmente desenvolvida para videogames, visa criar experiências imersivas e sensoriais. Na arquitetura, começou com imagens em 360º para visualizações de projetos, mas evoluiu para aplicações mais amplas, integrando pesquisa acadêmica e funcionalidades além da simples apresentação ao cliente.

Grilo et al.(2020) analisam as aplicações da Realidade Virtual e destacam suas limitações, ressaltando que essa tecnologia permite uma navegação interativa e imersiva nos projetos. Segundo os autores, a RV oferece diversas formas de demonstração de cenários, podendo ser imersivas ou não-imersivas, aplicáveis à arquitetura e à construção civil. Essa ferramenta inovadora facilita a compreensão do projeto proposto, permitindo ajustes e mudanças antes de sua execução, o que melhora significativamente o processo de concepção e apresentação. Os autores ressaltam ainda que as possibilidades de aplicação da Realidade Virtual na construção civil são amplas, abrangendo áreas como ensino de Engenharia e Arquitetura, análise de projetos, colaboração em equipes, análise estrutural e planejamento urbano. Na Arquitetura, a Realidade Virtual tem o potencial de reformular práticas tradicionais e impulsionar a evolução das tecnologias disponíveis, tornando os processos mais interativos e eficientes.

A Realidade Virtual é o ápice da digitalização na arquitetura, sucedendo o CAD e introduzindo o ciberespaço. Suas características, como tridimensionalidade e imersão, refletem a essência da arquitetura, que pode ser vivenciada internamente. Essa tecnologia permite avaliação estética por múltiplas perspectivas, oferecendo uma ferramenta única para percepção e apreciação de projetos antes da construção. Além disso, modelos em RV destacam-se pela geração automatizada de renderizações, animações e simulações, com realismo proporcionado pela tridimensionalidade, escalas precisas, texturas e efeitos de luz. Isso possibilita visualizações internas e externas, otimizando o entendimento e a comunicação do projeto (Grilo et al., 2020).

2.5 A Realidade Virtual como recurso para apresentação de projetos arquitetônicos

A Realidade Virtual revolucionou a apresentação de projetos arquitetônicos, permitindo passeios virtuais interativos que proporcionam maior compreensão e envolvimento dos clientes. Além de explorar detalhes como texturas e iluminação, a RV contextualiza o projeto em diferentes cenários e condições ambientais, facilitando a visualização do impacto no entorno. Essa abordagem melhora a comunicação das ideias do arquiteto e se destaca como uma ferramenta essencial em um mercado competitivo (Programa Explorer, 2020).

Embora os benefícios da realidade virtual na arquitetura sejam inquestionáveis, sua implementação enfrenta alguns desafios. O principal deles está nos custos associados à tecnologia necessária para criar experiências imersivas de alta qualidade. Óculos de realidade virtual avançados e softwares especializados exigem um investimento significativo, além de mão de obra qualificada para operar esses recursos. Isso pode ser especialmente desafiador para profissionais autônomos e pequenas empresas, que também precisam investir tempo e esforço no aprendizado de novas ferramentas para integrar essas tecnologias em seus processos criativos. Ainda assim, o futuro da realidade virtual é promissor, à medida que as

tecnologias avançam e se tornam parte integrante do cotidiano dos profissionais da área (Programa Explorer, 2020).

3. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de abordagem exploratória e natureza aplicada, sendo desenvolvida a partir de um estudo de caso único. O estudo foi estruturado em cinco etapas principais, articulando revisão teórica, investigação de campo, modelagem digital e análise qualitativa dos dados. O objetivo é explorar como os princípios da neuroarquitetura, associados ao uso da Realidade Virtual, podem contribuir para o projeto de ambientes escolares mais inclusivos para estudantes com Transtorno do Espectro Autista.

3.1 Etapa 1 – Revisão Bibliográfica

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica voltada à fundamentação teórica sobre os temas centrais da pesquisa: neuroarquitetura, ambiente escolar inclusivo, Transtorno do Espectro Autista e tecnologias imersivas aplicadas à arquitetura. Dentre os principais autores estudados, destaca-se Mostafa(2014), que propôs o conceito de “Design Sensorial Universal”, defendendo que os ambientes construídos devem considerar estímulos auditivos, visuais e táteis a fim de promover conforto neurosensorial, especialmente para indivíduos com hipersensibilidades sensoriais, como é o caso de muitas pessoas com TEA. Além disso, foram considerados os estudos de Grilo et al.(2020), que discorrem sobre o uso da Realidade Virtual como ferramenta de simulação projetual, e Santos(2023), que reforça a importância da neuroarquitetura como campo multidisciplinar para o desenvolvimento de espaços adaptados às necessidades cognitivas dos usuários. A revisão também incluiu diretrizes de acessibilidade e estudos interdisciplinares que tratam da relação entre ambiente, comportamento e inclusão no contexto escolar.

3.2 Etapa 2 – Pesquisa de Campo

A segunda etapa consistiu em uma pesquisa de campo realizada em uma instituição de ensino privada na cidade de Gravataí/RS. O levantamento envolveu registro fotográfico e métrico de espaços externos e de convivência da instituição, com foco no pátio escolar. A coleta de dados teve como objetivo compreender as características arquitetônicas existentes e identificar aspectos que poderiam ser otimizados com base nos princípios da neuroarquitetura.

3.3 Etapa 3 – Modelagem 3D

A terceira etapa consistiu na modelagem tridimensional do pátio da escola, utilizando o software SketchUp (versão 22) para representação arquitetônica e o software Lumion (versão 12.0) para renderização e ambientação dos espaços. A proposta incorporou elementos da neuroarquitetura, como percursos sensoriais, zonas de refúgio, uso de cores e texturas adequadas, e vegetação para controle sensorial, com o intuito de atender às demandas específicas de crianças com TEA.

3.4 Etapa 4 – Aplicação Prática

A modelagem tridimensional desenvolvida foi apresentada aos professores da instituição por meio de visualização em Realidade Virtual, com o objetivo de proporcionar uma experiência imersiva e facilitar a compreensão das intenções projetuais. A utilização desta tecnologia permitiu que os participantes explorassem virtualmente os espaços propostos, observando aspectos como organização espacial, cores, texturas e elementos sensoriais incorporados ao projeto.

Após a experiência imersiva, foi aplicado um questionário estruturado composto por cinco questões, incluindo perguntas fechadas e abertas. O instrumento teve como objetivo avaliar a percepção dos participantes quanto à proposta apresentada, considerando aspectos como: (i) satisfação em relação aos espaços projetados; (ii) utilidade dos ambientes propostos; (iii) sugestões de aprimoramento; (iv) contribuição dos espaços para a inclusão escolar; e (v) eficácia da Realidade Virtual como ferramenta de comunicação do projeto.

Os dados coletados foram organizados e analisados qualitativamente, buscando identificar padrões de percepção e contribuições relevantes dos participantes em relação às estratégias projetuais adotadas. Os resultados dessa etapa são apresentados e discutidos na seção seguinte.

3.5 Etapa 5 – Análise e Discussão dos Resultados

A quinta etapa estabeleceu análise qualitativa dos dados coletados por meio de questionário aplicado aos professores após apresentação da proposta de projeto através dos óculos de RV, o que proporcionou uma experiência imersiva. O objetivo foi compreender as percepções dos professores e relação aos espaços projetados com princípios de neuroarquitetura, além de avaliar os aspectos como o conforto sensorial, inclusão e clareza da proposta arquitetônica.

A análise considerou respostas as perguntas fechadas e abertas, tratando os obtidos insumos para a interpretação crítica da proposta. A discussão detalhada dos resultados, assim como a interpretação dessas percepções à luz da literatura revisada, será apresentada na seção seguinte.

4. Resultados e Discussões

Com base nos estudos realizados, foi elaborado um projeto voltado à promoção da interação social e da inclusão de alunos com Transtorno do Espectro Autista, destinado ao pátio de uma instituição de ensino privada localizada na cidade de Gravataí-RS. O desenvolvimento do projeto considerou os princípios do Design Sensorial de Mostafa(2014) e aspectos da neuroarquitetura, garantindo um ambiente mais acolhedor e adequado às necessidades sensoriais dos alunos.

A ampla área disponível no pátio da escola permitiu a criação de espaços com zoneamento bem definido e compartimentalização dos ambientes, promovendo uma organização que facilita a interação e o bem-estar dos estudantes. Além disso, foram incorporadas placas de isolamento acústico para minimizar ruídos e reverberações, favorecendo um ambiente mais confortável para alunos sensíveis a estímulos sonoros.

Para avaliar a efetividade das soluções projetuais, foi realizada uma apresentação da pesquisa e do projeto para três professoras, coordenadoras de turma. A proposta foi exposta

em uma breve reunião, na qual se explicou o conceito e os detalhes do projeto. Na sequência, foram exibidas imagens do ambiente projetado por meio de óculos de realidade virtual, proporcionando uma experiência imersiva. Após essa etapa, as professoras responderam a um questionário relacionado às imagens visualizadas na simulação em realidade virtual. De modo geral, as professoras consideraram os espaços propostos altamente satisfatórios, destacando que, além de atenderem às necessidades dos alunos com Transtorno do Espectro Autista, poderiam beneficiar toda a comunidade escolar.

Com base nos dados coletados por meio do questionário aplicado após a simulação em Realidade Virtual, foi possível avaliar a percepção dos docentes quanto à proposta de requalificação do pátio escolar voltada à inclusão de alunos com Transtorno do Espectro Autista.

Os resultados revelaram uma recepção altamente positiva. Todos os participantes relataram estar "muito satisfeitos" com os espaços projetados, destacando elementos como o jardim sensorial, o espaço de fuga e o paisagismo com flores coloridas como os ambientes mais valorizados. Esses dados reforçam a relevância das estratégias baseadas na matriz de Design Sensorial proposta por Mostafa(2014), em especial o controle acústico, o zoneamento sensorial e a criação de áreas de transição, que foram efetivamente incorporados ao projeto.

As professoras também indicaram que os ambientes beneficiam não apenas os alunos com TEA, mas toda a comunidade escolar, evidenciando o potencial do desenho universal e das soluções multissensoriais. A ausência de sugestões de alteração no projeto reforça sua adequação funcional e estética às necessidades percebidas.

A utilização da RV se mostrou especialmente eficaz na comunicação do projeto, permitindo uma visualização tridimensional clara dos espaços propostos. As docentes relataram que a imersão facilitou a compreensão de fluxos, texturas, cores e pontos de atenção do ambiente, o que está alinhado com os benefícios descritos por Grilo et al.(2020) sobre o uso da RV na arquitetura como ferramenta de simulação e validação.

Além disso, as imagens renderizadas demonstraram a transformação dos espaços existentes, evidenciando intervenções como a instalação de placas de isolamento acústico, o desenvolvimento de áreas de convivência com elementos lúdicos e a criação de um espaço de refúgio sensorial com mobiliário apropriado e privacidade visual.

Embora a amostra docente tenha sido reduzida, as percepções levantadas fornecem evidências relevantes sobre o impacto das soluções adotadas e indicam caminhos promissores para sua replicação em outras instituições escolares.

Na Figura 1, é possível ver um canto do pátio onde os alunos passam o recreio. A ausência de mobiliário e a presença de apenas dois vasos com plantas indicam que o ambiente não oferece atrativo nem conforto aos estudantes.

Figura 1: Pátio na configuração existente.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores (2024).

A Figura 2 ilustra como a inclusão de uma parede de madeira com detalhes divertidos e um banco embutido oferece um espaço agradável para leitura e descanso. Os bancos em formato de arquibancada, com suas formas orgânicas e plantas coloridas, proporcionam um local ideal para refúgio e regulação sensorial. O aroma das flores e as cores vibrantes promovem uma sensação de conforto e bem-estar.

Figura 2: Pátio com mobiliários e vegetação.



Fonte: Autores (2025).

Podemos observar na Figura 3 a área destinada aos lanches, equipada com mesas. Contudo, percebe-se um espaço subutilizado e desocupado ao fundo. A configuração presente confere ao local um aspecto bastante minimalista, com a ausência de elementos que pudessem inserir cores e vida ao ambiente.

Figura 3: Espaço para lanches.



Fonte: Autores (2024).

Com o objetivo de proporcionar maior conforto sensorial aos alunos com Transtorno do Espectro Autista, especialmente quanto a ruídos e reverberações, o projeto incorporou a instalação de placas de isolamento acústico no teto (Figura 4). Mesmo em um ambiente aberto, essas placas são eficazes na atenuação da intensidade dos sons.

Além disso, no espaço antes subutilizado, foi proposto um ambiente de refúgio (Figura 4). Este local oferece aos alunos com TEA opções de assento para que possam aproveitar o recreio com privacidade ou, se necessário, realizar sua regulação sensorial.

Figura 4: Área para lanche com placas acústicas e o ambiente de refúgio ao fundo.



Fonte: Autores (2025).

Desenvolvido a partir da matriz de design sensorial de Mostafa(2014), o refúgio sensorial (Figura 5) foi pensado para oferecer um ambiente de calma e segurança. A proposta para essa área inclui um piso de tatame emborrachado, essencial para a segurança em momentos de crise, e puffs coloridos e confortáveis. Um balanço que proporciona um movimento suave e repetitivo, juntamente com placas de isolamento acústico, contribui para a tranquilidade do espaço. Para delimitar esse ambiente, uma parede divisória de madeira com figuras geométricas foi projetada, garantindo privacidade sem comprometer a estética agradável.

Figura 5: Espaço de Fuga.



Fonte: Autores (2025).

A Figura 6 apresenta outro espaço de recreação para os alunos. Embora a vegetação esteja presente, suas cores são discretas. Percebe-se a falta de mobiliário e estruturas que permitam atividades como se sentar, ler e interagir. Essa ausência torna o ambiente visual e funcionalmente vazio, pouco convidativo ao uso.

Figura 6: Área de recreação na configuração existente.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores (2024).

Nas imagens seguintes, a Figura 7 apresenta as intervenções propostas, destacando áreas de interação com jogo gigante de xadrez ou damas, bancos lúdicos e convidativos para descanso ou leitura, além de um paisagismo vibrante, com cores marcantes e aromas agradáveis.

Figura 7: Área de recreação com a proposta de mobiliário, vegetação colorida e jogos.



Fonte: Autores (2024).

Ainda na mesma área, mas com vista para o outro lado (figura 8), notamos a ausência de opções para sentar-se e de cores vibrantes na vegetação. É importante ressaltar que esses espaços são destinados exclusivamente ao recreio, pois a escola já oferece um local específico para a educação física. Esse fator reforça ainda mais a carência de elementos visuais e mobiliário no ambiente.

Figura 8: Área de recreação em configuração existente.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores (2024).

A proposta para este pátio visa demarcar e separar ambientes utilizando mobiliário, nova vegetação e mais opções de assento. Essa intervenção busca oferecer alternativas aos alunos, que atualmente costumam sentar-se no chão.

Figura 9: Área de recreação com proposta de bancos divertidos e flores coloridas.



Fonte: Autores (2025).

Nesse projeto, foi possível desenvolver ambientes que promovem conforto e integração sensorial, alinhando os princípios da neuroarquitetura e do design sensorial descritos por Mostafa(2014), especificamente voltados para atender as necessidades de alunos com TEA. Além disso, a utilização da Realidade Virtual permitiu criar uma experiência imersiva que facilitou a análise comparativa entre a configuração atual do espaço e a proposta desenvolvida, possibilitando uma avaliação mais precisa dos impactos das mudanças sugeridas em termos de funcionalidade e bem-estar dos usuários.

Os resultados deste estudo reforçam a relevância da integração entre neuroarquitetura e realidade virtual no desenvolvimento de ambientes escolares inclusivos para estudantes com Transtorno do Espectro Autista. A análise dos dados revela que a aplicação de diretrizes baseadas na matriz de design sensorial de Mostafa(2014) é eficaz para minimizar os estímulos estressores, facilitando a adaptação e o aprendizado dos alunos. Critérios como controle acústico, zoneamento sensorial e espaços de transição são particularmente significativos ao abordar as principais dificuldades sensoriais apresentadas por indivíduos com TEA.

Por meio do uso da RV, tornou-se possível simular e avaliar essas estratégias projetuais antes da construção, permitindo ajustes e validações que aumentam a funcionalidade dos espaços. Conforme discutido por Grilo et al.(2020), essa tecnologia proporciona uma experiência imersiva e interativa, permitindo que arquitetos e educadores compreendam de forma mais clara o impacto das decisões projetuais no comportamento dos usuários. Este recurso mostrou-se essencial para antecipar possíveis problemas, garantindo que os ambientes escolares sejam adaptados às especificidades sensoriais e cognitivas dos estudantes com TEA.

A inclusão de elementos naturais, como jardins sensoriais, também se destacou como uma solução eficaz para melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos alunos, alinhando-se às premissas da neuroarquitetura descritas por Santos(2023). Esses espaços contribuem para a regulação sensorial e emocional, promovendo um ambiente mais acolhedor e propício ao aprendizado.

Outro aspecto relevante discutido é o impacto positivo da RV na comunicação entre os diferentes atores envolvidos no processo projetual. Conforme observado por Grilo et al. (2020), a ferramenta facilita a visualização tridimensional e a apreciação de detalhes como iluminação, texturas e organização espacial, aprimorando a colaboração interdisciplinar entre arquitetos, educadores e especialistas.

No entanto, alguns desafios foram identificados, particularmente em relação ao custo e à acessibilidade das tecnologias de RV, conforme apontado pelo Programa Explorer(2020). Apesar de promissora, a implementação da RV em larga escala ainda enfrenta barreiras econômicas e técnicas, exigindo investimentos em equipamentos e treinamento especializado.

Em síntese, a pesquisa demonstra que a combinação da neuroarquitetura com a RV oferece um potencial significativo para transformar a experiência escolar de indivíduos com TEA. Ao minimizar os estímulos estressores e otimizar a adaptação sensorial, essas abordagens contribuem para uma maior inclusão e bem-estar, destacando-se como ferramentas indispensáveis para a criação de ambientes educacionais inovadores e responsivos.

Apesar dos resultados positivos, o estudo apresenta limitações importantes. A amostra analisada é reduzida e composta exclusivamente por docentes, não incluindo a participação direta de estudantes com TEA, que constituem os principais usuários do espaço. Dessa forma, os achados devem ser interpretados como indicativos exploratórios, não sendo passíveis de

generalização. Recomenda-se, para estudos futuros, a ampliação da amostra, a inclusão de diferentes contextos escolares especialmente da rede pública e a incorporação de métodos quantitativos e da participação direta dos usuários finais.

5. Considerações finais

O presente estudo abordou a interseção entre neuroarquitetura e realidade virtual como estratégias para aprimorar a inclusão e o desenvolvimento de alunos com Transtorno do Espectro Autista em escolas. A partir da introdução, foi possível perceber a relevância do tema, uma vez que as escolas ainda apresentam desafios significativos na adaptação de seus espaços físicos para atender às necessidades sensoriais e cognitivas desses alunos. O estudo buscou analisar de que forma a aplicação dos princípios da neuroarquitetura, aliada ao uso da realidade virtual, pode impactar positivamente a aprendizagem e o bem-estar desses estudantes.

No referencial teórico, foram discutidos os fundamentos da neuroarquitetura, destacando como os estímulos do ambiente físico podem influenciar o comportamento, a atenção e o desempenho cognitivo de alunos com TEA. Além disso, a revisão da literatura evidenciou o potencial da realidade virtual como ferramenta para a simulação e teste de diferentes configurações espaciais antes da implementação física, permitindo ajustes baseados em respostas sensoriais e cognitivas.

O método adotado permitiu uma análise das possibilidades de aplicação desses conceitos na arquitetura escolar, combinando revisão bibliográfica, estudo de caso e modelagem virtual. Os resultados e discussões apontaram para a importância de um desenho arquitetônico sensível às particularidades dos alunos com TEA, enfatizando aspectos como controle de estímulos sensoriais, organização espacial e flexibilidade no uso dos espaços.

Dessa forma, a pesquisa reforça a necessidade de repensar o ambiente escolar sob uma perspectiva inclusiva, embasada em evidências científicas e no uso de tecnologias emergentes. O estudo contribui para o debate sobre o papel da arquitetura na criação de espaços educacionais mais acessíveis e adaptáveis, indicando caminhos para futuras investigações e aplicações práticas. Como perspectiva futura, destaca-se a importância de ampliar o escopo da pesquisa para diferentes contextos educacionais, especialmente escolas da rede pública, bem como incorporar a participação direta de estudantes com Transtorno do Espectro Autista na avaliação dos ambientes simulados por meio da realidade virtual.

Referências

ALCHIO, Geovana dos Santos; QUEIROZ, Virginia Magliano. Arquitetura e autismo: orientações para espaços terapêuticos. **Blucher Design Proceedings**, [S.L.], p. 925-937, out. 2020. Editora Blucher. <http://dx.doi.org/10.5151/eneac2020-77>. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/arquitetura-e-autismo-orientaes-para-espaos-teraputicos-34844>. Acesso em: 15 dez. 2024.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5)**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

ARQUICAST. Archdaily. **Realidade virtual na arquitetura: desafios, limitações e possibilidades.** 2020. Aline Cruz. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/931809/realidade-virtual-na-arquitetura-desafios-limitacoes-e-possibilidades>. Acesso em: 16 dez. 2024.

BASTOS, Nicolý (São Paulo). CNN. **Estudos apontam educação como meio para inclusão de pessoas autistas.** 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/estudos-apontam-educacao-como-meio-para-inclusao-de-pessoas-autistas/#:~:text=Existem%20no%20Brasil%2C%20atualmente%2C%2036,48%25%20de%202022%20para%202023..> Acesso em: 11 dez. 2024.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE (Paraná). **Ministério da Saúde. Transtorno do Espectro Autista - TEA (autismo).** 2023. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/transtorno-do-espectro-autista-tea-autismo/#:~:text=Os%20sinais%20mais%20comuns%20do%20TEA%20s%C3%A3o:&text=%E2%80%9393%20N%C3%A3o%20conseguir%20interpretar%20gestos%20e,filtro%20social%20\(sinceridade%20excessiva\)](https://bvsmis.saude.gov.br/transtorno-do-espectro-autista-tea-autismo/#:~:text=Os%20sinais%20mais%20comuns%20do%20TEA%20s%C3%A3o:&text=%E2%80%9393%20N%C3%A3o%20conseguir%20interpretar%20gestos%20e,filtro%20social%20(sinceridade%20excessiva)). Acesso em: 13 dez. 2024.

BOZGEYIKLI, Lal; RAIJ, Andrew; KATKOORI, Srinivas; ALQASEMI, Redwan. A Survey on Virtual Reality for Individuals with Autism Spectrum Disorder: Design Considerations. **Ieee Transactions On Learning Technologies.** Arizona, p. 1-20. Ago/2017. Disponível em: <https://www.ieee.org/publications/rights/index.html>. Acesso em: 05 dez. 2024.

CLARISSE SÁ (São Paulo). **Uma a cada 36 crianças é autista, segundo CDC.** 2023. Disponível em: <https://autismoerealidade.org.br/2023/04/14/uma-a-cada-36-criancas-e-autista-segundo-cdc/>. Acesso em: 11 dez. 2024.

GRILO, Leonardo; MONICE, Simone; SANTOS, Eduardo T.; MELHADO, Silvio. POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO E LIMITAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Academida.Edu**, São Paulo, v. 01, n. 01, p. 01-16, abr. 2020. Disponível em: <https://scholar.google.fr/scholar?q=intitle%3A%28Possibilidades%20de%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20e%20limita%C3%A7%C3%B5es%20da%20realidade%20virtual%20na%20arquitetura%20e%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%29+author%3AGrilo,%20L.%20M>. Acesso em: 11 dez. 2024. INEP. Painéis Estatísticos: censo escolar. **Censo Escolar.** 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiN2ViNDBjNDEtMTM0OC00ZmFhLWlyZWYtZj11YjU0NzQzMtJhliwidCI6IjI2ZjczODk3LWM4YWVtNGIxZS05NzhmLWVhNGMwNzc0MzRiZiJ9>. Acesso em: 21 abr. 2024.

INEP. **Painéis Estatísticos:** censo escolar. Censo Escolar. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiN2ViNDBjNDEtMTM0OC00ZmFhLWlyZWYtZj11YjU0NzQzMtJhliwidCI6IjI2ZjczODk3LWM4YWVtNGIxZS05NzhmLWVhNGMwNzc0MzRiZiJ9>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KANNER, Leo. Autistic disturbances of affective contact. **The Nervous Child**, v. 2, p. 217–250, 1943. Disponível em: <https://autismtruths.org/pdf/Autistic%20Disturbances%20of%20Affective%20Contact%20-%20Leo%20Kanner.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2025.

MOSTAFA, Magda. ARCHITECTURE FOR AUTISM: autism aspectss™ in school design. International Journal Of Architectural Research: **ArchNet-IJAR**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 143, 3 mar. 2014. Emerald. <http://dx.doi.org/10.26687/archnet-ijar.v8i1.314>.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Opas. **Transtorno do espectro autista**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/transtorno-do-espectro-autista#:~:text=Estima%2Dse%20que%2C%20em%20todo,varia%20substancialmente%20entre%20os%20estudos..> Acesso em: 13 dez. 2024.

PALLASMA, Juhani. Os Olhos da Pele: **A arquitetura e os sentidos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 76 p.

PROGRAMA EXPLORER. **Realidade Virtual**. 2024. Disponível em: <https://programae.org.br/virtual/como-a-realidade-virtual-esta-sendo-usada-na-arquitetura-e-design/>. Acesso em: 16 dez. 2024.

SANTOS, Viviane Cristina Marques dos. Neuroarquitetura: como o ambiente construído influencia o cérebro humano. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S.L.], p. 96-113, 13 jul. 2023. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. <http://dx.doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/arquitetura/neuroarquitetura>. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/arquitetura/neuroarquitetura>. Acesso em: 26 jul. 2025.

SCHNEIDER, Ana Paula; POMPERMAIER, João Paulo Lucchetta. NEUROARQUITETURA E AUTISMO: estratégias projetuais para o desenvolvimento infantil. **Zenodo**, Santa Catarina, v. 27, n. 127, p. 1-23, 21 out. 2023. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.10030008>.

VILLAROUCO, Vilma; FERRER, Nicole; PAIVA, Marie Monique; FONSECA, Julia e GUEDES, Ana Paula. **Neuroarquitetura: a neurociência no ambiente construído**. Rio de Janeiro: Rio Books, 2021. 255 p.