

Alana Maiumy Gaspar

**Ludo: Aplicativo Móvel para Auxílio de Crianças
Autistas com Hipersensibilidade Auditiva**

Guarapuava, Brasil

2026

Alana Maiumy Gaspar

Ludo: Aplicativo Móvel para Auxílio de Crianças Autistas com Hipersensibilidade Auditiva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Sistemas para Internet da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet

Guarapuava, Brasil
2026

Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
DSM-5-TR	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, 5ª Edição, Texto Revisado
iOS	<i>iPhone Operating System</i>
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
PIN	<i>Personal Identification Number</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TEA	Transtorno do Espectro Autista
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sumário

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	Considerações Iniciais	6
1.2	Justificativa	6
1.3	Objetivos	7
1.3.1	Objetivo Geral	7
1.3.2	Objetivos Específicos	7
1.4	Estrutura do Trabalho	8
2	TRABALHOS RELACIONADOS	9
2.1	EASe Listening Therapy	9
2.2	Soundsory	9
2.3	Mightier	10
2.4	Síntese Comparativa	10
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1	Transtorno do Espectro Autista e Processamento Sensorial	12
3.2	Hipersensibilidade Auditiva	12
3.3	Dessensibilização Sensorial	13
3.4	Design Inclusivo e Acessibilidade Cognitiva	14
4	DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO	16
4.1	Perfis de Usuário	16
4.2	Funcionalidades e Fluxo de Uso	17
4.3	Interface e Recompensas Visuais	17
4.4	Tecnologias Utilizadas	18
5	MATERIAIS E MÉTODOS	20
5.1	Classificação da Pesquisa	20
5.2	Procedimentos Metodológicos	20
5.2.1	Fase 1: Revisão Bibliográfica e Levantamento de Requisitos (Concluída)	20
5.2.2	Fase 2: Prototipação e Design de Interface (Concluída)	20
5.2.3	Fase 3: Desenvolvimento do Software	21
5.2.4	Fase 4: Validação e Testes Clínicos	21
6	ANÁLISE E PROJETO	22
6.1	Levantamento de Requisitos	22
6.2	Modelagem do Banco de Dados	23

6.3	Prototipação de Interface	24
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	29

1 Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) envolve diferenças no neurodesenvolvimento que impactam a comunicação, a interação social e o processamento sensorial. Devido a essas diferenças, é comum o desenvolvimento de alterações na forma como o indivíduo percebe os estímulos do ambiente, destacando-se a hipersensibilidade auditiva. Para muitas crianças, sons do dia a dia, como o barulho de eletrodomésticos, trânsito ou locais lotados, podem ser fontes de extremo estresse e ansiedade, limitando sua participação em espaços públicos e atividades diárias.

Na literatura científica, a hipersensibilidade aos sons é frequentemente associada a termos como hiperacusia e fonofobia. É importante esclarecer que essa condição não significa que o indivíduo possua uma audição superior aos demais, os limiares tonais costumam ser normais, evidenciando que a sensibilidade se trata de uma relação de desconforto apenas (GOMES, 2003). Estudos apontam que essa intolerância a ruídos de baixa ou moderada intensidade ocorre devido a alterações no processamento central, refletindo falhas na recepção, discriminação e interpretação dos estímulos sonoros (GOMES; PEDROSO; WAGNER, 2008).

Além das falhas de processamento, a hipersensibilidade pode ter origem no aumento das conexões entre os sistemas auditivo e límbico, gerando aversão associativa a sons específicos. Biologicamente, também são consideradas disfunções na via auditiva eferente, cuja função natural seria justamente diminuir a sensibilidade do sistema por meio da contração muscular para proteger a audição e evitar lesões (GOMES, 2003).

As consequências dessas anormalidades sensoriais afetam profundamente o desenvolvimento infantil. O funcionamento atípico contribui para a restrição na interação social, gera alterações de atenção e reflete diretamente em atrasos na aquisição da linguagem. Somado a isso, a avaliação clínica da audição dessas crianças costuma ser complexa e inconsistente devido a questões comportamentais, o que dificulta diagnósticos e intervenções precoces (GOMES; PEDROSO; WAGNER, 2008). Esse cenário reforça a urgência de abordagens alternativas que respeitem a reatividade de cada indivíduo.

Diante disso, este projeto propõe o desenvolvimento do Ludo, um aplicativo *Minimum Viable Product* (MVP) voltado à acessibilidade cognitiva. A solução utiliza uma abordagem lúdica para auxiliar crianças autistas no processo de dessensibilização aos ruídos, promovendo o reforço positivo por meio de mecânicas interativas e de uma interface visualmente limpa e adaptada.

1.1 Considerações Iniciais

Do ponto de vista clínico, a integração sensorial é o processo pelo qual o sistema nervoso organiza e interpreta as informações do ambiente para que o indivíduo possa responder de maneira funcional (AYRES, 1972). Em crianças com TEA, esse processo costuma apresentar alterações significativas. Estima-se que entre 60% e 70% das pessoas diagnosticadas com o transtorno apresentam algum tipo de disfunção sensorial, sendo a hipersensibilidade auditiva uma das manifestações mais frequentes (TOMCHEK; DUNN, 2007).

Os efeitos desse quadro se propagam para além do corpo clínico e afetam a dinâmica diária como um todo. No dia a dia, sons que passam despercebidos pela maioria das pessoas (como sirenes, secadores de cabelo e buzinas) podem trazer sobrecarga em crianças autistas. Essas reações incluem choro, comportamentos de fuga, crises de ansiedade ou isolamento, fatores que restringem a participação da criança em ambientes públicos e rotineiros, comprometendo a qualidade de vida dos envolvidos (SCHAAF et al., 2012).

Terapias focadas na integração sensorial e na dessensibilização sistemática são reconhecidas por sua eficácia no tratamento dessas alterações. No entanto, sua aplicação frequentemente depende de sessões presenciais com profissionais especializados, limitando o acesso de grande parte das famílias. Junto a isso, tecnologias digitais voltadas especificamente para crianças com TEA têm demonstrado resultados promissores como um complemento terapêutico (GRYNSZPAN et al., 2014), ainda que ferramentas dedicadas ao trabalho com hipersensibilidade auditiva permaneçam escassas.

A partir desse contexto, identifica-se a seguinte lacuna: como um aplicativo móvel pode apoiar o processo de dessensibilização auditiva de crianças com TEA, oferecendo exposição gradual a sons cotidianos de forma segura, controlada e respeitando o ritmo individual de cada criança? É exatamente nesse espaço de necessidade prática e social que o Ludo se posiciona.

1.2 Justificativa

A escolha pelo desenvolvimento de uma aplicação móvel justifica-se pela familiaridade que as crianças possuem com smartphones, pela portabilidade dos dispositivos e pela possibilidade de uso no ambiente doméstico sem a necessidade de estrutura especializada. O Ludo não se propõe a substituir o acompanhamento profissional, mas a ampliar o alcance do processo de dessensibilização, funcionando como um complemento às terapias convencionais e que pode ser utilizado pela própria criança, com a mediação dos responsáveis, a qualquer momento do dia.

A adoção de tecnologias de desenvolvimento multiplataforma, como o framework React Native, justifica-se pela viabilidade de entregar uma experiência consistente nos

sistemas operacionais Android e *iPhone Operating System* (iOS) dentro do escopo de um trabalho de conclusão de curso individual. Essa abordagem, além de otimizar o tempo de desenvolvimento, garante a manutenção da qualidade da entrega e a escalabilidade do aplicativo para futuras atualizações.

Do ponto de vista social, observa-se uma lacuna concreta no mercado nacional. Embora existam soluções internacionais focadas na regulação sensorial e na tolerância a ruídos, como o aplicativo norte-americano EASe Listening Therapy, essas ferramentas são disponibilizadas em inglês, apresentam interfaces com baixa acessibilidade e possuem alto custo de assinatura. O Ludo, por sua vez, é projetado para refletir referências sonoras e visuais do cotidiano prático da criança, simulando ambientes comuns como supermercados, escolas e o uso de eletrodomésticos, tornando a experiência de dessensibilização mais concreta, familiar e potencialmente mais eficaz.

A motivação para este projeto surgiu do contato com famílias e profissionais da área de saúde, os quais relatam dificuldades reais no acesso a ferramentas acessíveis para trabalhar a hipersensibilidade auditiva fora do ambiente de consultório. Esse contexto evidenciou a oportunidade de aplicar os conhecimentos técnicos adquiridos no curso de Tecnologia em Sistemas para Internet em um problema com impacto social direto, unindo o desenvolvimento de software à promoção de qualidade de vida e inclusão de crianças com TEA.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo móvel MVP de acessibilidade cognitiva voltado ao apoio do processo de dessensibilização auditiva de crianças com Transtorno do Espectro Autista, por meio de uma interface lúdica, controlada e adaptável ao ritmo individual de cada criança.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- Levantar na literatura evidências sobre hipersensibilidade auditiva no TEA e estratégias de dessensibilização sensorial aplicáveis ao contexto de aplicativos móveis;
- Definir os requisitos funcionais e não funcionais do Ludo, considerando diretrizes de design inclusivo e acessibilidade cognitiva;
- Prototipar e implementar as funcionalidades principais do aplicativo, incluindo a seleção de cenários sonoros, o controle gradual de volume e uma área de acompanhamento para os responsáveis;

- Utilizar uma abordagem de desenvolvimento multiplataforma com o framework React Native, visando a otimização de tempo e a adequação ao escopo do MVP;
- Validar o protótipo junto a responsáveis ou profissionais da área, coletando percepções sobre usabilidade e adequação ao público-alvo.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado em capítulos que acompanham o desenvolvimento do projeto. O Capítulo 1 (esta introdução) contextualiza o problema, apresenta a solução proposta e define os objetivos. O Capítulo 2 apresenta os Trabalhos Relacionados. O Capítulo 3 traz a Fundamentação Teórica. O Capítulo 4 descreve o Detalhamento da Solução. O Capítulo 5 apresenta os Materiais e Métodos. O Capítulo 6 detalha a Análise e Projeto da solução proposta. Por fim, o Capítulo 7 traz as Considerações Finais e o cronograma para a etapa seguinte.

2 Trabalhos Relacionados

O desenvolvimento de aplicações voltadas ao Transtorno do Espectro Autista tem avançado significativamente nas últimas décadas, impulsionado pela necessidade de ferramentas que auxiliem na autonomia e na regulação sensorial de crianças com o transtorno. Para contextualizar o desenvolvimento do Ludo, este capítulo apresenta uma análise de softwares e iniciativas que possuem objetivos próximos ao suporte da hipersensibilidade auditiva.

A seleção dos trabalhos analisados baseou-se na relevância das soluções para o público-alvo e na proximidade das funcionalidades com a proposta deste projeto. O foco da análise reside na compreensão de como essas ferramentas estruturam a exposição sonora, quais são as estratégias de interface adotadas e quais lacunas ainda persistem.

2.1 EASe Listening Therapy

O EASe Listening Therapy é uma solução voltada ao tratamento de distúrbios do processamento sensorial. O aplicativo utiliza estímulos sonoros para treinar o sistema auditivo a lidar com ruídos súbitos, possuindo eficácia clínica relevante (LABS; PLAY, 2011). No entanto, a ferramenta apresenta barreiras para o uso cotidiano. Por ser em inglês e possuir alto custo, o acesso torna-se restrito. Além disso, sua interface possui navegabilidade complexa e pouca atratividade para o público infantil, dificultando o uso autônomo.

O Ludo se diferencia em três aspectos centrais. Primeiro, pela abordagem lúdica: em vez da escuta passiva do EASe, o Ludo engaja a criança de forma interativa. Segundo, pela acessibilidade: é desenvolvido em português e pensado para uso doméstico sem complexidade técnica. Finalmente, destaca-se pela contextualização da rotina. Em vez de sons genéricos, o Ludo propõe a simulação de ambientes comuns e familiares à realidade da criança, como o som de supermercados, o ambiente escolar e eletrodomésticos do dia a dia, tornando a experiência de dessensibilização mais concreta e funcional.

2.2 Soundsory

O Soundsory é um sistema focado na integração sensorial e na regulação motora e emocional. Diferente de um software convencional, ele consiste em um equipamento físico especializado, um fone de ouvido com tecnologia de condução óssea, integrado a um programa de exercícios guiados (FORBRAIN, 2020). A ferramenta atende a um espectro

amplo de neurodivergências, sendo indicada não apenas para o autismo, mas também para atrasos motores, Síndrome de Down e distúrbios do processamento auditivo.

Apesar da sua sólida fundamentação baseada na neuroplasticidade (AYRES, 1972), a exigência da aquisição de um hardware importado e dedicado eleva consideravelmente o custo para as famílias brasileiras. Além disso, o programa exige o seguimento de um protocolo rígido de 40 dias, o que limita a portabilidade e pode dificultar a adesão de crianças que demandam maior flexibilidade. O Ludo atua como uma alternativa acessível nesse aspecto, pois elimina a dependência de equipamentos externos, aproveitando os smartphones ou tablets já existentes na rotina da família para promover o controle gradual da exposição sonora.

2.3 Mightier

O Mightier é um sistema de biofeedback que auxilia crianças neurodivergentes na regulação emocional por meio de jogos interativos (MIGHTIER, 2017). Assim como o Soundsory, o Mightier exige a integração com um hardware externo, funcionando através de uma pulseira de monitoramento de frequência cardíaca que deve ser vestida pela criança durante o uso do aplicativo para medir seus níveis de estresse e adaptar a dificuldade do jogo.

Embora compartilhe com o Ludo o uso da gamificação e do reforço positivo como veículos terapêuticos, seu escopo é voltado à regulação emocional de forma ampla, não abordando a hipersensibilidade auditiva. A dependência de um dispositivo vestível, somada ao idioma inglês e ao custo da assinatura, cria uma barreira de entrada. A distinção central do Ludo reside em ser uma solução puramente digital, focada em dessensibilização sonora e capaz de operar de forma autônoma no celular, garantindo um ambiente de controle seguro.

2.4 Síntese Comparativa

A análise dos trabalhos relacionados evidencia que, embora existam soluções internacionais relevantes, nenhuma reúne de forma integrada os elementos propostos pelo Ludo. O EASe possui o objetivo focado no som, mas falha na interface e na adequação à rotina prática infantil. O Soundsory e o Mightier compartilham bons princípios sensoriais e de engajamento, mas limitam o acesso devido à exigência de hardwares físicos dedicados e assinaturas internacionais.

Diante disso, o Ludo preenche uma lacuna tecnológica importante. A ferramenta oferece uma plataforma puramente baseada em software móvel, acessível no idioma local e que respeita o limite de tolerância de cada criança por meio da simulação de sons de

ambientes reais do cotidiano, ampliando a viabilidade do processo de dessensibilização para o ambiente doméstico de forma escalável.

3 Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do Ludo. Para compreender a importância e a aplicabilidade de uma ferramenta de acessibilidade cognitiva, é fundamental explorar os conceitos clínicos e tecnológicos que permeiam o projeto. Serão abordados tópicos essenciais sobre o Transtorno do Espectro Autista, os impactos da hipersensibilidade auditiva, os princípios da dessensibilização sensorial e as diretrizes de design inclusivo voltadas ao público neurodivergente.

3.1 Transtorno do Espectro Autista e Processamento Sensorial

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é classificado pelo Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5-TR) como um transtorno do neurodesenvolvimento. Ele é caracterizado por déficits persistentes na comunicação e na interação social, acompanhados por padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2022). A manifestação dessas características varia amplamente de indivíduo para indivíduo, justificando o uso do termo espectro.

Historicamente, o foco clínico do autismo esteve muito concentrado nas questões de linguagem e sociabilidade. No entanto, em suas atualizações mais recentes, o DSM-5-TR passou a incluir explicitamente a hiper ou hiporreatividade a estímulos sensoriais e interesses incomuns por aspectos sensoriais do ambiente como um dos critérios diagnósticos fundamentais (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2022). Essa inclusão representou um marco importante, pois reconheceu oficialmente o impacto do processamento atípico na rotina das pessoas autistas.

A integração sensorial atua como a base para o aprendizado e para o comportamento adaptativo. Quando esse sistema apresenta falhas no registro ou na modulação das informações do ambiente, o indivíduo pode reagir de forma desproporcional a estímulos que são inofensivos para a maior parte da população. No contexto do TEA, essa desregulação costuma gerar respostas de fuga, isolamento ou crises de estresse intenso, evidenciando a necessidade de intervenções que auxiliem na acomodação e no processamento dessas informações.

3.2 Hipersensibilidade Auditiva

Dentre as alterações sensoriais presentes no Transtorno do Espectro Autista, a hipersensibilidade auditiva destaca-se pelo seu impacto direto na interação social e na qualidade

de vida da criança. Essa condição manifesta-se como uma intolerância exacerbada a ruídos de intensidade baixa ou moderada presentes no cotidiano.

Na literatura acadêmica, essa reatividade atípica é frequentemente discutida sob os termos hiperacusia e fonofobia. É fundamental destacar que a hipersensibilidade não está relacionada a uma capacidade auditiva fisiologicamente superior. Indivíduos com essa característica geralmente apresentam limiares tonais normais, o que indica que o problema não reside na captação física do som pelo ouvido, mas sim na forma como o sistema nervoso central processa e interpreta esse estímulo, gerando uma sensação de desconforto profundo e desproporcional (GOMES, 2003).

Estudos indicam que essa disfunção pode ter múltiplas origens neurofisiológicas. Uma delas refere-se a falhas na recepção e discriminação dos estímulos sonoros diretamente no processamento central. Outra explicação biológica aponta para o aumento das conexões entre o sistema auditivo e o sistema límbico, área cerebral responsável pelas emoções, o que cria uma resposta imediata de aversão e medo associada a sons específicos (GOMES; PEDROSO; WAGNER, 2008). Adicionalmente, consideram-se disfunções na via auditiva eferente, um mecanismo cujo papel natural é contrair os músculos do ouvido médio para diminuir a sensibilidade do sistema e proteger a audição, mas que pode não operar adequadamente em pessoas neurodivergentes (GOMES, 2003).

As consequências da hipersensibilidade auditiva vão muito além do incômodo momentâneo. A exposição contínua a ambientes ruidosos e imprevisíveis pode gerar uma sobrecarga sensorial severa, resultando em crises de choro, comportamentos de fuga, agressividade ou isolamento. Esse cenário prejudica a capacidade de atenção da criança, reflete negativamente na aquisição e no desenvolvimento da linguagem e cria barreiras concretas para a inclusão social (GOMES; PEDROSO; WAGNER, 2008).

A imprevisibilidade dos sons da rotina transforma locais de convivência comuns em espaços ameaçadores para essas crianças. Isso evidencia a importância de criar estratégias de aproximação que devolvam à criança a sensação de controle sobre o próprio ambiente, permitindo que o sistema nervoso se adapte aos estímulos de maneira segura e estruturada.

3.3 Dessensibilização Sensorial

A dessensibilização sensorial é uma abordagem terapêutica amplamente utilizada para reduzir respostas aversivas a estímulos específicos. No contexto da hipersensibilidade auditiva, a técnica consiste na exposição gradual e sistemática do indivíduo aos ruídos que lhe causam desconforto, com o objetivo de promover a habituação e aumentar o limiar de tolerância do sistema nervoso central.

O princípio central dessa estratégia é a previsibilidade. Para que o processo seja eficaz e não gere novas sobrecargas, a exposição ao som não pode ocorrer de forma súbita ou impositiva. A criança precisa estar inserida em um ambiente onde se sinta segura e possua o

controle sobre a situação, podendo interromper ou atenuar o estímulo a qualquer momento. Inicialmente, o som é apresentado em uma intensidade muito baixa e por um curto período, sempre associado a um reforço positivo. Conforme a reatividade diminui e a confiança aumenta, o volume e o tempo de exposição são elevados de maneira progressiva.

Historicamente, terapias baseadas na exposição gradual e na integração sensorial dependem fortemente da mediação clínica direta em ambientes altamente controlados (AYRES, 1972). No entanto, a aplicação contínua dessa técnica enfrenta o desafio prático de transpor a tolerância alcançada no consultório para o cotidiano da criança. É justamente na tentativa de transpor essa barreira que a tecnologia atua como um recurso facilitador e complementar.

O uso de interfaces digitais para a dessensibilização permite simular cenários do dia a dia de forma reprodutível e rigorosamente ajustável. Por meio de aplicativos móveis, os usuários podem controlar com precisão os parâmetros de volume e duração dos sons de eletrodomésticos, trânsito ou escolas, transformando a tela do dispositivo em um ambiente seguro de experimentação (GRYNSZPAN et al., 2014). Além disso, a inserção de recompensas visuais atrai a atenção da criança, transformando o exercício de tolerância, que costuma ser estressante, em uma atividade lúdica e engajadora.

Dessa forma, a dessensibilização deixa de ser apenas uma intervenção clínica pontual e passa a ser uma prática acessível, justificando a adoção de soluções digitais interativas como o Ludo no processo de suporte contínuo ao Transtorno do Espectro Autista.

3.4 Design Inclusivo e Acessibilidade Cognitiva

O desenvolvimento de soluções tecnológicas para o público neurodivergente exige uma abordagem de design que vá além das diretrizes tradicionais de usabilidade. Nesse contexto, o design inclusivo e a acessibilidade cognitiva tornam-se pilares fundamentais, garantindo que a interface do software respeite as particularidades no processamento de informações e evite a sobrecarga sensorial do usuário.

A acessibilidade cognitiva foca em tornar a navegação compreensível, previsível e livre de ambiguidades. Para crianças com Transtorno do Espectro Autista, o ambiente digital deve transmitir segurança e clareza. Telas com excesso de elementos visuais, cores altamente contrastantes e animações imprevisíveis podem competir com a atenção da criança ou gerar estímulos simultâneos que resultam em exaustão mental e aversão ao uso da ferramenta.

Para mitigar esses riscos, o desenvolvimento de interfaces voltadas ao TEA deve priorizar o minimalismo e a consistência. A arquitetura da informação precisa ser estruturada de forma linear, com botões de fácil identificação, ícones que representem claramente suas funções e respostas imediatas do sistema a cada interação. O uso do reforço positivo, um elemento central na gamificação, deve ser inserido de maneira suave, recompensando o

progresso da criança sem assustá-la com alertas sonoros agressivos ou mudanças bruscas na tela.

No projeto do aplicativo Ludo, a aplicação da acessibilidade cognitiva é essencial para o sucesso do processo de dessensibilização auditiva. Como o objetivo principal da ferramenta é a exposição gradual a estímulos sonoros que já causam estresse natural à criança, a interface visual precisa atuar como um porto seguro. A navegação intuitiva permite que a criança compreenda que possui o controle absoluto sobre o volume e a duração do som, transformando a interação com o celular em uma experiência terapêutica estruturada, acolhedora e eficaz.

4 Detalhamento da Solução

Com base no embasamento teórico e na análise das lacunas presentes nas tecnologias atuais, este capítulo apresenta o detalhamento do aplicativo Ludo. O objetivo é descrever a estrutura da solução proposta, detalhando os perfis de usuário, o funcionamento das sessões de exposição sonora e as escolhas tecnológicas que viabilizam o desenvolvimento do MVP. O foco central é demonstrar como as mecânicas de interação foram desenhadas para atender às necessidades de acessibilidade cognitiva de crianças com hipersensibilidade auditiva.

4.1 Perfis de Usuário

O Ludo foi projetado para atender simultaneamente a dois públicos com necessidades distintas, mas que atuam de forma complementar no processo de dessensibilização: a criança neurodivergente e o mediador, que pode ser um familiar ou um profissional de saúde.

O perfil da criança é o foco principal da interface de uso diário. Para esse usuário, o aplicativo atua como um ambiente lúdico de exploração e habituação sonora. A interação exige o mínimo de carga cognitiva, apresentando telas simplificadas, botões intuitivos e ausência de distrações visuais. O objetivo central para esse perfil é garantir que a criança sinta que possui total controle sobre a experiência, permitindo que ela inicie, pause ou altere a intensidade dos sons de forma autônoma. Ao atingir pequenos marcos de tolerância, o sistema entrega estímulos visuais de reforço positivo, incentivando a continuidade do processo de forma gentil.

Em contrapartida, o perfil do mediador é voltado para o planejamento e o acompanhamento do progresso. Através de uma área restrita e protegida dentro do aplicativo, os responsáveis possuem ferramentas de gestão para configurar a experiência da criança. Nessa área, é possível definir limites máximos de volume para garantir a segurança auditiva, visualizar o histórico de uso e o tempo em que a criança permanecerá na sessão por dia.

Essa separação clara de perfis é uma estratégia fundamental de design e segurança. Ela impede que a criança acesse configurações complexas ou altere limites de volume por engano, mantendo o ambiente de uso previsível e protegido. Simultaneamente, empodera os cuidadores com os recursos necessários para guiar a evolução da tolerância auditiva de forma progressiva e alinhada às orientações terapêuticas.

4.2 Funcionalidades e Fluxo de Uso

O fluxo de interação do Ludo foi estruturado para ser intuitivo e direto, minimizando a quantidade de etapas necessárias para iniciar uma sessão de dessensibilização. A jornada de uso divide-se essencialmente em dois momentos: a parametrização inicial feita pelo mediador e a execução da sessão conduzida pela criança.

O fluxo tem início na área restrita aos responsáveis, protegida por um mecanismo de autenticação via *Personal Identification Number* (PIN) numérico que impede o acesso acidental pelo público infantil. A funcionalidade de limite de volume é o recurso de segurança mais crítico do sistema, garantindo que, independentemente da interação da criança com os controles da tela, o áudio nunca ultrapasse um limite considerado seguro e confortável para aquele estágio do processo. Além disso, o mediador configura o tempo de duração da sessão e acompanha os dias de utilização na semana, estabelecendo uma meta diária clara e alcançável.

Uma vez parametrizado, o aplicativo retorna à sua tela principal, assumindo a interface voltada para a criança. A navegação abandona o formato tradicional de menus e apresenta uma trilha interativa, estruturada como uma jornada lúdica. Os cenários sonoros são organizados em etapas progressivas baseadas na rotina, partindo de ambientes internos e controlados, como o quarto e a sala, até chegar a locais externos e mais complexos, como o parque e a escola. A criança possui a liberdade de selecionar os sons já desbloqueados, promovendo o senso de autonomia ao mesmo tempo em que o sistema guia a evolução estruturada da dificuldade.

Ao iniciar o cenário escolhido, a tela de reprodução é exibida com foco total no controle da exposição. A interface disponibiliza botões de fácil compreensão para reproduzir o áudio e um botão de interrupção em destaque (botão "Pare"), garantindo que a criança possa encerrar a atividade imediatamente caso sinta qualquer desconforto. A mecânica principal reside no fato de que a criança pode começar com o volume no mínimo e aumentá-lo gradualmente pelo controle deslizante conforme se sentir segura, sempre restrita ao teto configurado previamente pelo responsável. A tela também oferece recursos de apoio cognitivo, como textos explicativos sobre a origem do ruído e opções de suavização do áudio, enquanto um indicador visual acompanha a reprodução, mostrando à criança o progresso daquela etapa de forma previsível.

4.3 Interface e Recompensas Visuais

A concepção visual do Ludo foi guiada pelos princípios do design minimalista e da acessibilidade cognitiva, visando minimizar a carga mental exigida durante o uso. A escolha da paleta de cores prioriza tons pastéis, com predominância de variações de azul, criando um ambiente digital moderno que transmite calma, segurança e conforto visual. A

ausência de cores altamente saturadas ou contrastes agressivos é intencional, prevenindo a hiperestimulação sensorial que poderia competir com o objetivo terapêutico da aplicação.

Um elemento central da interface é a presença do mascote interativo, posicionado de forma proeminente nas telas de transição e de reprodução. O personagem atua como um guia amigável, acompanhando a criança ao longo da trilha de dessensibilização. A utilização de um companheiro virtual humaniza a interação com o software, atraindo o engajamento infantil e oferecendo um ponto de foco visual reconfortante durante a exposição aos estímulos sonoros.

A interface também utiliza o conceito de gamificação estruturada por meio do reforço positivo visual. Conforme a criança avança na trilha de cenários, desbloqueando novos ambientes e cumprindo as metas diárias de tempo estabelecidas pelo mediador, o sistema evidencia esse progresso na interface. O próprio design da trilha, construído de forma semelhante a um mapa de conquistas, tangibiliza o avanço passo a passo, transformando o exercício de tolerância a ruídos em uma jornada de superação lúdica e recompensadora.

4.4 Tecnologias Utilizadas

O desenvolvimento do Ludo apoia-se em um conjunto de ferramentas e frameworks modernos que garantem a viabilidade da aplicação em múltiplas plataformas, a segurança dos dados e a escalabilidade do sistema a longo prazo.

Para a construção da interface móvel, adotou-se o framework React Native (Meta, 2015), operando em conjunto com o ecossistema Expo (Expo, 2015) e a linguagem TypeScript (Microsoft, 2012). Essa escolha estratégica permite a criação de uma base de código unificada que é compilada de forma nativa tanto para o sistema operacional Android quanto para o iOS. A inclusão da plataforma Expo reduz consideravelmente o tempo de desenvolvimento do MVP, simplificando o acesso aos recursos nativos do dispositivo e facilitando os testes contínuos. Além disso, a adoção do TypeScript adiciona uma camada de tipagem estática ao JavaScript, o que minimiza a ocorrência de erros em tempo de execução e garante maior estabilidade para o aplicativo.

O funcionamento autônomo e seguro do aplicativo exige uma arquitetura de retaguarda (backend) robusta, responsável por gerenciar a autenticação dos mediadores, armazenar as configurações de limite de volume e registrar o histórico diário de sessões. Para suprir essa demanda, a infraestrutura da *Application Programming Interface (API) RESTful (Representational State Transfer)* foi estruturada utilizando o ambiente de execução Node.js (OpenJS Foundation, 2009), também construída com a linguagem TypeScript. Essa escolha cria um ecossistema de desenvolvimento unificado, garantindo fluidez na comunicação entre o aplicativo e o servidor. O armazenamento persistente das informações relacionais, como os perfis de usuários e as metas de tempo, é realizado através do sistema de banco de dados PostgreSQL (PostgreSQL Global Development Group, 1986), reconhecido por

sua integridade e confiabilidade. Toda a orquestração é realizada em contêineres Docker (Docker Inc., 2013).

5 Materiais e Métodos

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do Ludo. A definição clara da metodologia é essencial para garantir o rigor científico e a organização das etapas de engenharia de software, guiando o projeto desde a sua concepção teórica inicial até o planejamento da validação com especialistas.

5.1 Classificação da Pesquisa

Do ponto de vista de sua natureza, este trabalho classifica-se como uma pesquisa aplicada. No contexto acadêmico, uma pesquisa aplicada tem como principal característica a geração de conhecimentos direcionados à solução de problemas práticos e reais da sociedade. Neste projeto, o esforço prático concentra-se no desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica voltada ao suporte da dessensibilização auditiva. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois busca compreender e documentar como o design de interfaces móveis e a acessibilidade cognitiva podem ser integrados para auxiliar o público infantil autista/neurodivergente.

5.2 Procedimentos Metodológicos

O andamento do projeto não está atrelado a frameworks ágeis estritos, optando por um modelo de desenvolvimento livre, contínuo e evolutivo. Essa abordagem permite que o software seja aprimorado de forma fluida à medida que as necessidades surgem. A estruturação do trabalho foi dividida em quatro fases principais:

5.2.1 Fase 1: Revisão Bibliográfica e Levantamento de Requisitos (Concluída)

A primeira fase consistiu em uma imersão teórica fundamentada na literatura de psiquiatria, psicologia e processamento sensorial. A partir dessa base referencial, realizou-se o levantamento dos requisitos fundamentais do sistema. Foram definidos requisitos funcionais críticos, como o sistema de restrição de volume e a trilha de cenários sonoros, e requisitos não funcionais focados em segurança, desempenho e diretrizes de acessibilidade cognitiva.

5.2.2 Fase 2: Prototipação e Design de Interface (Concluída)

Com os requisitos mapeados, a segunda fase dedicou-se à materialização visual da solução. Utilizou-se o software Figma para a criação de protótipos de alta fidelidade das

telas, operando em conjunto com ferramentas de Inteligência Artificial generativa para a concepção e renderização dos ativos visuais, especificamente o mascote da aplicação. O esforço de design concentrou-se em desenvolver uma estética minimalista, com paleta de cores em tons pastéis e a elaboração de um personagem acolhedor. O objetivo principal desta etapa foi criar uma navegação por trilhas intuitiva, assegurando que o aplicativo não gerasse carga mental ou hiperestimulação durante o uso.

5.2.3 Fase 3: Desenvolvimento do Software

A terceira fase compreende a transição do protótipo visual para a codificação da aplicação. O desenvolvimento do aplicativo móvel ocorre através do framework React Native integrado ao ecossistema Expo. Simultaneamente, a infraestrutura de retaguarda é estruturada em Node.js com banco de dados PostgreSQL. Seguindo a natureza contínua do projeto, a programação da interface, a lógica de reprodução de áudio e a integração com o banco de dados são construídas de forma iterativa até a consolidação do Produto Mínimo Viável (MVP).

5.2.4 Fase 4: Validação e Testes Clínicos

A etapa final destina-se a avaliar a segurança, usabilidade e viabilidade da aplicação no contexto real. Para garantir a adequação da ferramenta ao público-alvo, a validação será conduzida em parceria com uma especialista em psicologia infantil com foco em neurodivergências. A profissional atuará como mediadora, conduzindo a apresentação do projeto aos responsáveis e formalizando a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os testes de uso com as crianças ocorrerão de forma anônima e controlada, durante as sessões no próprio ambiente de consultório, assegurando que o contato com o aplicativo seja supervisionado e clinicamente amparado.

6 Análise e Projeto

As atividades desenvolvidas na etapa de concepção técnica do Ludo concentraram-se no levantamento de requisitos, na modelagem do banco de dados e na prototipação das interfaces do aplicativo. Esta seção documenta a engenharia da solução, detalhando como as necessidades terapêuticas e de acessibilidade foram traduzidas em regras de negócio e componentes visuais.

6.1 Levantamento de Requisitos

A partir da base referencial estabelecida nos capítulos anteriores, foram identificados e priorizados os requisitos fundamentais do sistema. O Quadro 1 apresenta os requisitos funcionais classificados pela metodologia MoSCoW, destacando os itens considerados indispensáveis (Must Have) para que o aplicativo cumpra sua função terapêutica de apoio no escopo do MVP.

Tabela 1 – Requisitos funcionais prioritários do Ludo

ID	Requisito Funcional	Prioridade
RF01	O sistema deve reproduzir sons categorizados por ambiente (quarto, escola, parque)	Must Have
RF02	O sistema deve permitir controle gradual de volume pelo usuário dentro do limite configurado	Must Have
RF03	O mediador deve poder configurar o limite máximo de volume via PIN numérico	Must Have
RF04	O sistema deve registrar histórico de sessões por dia	Must Have
RF05	A criança deve receber reforço visual ao cumprir a meta da sessão	Must Have
RF06	O mediador deve visualizar o progresso semanal da criança	Should Have
RF07	O sistema deve oferecer suavização progressiva do áudio no início de cada sessão	Should Have
RF08	A criança deve poder selecionar entre sons já desbloqueados	Could Have

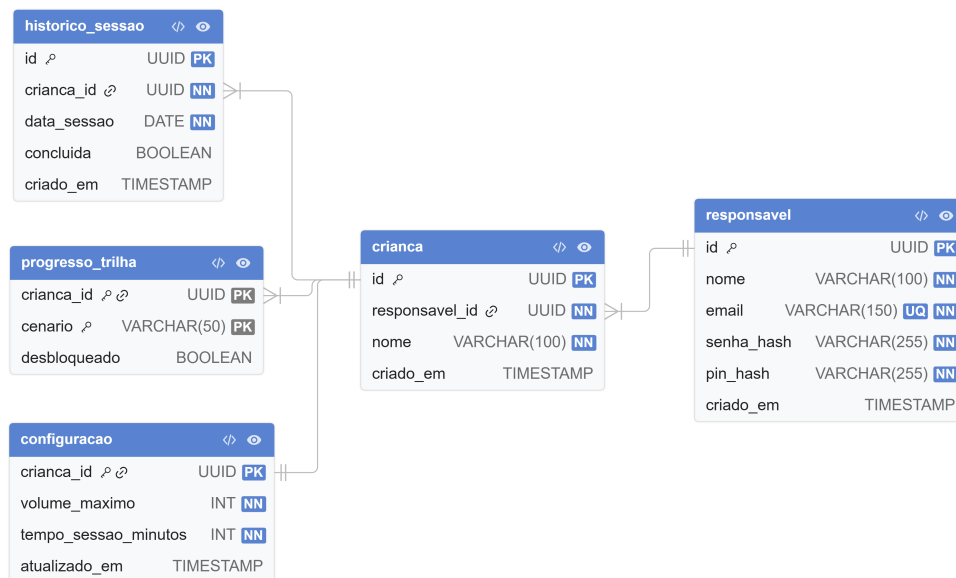
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Adicionalmente, entre os requisitos não funcionais definidos, destacam-se: a limitação sistêmica do volume máximo de áudio para garantia da segurança auditiva, tempo de resposta inferior a 200 ms para interações de interface e conformidade com as diretrizes de acessibilidade cognitiva voltadas ao público-alvo.

6.2 Modelagem do Banco de Dados

Para suportar o funcionamento seguro do aplicativo, projetou-se um modelo relacional utilizando o Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL. A arquitetura de dados foi estruturada para refletir a separação rigorosa entre os perfis do mediador e da criança, garantindo que o acesso à trilha sonora só ocorra após a etapa obrigatória de registro e autenticação. A Figura 1 apresenta a modelagem proposta para o sistema.

Figura 1 – Modelo relacional do banco de dados do Ludo.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

O modelo é composto pelas seguintes entidades principais:

- **Responsável:** Armazena os dados de autenticação principal (e-mail e senha) e o PIN numérico de 4 dígitos (criptografado) que resguarda a área de configurações.
- **Criança:** Entidade dependente vinculada ao responsável, representando o perfil que percorrerá a trilha.
- **Configuração:** Tabela relacionada de forma exclusiva à criança, armazenando as travas de segurança. Possui regras de integridade estritas, permitindo apenas valores fixos para o tempo de sessão (5 ou 10 minutos) e salvando o teto de volume permitido.

- **Histórico e Progresso:** Tabelas dedicadas a registrar o avanço na trilha (cenários desbloqueados) e o registro diário de utilização, permitindo gerar os relatórios de engajamento semanal.

O script apresenta a estrutura de Definição de Dados (DDL) projetada para o MVP, adotando o padrão UUID (Universally Unique Identifier) para chaves primárias e restrições (constraints) para garantir a consistência das regras de negócio.

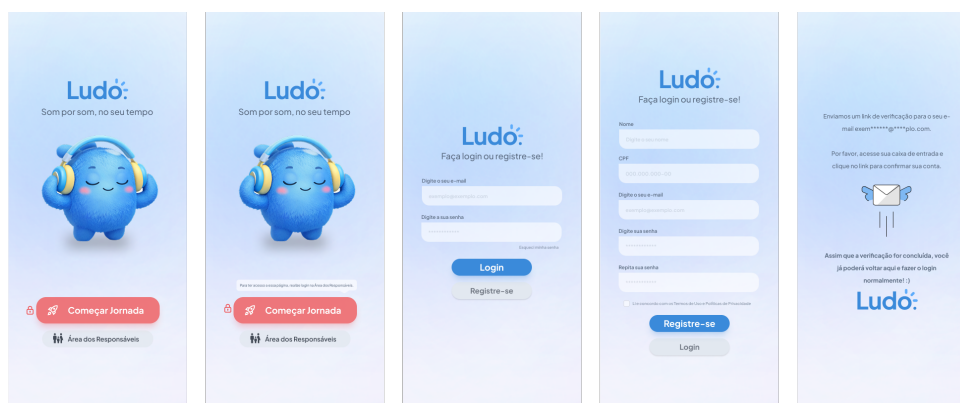
6.3 Prototipação de Interface

A prototipação de alta fidelidade foi desenvolvida no software Figma, materializando as decisões arquiteturais e de design inclusivo. As telas foram concebidas em uma paleta de tons pastéis de azul, visando prevenir a hiperestimulação sensorial. A navegação do sistema é regida pela premissa de que a interface deve atuar de forma fluida, mas respeitando barreiras rígidas de segurança.

A jornada de interação divide-se em três fluxos principais, representados nos protótipos da solução:

1. Autenticação e Entrada: O aplicativo possui um bloqueio arquitetural que impede o acesso à interface lúdica antes do login. A tela inicial de boas-vindas exige o cadastro prévio do responsável (mediante e-mail e CPF). Uma vez autenticado, o sistema libera a navegação, apresentando a distinção clara entre o botão "Começar Jornada" (acesso livre para a criança) e a "Área dos Responsáveis" (acesso restrito).

Figura 2 – Telas de autenticação e acesso inicial do aplicativo.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

2. Área de Gestão do Mediador: A segurança da configuração é garantida pela tela de autenticação via PIN. Ao inserir o código numérico, o pai ou cuidador acessa o painel de "Configurações dos Pais". O protótipo demonstra o controle deslizante de volume máximo e a seleção fixa de tempo de sessão (5 ou 10 minutos). A parte inferior dessa interface exibe um gráfico de "Utilização da Semana", extraído dos registros do histórico de sessões do banco de dados, evidenciando o engajamento da criança de domingo a sábado.

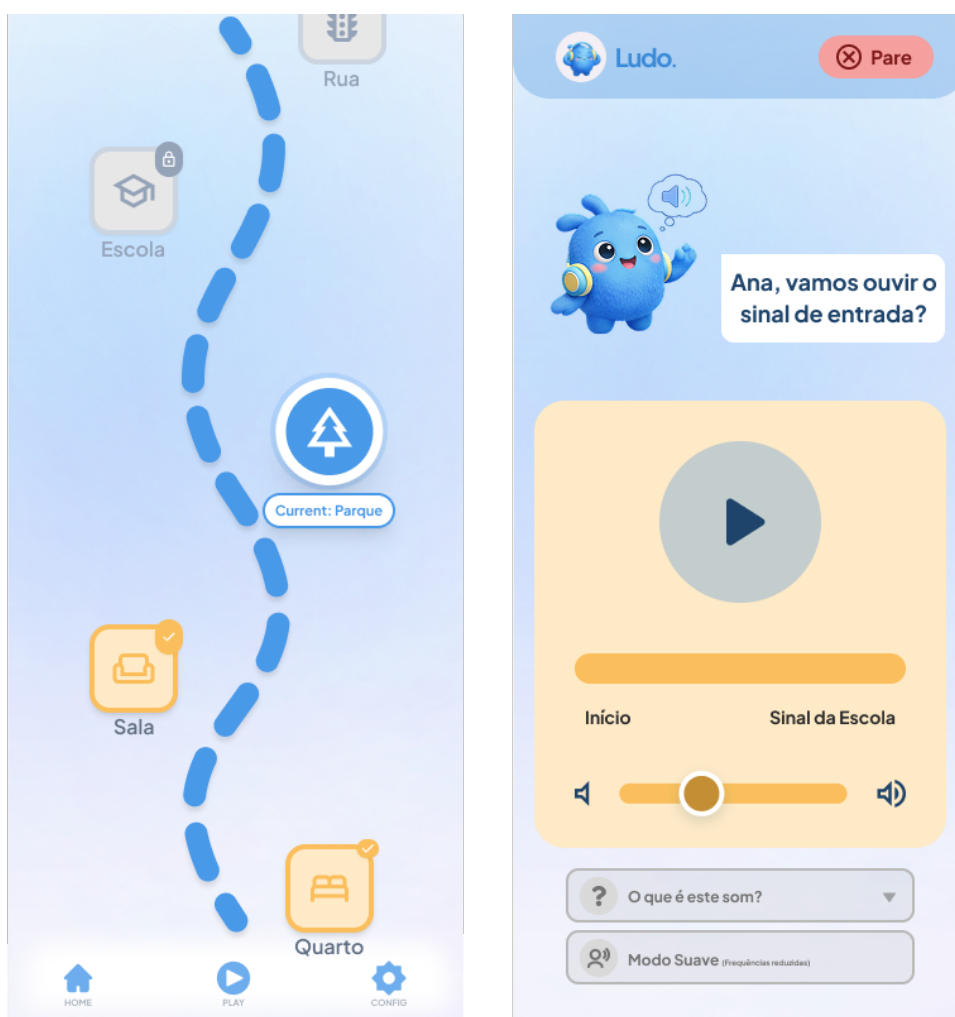
Figura 3 – Telas da área restrita de configurações do mediador.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

3. Trilha de Interação e Reprodução Sonora: A interface da criança remove qualquer elemento de configuração, focando puramente no engajamento. A tela de jornada substitui menus tradicionais por um mapa conectando cenários familiares (Quarto, Sala, Parque, Escola), onde locais avançados exibem um ícone de cadeado indicando bloqueio prévio. Ao selecionar um cenário disponível, a tela do reproduzidor é carregada de forma limpa, com destaque para a presença do mascote acolhedor. A segurança da criança durante o uso autônomo é materializada pela inclusão de um botão vermelho "Pare" de fácil acesso, e um controle de volume que desliza apenas até o limite estabelecido pelo responsável no banco de dados.

Figura 4 – Telas da jornada lúdica e reprodução sonora da criança.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

7 Considerações Finais

Este trabalho apresentou o projeto do aplicativo Ludo, uma solução móvel de acessibilidade cognitiva voltada ao apoio do processo de dessensibilização auditiva de crianças com Transtorno do Espectro Autista. Ao longo do documento, foram fundamentados os aspectos clínicos da hipersensibilidade auditiva, analisadas as limitações das ferramentas existentes no mercado e detalhada a proposta de uma alternativa acessível, lúdica e adaptável ao contexto doméstico, sem dependência de equipamentos externos ou de interface em idioma estrangeiro.

A análise e o projeto desenvolvidos demonstram a viabilidade da proposta: a fundamentação teórica foi consolidada a partir das principais referências nas áreas de TEA e processamento sensorial, os requisitos do MVP foram levantados e priorizados segundo sua criticidade para o processo terapêutico, e os protótipos de alta fidelidade foram desenvolvidos no Figma com base nos princípios de design inclusivo.

Para a etapa final do trabalho, estabelecem-se como entregáveis obrigatórios do MVP as seguintes funcionalidades e atividades:

1. **Módulo de trilha sonora:** implementação do fluxo completo de navegação por cenários progressivos, com reprodução dos sons categorizados por ambiente e controle deslizante de volume.
2. **Sistema de limite de volume:** desenvolvimento da lógica de restrição de áudio configurável pelo mediador, garantindo segurança acústica.
3. **Área do mediador:** autenticação por PIN numérico, configuração de parâmetros da sessão e visualização do progresso semanal.
4. **Sistema de recompensas visuais:** implementação do mecanismo de reforço positivo atrelado ao avanço na trilha.
5. **Integração e testes:** comunicação robusta entre as camadas móvel e de retaguarda.
6. **Validação clínica:** condução da avaliação do protótipo funcional no consultório em parceria com especialista em psicologia infantil.

O Quadro 2 apresenta o cronograma de atividades estipulado para a conclusão do desenvolvimento, previsto para o segundo semestre de 2026.

Espera-se que, ao término do desenvolvimento, o aplicativo Ludo esteja integralmente funcional e validado, configurando-se como uma ferramenta de suporte tecnológico acessível e devidamente adaptada à realidade das famílias brasileiras.

Tabela 2 – Cronograma de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão

Atividade	Jul/26	Ago/26	Set/26	Out/26	Nov/26
Configuração do ambiente e arquitetura base	X				
Implementação do módulo de trilha sonora	X	X			
Desenvolvimento da área do mediador	X	X			
Sistema de recompensas e regras de negócio		X			
Integração de banco de dados e testes			X	X	
Validação com profissional especialista				X	
Escrita, revisão e defesa da monografia				X	X

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Referências

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *DSM-5-TR: Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais*. Porto Alegre: Artmed, 2022.
- AYRES, A. J. *Sensory integration and learning disorders*. Los Angeles: Western Psychological Services, 1972.
- Docker Inc. *Docker*. 2013. Acesso em: 20 maio 2026. Disponível em: <<https://www.docker.com/>>.
- Expo. *Expo Documentation*. 2015. Acesso em: 20 maio 2026. Disponível em: <<https://docs.expo.dev>>.
- FORBRAIN. *Soundsory: Home-based music and movement program*. 2020. Disponível em: <<https://soundsory.com/>>.
- GOMES, E. *Hipersensibilidade auditiva em crianças e adolescentes com transtorno do espectro autista*. Tese (Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas: Pediatria)) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- GOMES, E.; PEDROSO, F. S.; WAGNER, M. B. Hipersensibilidade auditiva no transtorno do espectro autístico: [revisão]. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, v. 20, n. 4, p. 279–284, 2008.
- GRYNSZPAN, O. et al. Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: a meta-analysis. *Autism*, v. 18, n. 4, p. 346–361, 2014. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24092843/>>.
- LABS, A.; PLAY, V. *EASe Listening Therapy*. 2011. Aplicativo mobile. Disponível em: <<https://apps.apple.com/us/app/ease-listening-therapy/id472604387>>.
- Meta. *React Native*. 2015. Acesso em: 20 maio 2026. Disponível em: <<https://reactnative.dev>>.
- Microsoft. *TypeScript*. 2012. Acesso em: 20 maio 2026. Disponível em: <<https://www.typescriptlang.org>>.
- MIGHTIER. *Mightier: Biofeedback games for emotional regulation*. 2017. Disponível em: <<https://www.mightier.com/>>.
- OpenJS Foundation. *Node.js*. 2009. Acesso em: 20 maio 2026. Disponível em: <<https://nodejs.org>>.
- PostgreSQL Global Development Group. *PostgreSQL*. 1986. Acesso em: 20 maio 2026. Disponível em: <<https://www.postgresql.org>>.
- SCHAAF, R. C. et al. Occupational therapy and sensory integration for children with autism: a feasibility, safety, acceptability and fidelity study. *Autism*, v. 16, n. 3, p. 321–327, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22318118/>>.

TOMCHEK, S. D.; DUNN, W. Sensory processing in children with and without autism: a comparative study using the short sensory profile. *American Journal of Occupational Therapy*, v. 61, n. 2, p. 190–200, 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17436841/>>.