

# PROTÓTIPO DE JOGO SÉRIO EM GODOT ENGINE COMO AUXÍLIO AO DESENVOLVIMENTO DO OUVIDO RELATIVO

Natanael Alves Gabriel<sup>1</sup>, Édina Regina Baumer<sup>2</sup>, Giácomo Antônio Althoff Bolan<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento de Detetive Sonora, um protótipo de jogo sério voltado ao aprimoramento do ouvido relativo em crianças e adolescentes em idade escolar. O ouvido relativo é uma habilidade auditiva fundamental para a percepção musical, porém seu ensino costuma ser demorado e desafiador. O presente trabalho buscou aliar conceitos pedagógicos de ensino musical a elementos de design de jogos, de forma a oferecer uma experiência engajante, motivadora e educativa. O jogo foi estruturado em três fases principais, com narrativa contínua, fases interligadas e uma mecânica que estimula a repetição auditiva e a identificação de graus musicais. A utilização do motor Godot Engine possibilitou a implementação das funcionalidades necessárias por meio do uso de nós e "signals". Os resultados demonstraram que o protótipo atende aos requisitos de um jogo sério, conciliando objetivos lúdicos e pedagógicos, com potencial para auxiliar o aprendizado de forma prática e interativa. Como limitações, destaca-se a ausência de testes empíricos com estudantes, sugerindo como trabalhos futuros a avaliação pedagógica da ferramenta em contexto escolar e a expansão com novos níveis, instrumentos e recursos de acessibilidade.

**Palavras-chave:** ouvido relativo; jogos sérios; educação musical; gamificação; Godot Engine.

---

<sup>1</sup>Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), natasnael2002@gmail.com

<sup>2</sup>Coorientadora. Curso de Pedagogia, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), erb@unesc.net

<sup>3</sup>Orientador. Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), kinhobolan@live.com

**ABSTRACT:** This work presents the development of Detetive Sonora, a serious game prototype designed to improve relative pitch in school-aged children and adolescents. Relative pitch is a fundamental auditory skill for musical perception, but its teaching process is usually time-consuming and challenging. The proposed solution combines pedagogical approaches in music education with game design elements to provide an engaging, motivating, and educational experience. The game was structured into three main stages, featuring a continuous narrative, connected levels, and mechanics that encourage auditory repetition and scale-degree recognition. The use of the Godot Engine enabled the implementation of essential features using nodes and signals. Results indicate that the prototype fulfills the requirements of a serious game, balancing playful and educational goals while offering a practical and interactive way to support musical learning. As a limitation, the project has not yet undergone empirical testing with students, which is suggested as a future direction, along with the expansion of the game to include additional levels, instruments, adaptive difficulty, and accessibility resources.

**Keywords:** relative pitch; serious games; music education; gamification; Godot Engine.

## 1 INTRODUÇÃO

O Ouvido Relativo (OR) é uma habilidade auditiva básica, ligada à capacidade de perceber relações entre graus dentro de uma escala. Um grau pode ser definido como a posição específica de uma nota em uma escala, em relação à tônica, que é o acorde principal daquela escala (Hansberry, 2017). É uma habilidade que pode ser utilizada como uma ferramenta que permite que a pessoa produza e reproduza músicas de ouvido, sem a necessidade de utilizar partituras ou qualquer outro tipo de auxílio escrito, o que dá uma independência para os estudantes de música e os ajuda na hora de improvisar e trabalhar em conjunto com outros músicos, aumentando a sua compreensão geral da música que criam, tocam ou cantam (Rodriguez, 2023).

Essa habilidade é desenvolvida em cursos de música ao redor do mundo por meio da repetição na disciplina de Percepção Musical, que capacita o estudante a identificar elementos musicais diversos com o uso da audição, solfejo e vários elementos musicais da forma mais precisa possível. O seu aprendizado costuma ser dificultoso e lento, levando até mesmo

anos para se conseguir tal proficiência (Germano; Cogo-Moreira; Bortz, 2017). É apontada como possível causa disso a falta de tempo dedicado à prática, já que é recomendado que os estudantes também estudem fora da sala de aula. O não cumprimento desta recomendação é considerado ruim, especialmente ao considerar que é comum que os alunos não tenham contato com esse conhecimento antes de ingressar no curso (Nascimento, 2021).

Uma das soluções possíveis seria tornar essa prática acessível desde níveis acadêmicos mais baixos, desenvolvendo essa habilidade desde a infância até a adolescência, utilizando jogos digitais como metodologia ativa para somar o ensino tradicional da sala de aula com a experiência prática protagonizada pelo estudante.

As metodologias ativas têm ganhado grande destaque no meio pedagógico, visto que elas colocam o estudante no centro do processo de aprendizagem. A gamificação pode ser considerada uma metodologia ativa quando o professor é um mediador e os alunos são protagonistas do seu próprio ensino (Silva; Sales; Castro, 2019). Nesse ambiente, os alunos são incentivados a assumir responsabilidades e construir seu conhecimento com engajamento (Klein; Goldmeyer, 2024).

No contexto das metodologias ativas, a gamificação, definida como o uso de elementos de jogos para incentivo de ações e facilitação da aprendizagem, tem-se mostrado capaz de aumentar o interesse dos alunos e causar uma melhor retenção do conhecimento (Ferroni et al., 2024). Ela está presente dentro da metodologia GBL (Game Based Learning). Essa metodologia pode ser definida como o processo de design de atividades cujo único fim é o processo de ensino e aprendizagem (Palha et al., 2022).

Pesquisas demonstram resultados positivos quanto ao uso de jogos digitais como ferramentas de ensino, apontando para melhorias nas habilidades musicais de alunos do quinto ao nono ano no intervalo de apenas uma semana (Ogata; Sousa, 2024). As vantagens de utilizar esse meio para o ensino incluem: aumento na eficácia do aprendizado, evidenciado pelos resultados, maior motivação em aprender e um maior nível de engajamento quando comparado aos métodos de ensino tradicionais (Rodríguez-Calzada; Paredes-Velasco; Urquiza-Fuentes, 2024).

O uso de jogos digitais na educação é positivo tanto para professores quanto para alunos. Para professores, isso se demonstra um agente inovador que aumenta o engajamento dos estudantes, além de um entusiasmo pelo próprio docente ao ver o potencial dessa ferramenta para res-

ponder às demandas dos alunos (Ogata; Sousa; Vargas, 2024). Para os estudantes, jogar pode ser uma forma de aprendizagem estimulante e agradável, servindo como um agente motivador, e que, unida a uma atividade com objetivos predefinidos, os ajuda a alcançar as metas traçadas de forma engajada (Sylvestre, 2025), cenário que é comum em jogos sérios.

Jogos sérios são jogos que possuem propósitos educacionais como objetivo principal. O entretenimento e o ensino podem coexistir, já que não anulam um ao outro. Para termos um jogo sério, é preciso estimular certos tipos de aprendizagem, criadas de forma intencional e contendo os seguintes requisitos: fases interligadas, duração não muito breve e nem muito longa, cenários que criam memórias, definição das ferramentas utilizadas e adequação da dificuldade ao público-alvo (Palha et al., 2022). O cumprimento desses requisitos pode acarretar na geração de uma experiência positiva, com sensações como orgulho, euforia, alegria, satisfação, alívio, esperança e interesse, o que tende a otimizar o tempo que o jogador leva para cumprir os objetivos (Vale et al., 2020).

Como método para cumprir os objetivos de jogos sérios, existem algumas diretrizes que visam garantir a satisfação do jogador por meio de certos requisitos oriundos dos modelos GameFlow e EGameFlow conectados a elementos de design de jogos (Almeida et al., 2019). Tais diretrizes separam o design desses jogos em 4 elementos principais: estética, mecânica, história e tecnologia, somadas a um quinto elemento específico para jogos sérios (conforme ilustrado na Figura 1), que deve ser considerado pelos outros quatro elementos (Machado; Costa; Moraes, 2018).

Figura 1 - Desenvolvimento de jogos sérios.



Fonte: Machado, Costa e Moraes (2018, p. 9).

Algo também essencial para o engajamento em jogos educacio-

nais é o desafio, diretamente ligado à satisfação do jogador e na motivação de que ele continue realizando a atividade proposta. A sua dificuldade deve ser alinhada com a habilidade do jogador para evitar que ele entre em um estado de irritação (Bueno; Beder; Otsuka, 2022).

A narrativa também é apontada como um fator relevante para jogos sérios, demonstrando-se capaz de gerar engajamento e imersão por meio de fatores como narrativa distribuída, história integrada e personagens empáticos (Naul; Liu, 2020). O significado também é apontado como uma parte relevante da experiência e deve ser incluído no design de jogos sérios (Pescarin; Pandiani, 2022).

Para aumentar a satisfação e o engajamento do jogador por meio de sentimentos positivos, pode-se utilizar o Octalysis Framework, que tem como uma das bases o "Significado e chamado épico", que é o primeiro de oito fundamentos da gamificação e envolve elementos como: narrativa (envolver o jogador para jogar de maneira que se sinta instigado ao épico), elitismo (fazer com que o jogador se sinta parte de um grupo maior que ele próprio), herói da humanidade (colocar o jogador como necessário dentro do contexto do jogo), sorte de principiante (deixar o jogador se sentir escolhido e especial entre os demais) e almoço grátis (dar algo de valor ao jogador em troca da sua participação). (Chou, 2013) (Fragelli; Ruskowski, 2024).

Para auxiliar no desenvolvimento de jogos, existem os motores de jogo. Os motores de jogo consistem em plataformas tecnológicas projetadas para simplificar e agilizar o processo de desenvolvimento de jogos digitais. Elas oferecem um conjunto abrangente de funcionalidades integradas, capazes de atender a diferentes tipos de jogos, como renderização gráfica, gerenciamento de áudio e simulação de física, eliminando a necessidade de desenvolver esses recursos do zero (Ullmann et al., 2024). Um exemplo de motor de jogo conhecido é o Godot Engine.

Godot Engine configura-se como uma plataforma de desenvolvimento livre e de código aberto, voltada para a criação de aplicações em ambientes bidimensionais e tridimensionais. Destaca-se por sua interface interativa e intuitiva, o que contribui para a facilitação do processo de desenvolvimento de software. Além disso, a engine dispõe de uma linguagem de programação própria, inspirada na sintaxe da linguagem Python (Gonçalves, 2018).

O desenvolvimento em Godot utiliza o conceito de "nós" para tratar dos elementos dos jogos. Cada nó possui um tipo que está associado

a sua função. Alguns tipos de nós comuns são nós para exibir imagens, animações, elementos de interface, reprodução de sons e colisões. Os nós também podem ser reutilizados por meio de sua transformação para cenas, o que permite que um mesmo objeto possa ser usado outras vezes (Fittipaldi, 2024). Outros conceitos comuns para o desenvolvimento em Godot incluem os paradigmas da orientação a objetos e da orientação a eventos.

A programação orientada a objetos é amplamente empregada no desenvolvimento de jogos digitais em razão de sua capacidade de representar elementos do jogo como objetos distintos. Neste paradigma, por meio da definição de atributos e comportamentos específicos para cada objeto, os desenvolvedores conseguem estruturar sistemas mais organizados e reutilizáveis. Motores de desenvolvimento atuais incorporam os princípios da orientação a objetos, o que contribui para a criação de experiências interativas mais imersivas e envolventes (Topics, 2023).

A programação orientada a eventos constitui um paradigma de desenvolvimento de software no qual o fluxo de execução é conduzido por eventos externos, como interações do usuário ou respostas do sistema, em vez de uma sequência linear predeterminada (Slomp; Ladeira, 2024). O motor Godot utiliza intensivamente o paradigma de programação orientada a eventos por meio de seu sistema de "signals", que permite a comunicação entre objetos de forma desacoplada e reativa. Em vez de depender de chamadas diretas entre scripts, os "signals" possibilitam que determinados nós emitam eventos quando algo ocorre — como colisões, entradas do usuário ou ações personalizadas —, enquanto outros nós apenas "ouvem" e reagem a esses eventos conforme necessário (Ranaweera; Mahmoud, 2024).

O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de jogo sério voltado para o aprimoramento do ouvido relativo em crianças e adolescentes em idade escolar. Para tanto, foram definidos alguns direcionamentos: identificar um método estabelecido de ensino do ouvido relativo para fundamentar a elaboração do protótipo; investigar jogos sérios que dialoguem com a proposta; elaborar diagramas de engenharia de software que representem a arquitetura e o funcionamento do sistema desenvolvido; e, por fim, aplicar metodologias reconhecidas no campo do design dos jogos sérios para equilibrar o objetivo lúdico com o objetivo educativo por meio do engajamento.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: uma in-

trodução para apresentar e contextualizar o problema, fundamentando toda a teoria necessária para a sua compreensão, bem como para a compreensão da solução, com os objetivos expostos e a estrutura na qual este trabalho é organizado. Há também uma menção aos artigos que se relacionam a este trabalho pelo uso de jogos sérios na educação e na educação musical. Após, é apresentada a maneira na qual o projeto foi desenvolvido, expondo toda a metodologia utilizada e os recursos que foram necessários para a sua realização. Posteriormente, são discutidos os resultados do projeto, comparando-os com o que foi proposto e também com os projetos correlatos, concluindo-se ao final. Por fim, estão listadas ao final deste artigo as referências utilizadas.

## **2 TRABALHOS CORRELATOS**

Alguns autores já realizaram trabalhos acerca do uso de jogos digitais para a educação musical, porém nenhum projeto que abordasse o assunto ‘ouvido relativo’ foi encontrado. As obras encontradas trabalham com conteúdos distintos ou generalistas, sem focar em um conhecimento específico.

Um dos trabalhos relevantes é a monografia “Musicália – Concepção e desenvolvimento de um jogo para iniciação musical”, por Lima (2018), que pratica uma abordagem mais generalista em termos de conteúdo, propondo um jogo sério para introduzir crianças em noções básicas de teoria musical. Os resultados obtidos incluem o desenvolvimento de um protótipo funcional, estruturado em minijogos que abordam ritmo, melodia, acordes e leitura de notação musical. Os conhecimentos a serem desenvolvidos pelo jogador abrangem desde a coordenação motora e percepção rítmica até a compreensão de estruturas musicais fundamentais.

No trabalho Melodia: Um Jogo Sério para o Ensino Inicial de Teoria Musical a Pessoas com Deficiência Intelectual, por Pino e Dias (2021), os autores apresentam o desenvolvimento de um jogo sério projetado para apoiar o ensino de conceitos musicais básicos, como pauta, claves, notas, escalas, ritmo, melodia e harmonia. O objetivo principal é oferecer uma ferramenta acessível e inclusiva para pessoas com deficiência intelectual, utilizando recursos visuais e interativos que facilitam a assimilação dos conteúdos de teoria musical. O jogo foi estruturado em fases progressivas, permitindo que os jogadores avancem de acordo com seu desempenho, de modo a estimular tanto a aprendizagem quanto a motivação no processo educacional.

O trabalho de Baratè, Bergomi e Ludovico (2013), "Development of Serious Games For Music Education", os autores apresentam o desenvolvimento de jogos sérios para o ensino de música explorando a abordagem multicamadas, baseada no padrão IEEE 1599, que permite representar conteúdos musicais em diferentes camadas (como notação, áudio e símbolos). O resultado inclui o jogo iClef, cujo objetivo é auxiliar estudantes a reconhecer notas em diferentes claves, promovendo uma aprendizagem mais prática e interativa. O conhecimento desenvolvido nesse caso está relacionado à leitura de partituras, reconhecimento de notas em claves menos usuais e treinamento da agilidade cognitiva na leitura musical.

No estudo Design and development of a mobile game for music education in primary schools, Satir e Can (2024) apresentam o desenvolvimento de um jogo digital voltado para o ensino de música a alunos do quinto ano do ensino fundamental. O objetivo principal do jogo é apoiar o aprendizado musical de forma lúdica e interativa, alinhando-se ao currículo escolar dessa faixa etária. A proposta busca oferecer um recurso pedagógico inovador que, ao explorar elementos de jogabilidade, contribui para despertar o interesse dos estudantes pela prática musical, promovendo tanto a compreensão de conceitos teóricos quanto o engajamento na experiência de aprendizagem.

No artigo Enhancing music rhythmic perception and performance with a VR game, de Otondo et al. (2024), os autores apresentam o desenvolvimento de um jogo em realidade virtual voltado ao aprimoramento da percepção rítmica e da execução musical. A proposta consiste em criar um ambiente imersivo onde os usuários possam praticar e treinar diferentes padrões rítmicos de forma interativa, recebendo estímulos visuais e auditivos sincronizados. O objetivo central do jogo é oferecer uma ferramenta educacional que auxilie no aprendizado musical em contextos de ensino remoto e autônomo, aproveitando os recursos de imersão da realidade virtual para aumentar o engajamento, a precisão rítmica e o desempenho dos participantes.

Além de trabalharem conhecimentos distintos relacionados à música, algo que falta nestes trabalhos aqui listados é a entrega de uma experiência engajante, motivadora e satisfatória por meio da utilização de conceitos estabelecidos de design de jogos, como os elementos do Octalysis Framework e seguindo diretrizes conhecidas para o desenvolvimento de jogos sérios, como os requisitos oriundos dos modelos GameFlow e EGameFlow.



Com isso, nota-se que ainda há um espaço a ser explorado na utilização de jogos sérios engajantes na educação musical, principalmente para conteúdos específicos e que promovem a autonomia dos praticantes de música, como o ouvido relativo.

Sob tal contexto, o presente trabalho inova o uso de jogos eletrônicos dentro da educação musical com a utilização deste meio digital e conceitos estabelecidos do design de jogos sérios para auxiliar no desenvolvimento do ouvido relativo.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A proposta central deste trabalho consistiu em um cenário no qual o jogador controla um veículo que deve alterar sua altura na tela de acordo com o grau do acorde que está sendo executado em relação à tonalidade estabelecida. Dessa forma, o desafio do jogo exige que o participante reconheça auditivamente as relações entre os sons apresentados, reforçando o objetivo pedagógico de desenvolver o ouvido relativo. Essa dinâmica também faz o uso da repetição como método de desenvolvimento.

A história segue um detetive que utiliza suas habilidades auditivas para perseguir um criminoso que furtou uma aeronave militar indetectável por métodos convencionais. O ouvido relativo, então, é utilizado como meio para rastrear os movimentos do avião roubado, fazendo com que o conhecimento trabalhado no jogo esteja inserido na sua mecânica principal.

O protótipo foi estruturado em três fases principais, que compartilham a mesma mecânica de gameplay, diretamente conectada ao conteúdo proposto, mas diferenciam-se pela introdução de novos diálogos e elementos narrativos que compõem uma história contínua, bem como pelo aumento da dificuldade. Essa abordagem busca proporcionar ao jogador uma progressão tanto no aspecto lúdico quanto no aspecto pedagógico, mantendo o engajamento durante a prática musical.

Para o planejamento do projeto, foram utilizados diagramas para guiar a sequência lógica da jogatina bem como para pensar nas diferentes possibilidades que a mecânica permitiria. Para isso, foram escolhidos os diagramas de estados (Apêndice A Figura 2), atividades (Apêndice A Figura 3) e classes (Apêndice A Figura 4).

O projeto pode ser dividido em alguns elementos básicos, como jogador, mapa, fase, som e um controlador geral. Para cada um destes, foi criado um nó dentro do projeto para representar essa entidade, utilizando

o conceito de orientação a objetos de forma implícita. Outros nós também foram criados a partir destes primeiros para auxiliar o desenvolvimento do jogo e separar responsabilidades. O código foi disponibilizado em repositório público no GitHub <sup>4</sup> para consulta e replicação do projeto.

Para as transições de cena, bem como para a chamada de funções auxiliares para buscar a próxima música ou os próximos diálogos, foram utilizados "signals" do Godot para sinalizar quando algumas ações específicas, como o fim de uma fase, acontecem.

Para cada fase, há uma música de tom e instrumental distintos, dentro das tonalidades de dó maior, sol maior e ré maior, fazendo o uso dos seguintes instrumentos: teclado (Casio CT-S300), violão (Crafter K12057) e guitarra (Dolphin King). Os áudios foram gravados pelo próprio autor, utilizando recursos próprios. Para a captação, foi utilizada uma interface de áudio da marca Behringer, de modelo U-Phoria UMC22, conectada a um computador.

Os áudios foram adicionados ao projeto organizados por instrumentos e acordes e foram referenciados pelo algoritmo de acordo com a fase atual e sua música, que é escolhida aleatoriamente em tempo de execução. Há um total de nove opções de músicas, sendo três opções para cada nível. Cada música possui uma sequência de acordes, onde cada um destes possui uma duração. Quando uma fase inicia, a música começa a partir do seu primeiro acorde, que é também o acorde principal do tom em questão para servir de referência, trocando para o próximo quando a duração do último chegar ao fim.

Para somar um acerto, o jogador deve estar na altura do grau correto em relação ao grau que está sendo reproduzido. Há um tempo de espera pela movimentação do jogador a partir do início da reprodução do acorde. Este tempo é diminuído conforme as fases avançam para aumentar a dificuldade.

As instruções de jogo são mostradas antes da tela de jogo (Apêndice A Figura 6), para explicar a mecânica de forma ilustrada. Após as instruções há uma tela para a reprodução sequencial dos acordes da fase, afim de acostumar o jogador com a tonalidade da música a ser tocada.

O jogo foi desenvolvido de forma que pode-se jogar tanto com um teclado quanto com um controle. Isto pôde ser alcançado por meio do mapa de entrada, que pode ser configurado na própria interface do Godot Engine, em configurações do projeto, conforme mostrado na figura (Apê-

<sup>4</sup> <<https://github.com/TheNatas/detetive-sonora>>

dice A Figura 7).

Para passar de fase, o jogador deve possuir uma porcentagem mínima de acertos. A porcentagem é fixa para todas as fases, sendo setenta por cento. Quando todas as fases já foram jogadas, o jogo chega ao seu fim e é apresentado o final da história, com o detetive finalmente alcançando o criminoso.

Para facilitar o entendimento da história e o seu engajamento, o jogo também dispõe de dublagem, que foi adicionada para cada fala dos diálogos, a qual também contém a figura do personagem que é dono da fala, tal como pode ser visto na figura (Apêndice A Figura 8). Isto foi estruturado por meio de uma classe específica para as linhas de diálogo. Para as gravações dos áudios, foi utilizado um microfone Redragon GM300.

As imagens dos personagens nas falas, o fundo das fases (Apêndice A Figura 10), e as imagens de personagens, tal qual a personagem principal (Apêndice A Figura 9), foram geradas por inteligência artificial, utilizando os modelos GPT 4.1 e GPT 5.

Todo o desenvolvimento do jogo foi feito na versão 4.4.1 do Godot Engine utilizando um computador e um notebook, além do Visual Studio Code como ambiente de desenvolvimento. As especificações do computador são: processador Intel Core i5-13600K, memória RAM de 32GB, placa de vídeo NVIDIA GeForce RTX 4060 Ti, SSD de 1TB e sistema operacional Windows 11. O notebook é da marca Lenovo e modelo Ideapad S145, de processador Intel Core i7-8565u, placa de vídeo NVIDIA GeForce MX110, com memória RAM de 8GB e SSD de 256GB, com sistema operacional Windows 11.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho resultou na criação de um protótipo de jogo sério, nomeado Detetive Sonora, para o desenvolvimento do ouvido relativo por meio da repetição e utilizando conceitos de design de jogos para motivar o engajamento do jogador. O jogo foi publicado nas plataformas GameJolt<sup>5</sup> e Itch.io<sup>6</sup> e pode ser baixado gratuitamente.

O jogo uniu diferentes metodologias e conceitos de jogos sérios, como narrativa contínua e "significado e chamado épico". O fator desafio (Bueno; Beder; Otsuka, 2022) foi pouco desenvolvido por carecer de pesquisas com o público alvo do projeto.

<sup>5</sup><[https://gamejolt.com/games/detetive\\_sonora/1026107](https://gamejolt.com/games/detetive_sonora/1026107)>

<sup>6</sup><<https://thenatas.itch.io/detetive-sonora>>

Em relação aos trabalhos anteriores, pode-se apontar diferenças nos resultados apresentados sob a ótica do conhecimento abordado, engajamento por meio da história, progressão gradual de dificuldade e facilidade no acesso ao jogo desenvolvido.

Tabela 1 – Comparativo entre o trabalho proposto e os correlatos

| <b>Trabalho / Referência</b>            | <b>Conhecimento Trabalhado</b>                                               | <b>Diferenciais em relação ao presente trabalho</b>                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Musicália (Lima, 2018)                  | Noções básicas de teoria musical (ritmo, melodia, acordes, leitura)          | Foco mais amplo e lúdico, mas sem atenção ao ouvido relativo                                     |
| Melodia (Pino; Dias, 2021)              | Conceitos básicos de teoria musical para pessoas com deficiência intelectual | Ênfase na inclusão e design acessível, mas sem uso de frameworks de gamificação                  |
| iClef (Baratè; Bergomi; Ludovico, 2013) | Leitura de notas e claves em partituras                                      | Forte base teórica, mas sem apelo narrativo ou visual                                            |
| Music Marathon (Satir; Can, 2024)       | Ensino musical generalista (ritmo, notas, instrumentos)                      | Maior alcance e mobilidade, porém foco generalista                                               |
| VR Game (Otondo et al., 2024)           | Percepção e execução rítmica                                                 | Grande imersão, mas alto custo e foco em ritmo                                                   |
| Presente trabalho                       | Ouvido relativo (reconhecimento auditivo de graus musicais)                  | Foco inédito no ouvido relativo; aplicação de frameworks de gamificação e design de jogos sérios |

Fonte: Do autor.

Em comparação ao presente trabalho, Musicália (Lima, 2018) é mais abrangente nos conhecimentos abordados, mesmo que a nível básico. Além disso, explora uma estória mais densa e oferece ao jogador uma

maior variedade na jogatina com grande número de mini jogos. Em relação ao conhecimento específico do ouvido relativo e à facilidade de acesso e reprodução do projeto, o trabalho aqui apresentado se destaca.

Melodia (Pino; Dias, 2021) trabalha o ensino básico de teoria musical para pessoas com deficiência intelectual. Neste projeto, o engajamento não é um grande foco. O jogo final não possui uma narrativa ou aplica conceitos mais complexos de jogos sérios, mas possui uma progressão gradual de dificuldade mais explícita do que o trabalho aqui apresentado. O design é melhor pensado pela ótica das cores utilizadas, que foram escolhidas com embasamento teórico. Quanto ao conhecimento trabalhado, resume-se principalmente ao reconhecimento de notas.

iClef (Baratè; Bergomi; Ludovico, 2013) é um jogo proposto para exemplificar o design de um jogo sério para a educação musical. Neste trabalho, não há uma narrativa engajante ou preocupação estética. A progressão gradual, porém, é pensada considerando o equilíbrio entre desafio e estresse, gerando ao jogador uma experiência equilibrada, ideal para jogos sérios. O conhecimento trabalhado é a leitura de claves em partituras e não há outros assuntos abordados na jogatina.

O jogo Music Marathon (Satır; Can, 2024) foca na educação musical para o ensino fundamental. Em relação ao presente trabalho, a principal diferença está no conhecimento abordado, que é mais generalista. Já o trabalho aqui apresentado se diferencia por priorizar um conteúdo específico, além de adotar conceitos conhecidos de jogos sérios. Os conhecimentos trabalhados em Music Marathon abordam assuntos como leitura de notas, reconhecimento de instrumentos e aprendizado de padrões de ritmo. O jogo está disponível para dispositivos mobile, o que aumenta a capacidade do jogo de ser acessível para mais pessoas.

O estudo de Otondo et al. (2024) utiliza a realidade virtual como meio para aprimorar a percepção e a execução rítmica, proporcionando aos jogadores um ambiente imersivo e interativo. Em contraste, o protótipo aqui desenvolvido utiliza uma abordagem bidimensional, com recursos mais acessíveis e de fácil reprodução, mas igualmente buscando engajamento por meio de narrativa e design de jogos. Ambos os projetos se aproximam pela intenção de estimular habilidades musicais específicas, mas diferem no tipo de conhecimento trabalhado – ritmo no caso do VR game e ouvido relativo neste trabalho – bem como na tecnologia empregada. O projeto citado também disponibiliza dados de pesquisa realizada com o jogo para validação da eficácia do projeto.

De maneira geral, os trabalhos correlatos se diferem por abordarem conhecimentos mais genéricos, enquanto o trabalho aqui apresentado foca no desenvolvimento do ouvido relativo. O resumo da comparação com estes trabalhos pode ser visto na Tabela 1. Há também uma falta de repositórios públicos nestes projetos, o que dificulta a análise e reprodução dos projetos. Quanto à publicação, apenas o jogo Music Marathon (Satir; Can, 2024) disponibiliza o jogo publicado, algo que o presente projeto também oferece.

Durante o desenvolvimento do protótipo, buscou-se aplicar conceitos e metodologias consolidadas no campo do design de jogos sérios, com o intuito de alinhar o conteúdo educacional ao engajamento lúdico. Os requisitos fundamentais de jogos sérios (Palha et al., 2022) foram observados para garantir seu cumprimento. As fases interligadas foram estruturadas por meio de uma narrativa contínua que dá sentido à progressão, conectando cada nível à evolução da história. A duração das fases foi ajustada para oferecer um desafio adequado ao público iniciante, mantendo o equilíbrio entre o tempo de jogo e a carga cognitiva. Os cenários que criam memórias foram explorados com a alternância visual entre os mapas e do avanço narrativo em cada fase, que introduz novos elementos de contexto. A definição das ferramentas utilizadas foi documentada de forma detalhada no corpo do artigo e no repositório público do código-fonte, reforçando a transparência metodológica. Quanto à adequação da dificuldade ao público-alvo, são necessários testes com crianças e adolescentes em idade escolar para definir seu cumprimento.

O desafio proposto ao jogador (Bueno; Beder; Otsuka, 2022) foi validado juntamente com a coorientadora deste projeto. Conforme a sua análise, a dificuldade pode ser percebida até por pessoas mais experientes no assunto, porém não chegando ao nível de ser estressante. Para jogadores com nenhuma experiência e sem interesse por música, pode haver uma desmotivação a continuar devido a dificuldade inicial. Em trabalhos futuros, isto poderia ser verificado por meio de testes com potenciais jogadores.

Outro ponto levantado foi o da baixa quantidade de possibilidades de músicas, que é de três por fase, e também o da aleatoriedade na escolha da música a ser tocada. Isto poderia diminuir a motivação do jogador em jogar novamente e dificultar a repetição da mecânica, respectivamente. Isto poderia ser contornado por meio da geração dinâmica das músicas em tempo de execução mantendo elas em memória para repetição posterior, porém a aleatoriedade dos acordes gerados mostrou-se como um empeci-

lho para uma experiência ideal de aprendizado. Futuramente, a utilização de inteligência artificial para a geração das músicas em tempo de execução poderia ser mais benéfica.

Alguns elementos extras ainda poderiam ser adicionados ao longo do jogo para aumentar a dificuldade, tais como a mistura do som de instrumentos com ruídos sonoros, além do aumento no número de possibilidades de acorde, com variações em relação aos acordes mais comuns, o que tornaria a experiência de jogatina mais próxima da experiência real do uso do ouvido relativo.

Foram também aplicadas as diretrizes dos modelos GameFlow e EGameFlow, considerando os quatro elementos principais — mecânica, história, estética e tecnologia — somados ao propósito educacional, característico dos jogos sérios (Machado; Costa; Moraes, 2018). A mecânica foi diretamente conectada ao conteúdo pedagógico, pois o jogador deve ajustar sua posição de acordo com as mudanças de acordes dentro do tom, exercitando o reconhecimento auditivo dos graus musicais. A história integra esse processo ao apresentar o ouvido relativo como uma habilidade rara e essencial para o avanço da missão, valorizando a capacidade auditiva dentro do enredo. A tecnologia, por sua vez, foi fundamental para viabilizar a manipulação e reprodução dos áudios gravados, a emissão de sinais ("signals") e o controle dos eventos de jogo, que orientam as transições de fase e a avaliação das respostas do jogador. A estética, entretanto, não foi associada ao conteúdo musical de forma funcional, sendo utilizada apenas como recurso visual complementar.

Em relação às dinâmicas motivacionais do Octalysis Framework (Chou, 2013), foi explorado o núcleo de "significado e chamado épico", evidenciado na caracterização do protagonista — o Detetive Sonora — como o único capaz de resolver a missão, conforme visto na figura (Apêndice A Figura 5), reforçando o sentimento de importância e propósito no jogador. A aplicação deste conceito focou no elemento de "herói da humanidade", ao posicionar o personagem como indispensável dentro do contexto narrativo. Outros elementos motivacionais, como "elitismo", "sorte de principiante" e "almoço grátis", não foram empregados, por não se adequarem à natureza pedagógica da proposta. A escolha por restringir o uso desses elementos se deu pelo escopo do projeto, que foi mantido para garantir o nível de complexidade adequado e não desviar o foco do jogo sério.

A narrativa distribuída (Naul; Liu, 2020) foi outro ponto de destaque, pois os diálogos e eventos se desenvolvem ao longo das fases, pro-

movendo continuidade e ampliando o engajamento do jogador sem comprometer o objetivo educacional. O significado das ações (Pescarin; Pandiani, 2022) também foi cuidadosamente mantido: cada evento narrativo e mecânico possui uma justificativa dentro do universo do jogo, evitando elementos descontextualizados ou sem sentido, o que reforça o senso de coerência e propósito pedagógico.

Em síntese, o resultado da aplicação desses conceitos evidenciou o potencial das metodologias de design de jogos para o ensino musical. Ainda que alguns elementos tenham sido apenas parcialmente implementados ou excluídos por limitações de escopo, o protótipo apresentou coerência entre mecânica, narrativa e objetivo educacional, cumprindo boa parte dos requisitos de jogos sérios. O projeto demonstrou que é possível aliar o desenvolvimento do ouvido relativo a uma experiência engajante e significativa, apoiada em fundamentos sólidos de design, tecnologia e pedagogia.

## **5 CONCLUSÃO**

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo a criação de um protótipo de jogo sério voltado para o aprimoramento do ouvido relativo. Para isso, buscou-se identificar um método consolidado de ensino dessa habilidade auditiva para fundamentar o desenvolvimento do protótipo, o que resultou na adoção da repetição como método de ensino; analisar jogos sérios correlatos, que foram utilizados para comparação de resultados; elaborar diagramas de engenharia de software, que guiaram a execução do projeto para o seu pleno funcionamento; e aplicar diretrizes reconhecidas do design de jogos, equilibrando os aspectos lúdicos e pedagógicos, o que foi realizado utilizando uma mecânica diretamente conectada ao conteúdo proposto e uma narrativa contínua. A partir dessa proposta, foi possível conceber um jogo que alia diferentes conceitos do design de jogos para trabalhar uma habilidade musical auditiva.

A solução desenvolvida cumpre os requisitos de um jogo sério, com enfoque tanto no entretenimento quanto na aprendizagem musical. O protótipo mostrou-se funcional e apresenta fases interligadas, narrativas envolventes e mecânicas que incentivam a repetição auditiva, aproximando-se das metodologias de ensino tradicional do ouvido relativo, mas em um formato mais acessível e motivador para o público-alvo. A comparação com trabalhos correlatos reforça o ineditismo da proposta, visto que ainda não haviam sido encontrados projetos com foco específico no desenvolvimento



do ouvido relativo.

Para a implementação, foram empregadas estruturas fundamentais da engenharia de software, como diagramas de classes, atividades e estados, que auxiliaram na modelagem do comportamento do sistema e na definição das interações entre os nós da engine. O uso do sistema de "signals" do Godot foi essencial para a comunicação desacoplada entre entidades, garantindo um fluxo reativo de execução típico de sistemas orientados a eventos. A manipulação dos áudios gravados e processados pelo autor envolveu o controle programático de reprodução, sincronização e randomização em tempo de execução, destacando o domínio técnico sobre o processamento sonoro e a integração de mídias digitais no ambiente de desenvolvimento.

Durante a execução do projeto, algumas dificuldades se destacaram, como a gravação dos sons e a inserção dos áudios no código, que exigiram cuidados técnicos para garantir qualidade e coerência pedagógica; a implementação da detecção de colisões, que precisou respeitar com precisão o contorno do personagem principal; o desafio de manter a organização do código à medida que o sistema crescia em complexidade; e o aprendizado necessário para o pleno desenvolvimento utilizando o motor Godot Engine. Todas essas barreiras foram superadas com soluções técnicas e adaptações no processo de desenvolvimento, representando também importantes aprendizados adquiridos ao longo da pesquisa.

Para os áudios utilizados no projeto, preferiu-se o formato WAV para evitar a perda de qualidade durante a reprodução do som. Como consequência disso, o jogo final exigiu mais espaço em disco; porém, esta métrica não foi levada em conta para este projeto, já que ainda pode ser considerado leve se comparado a outros títulos. Quanto à organização do código, optou-se por utilizar uma estrutura de pastas que separou o projeto em módulos e agrupou os arquivos que eram semelhantes nesse sentido. Isso garantiu uma experiência fácil ao buscar arquivos de um mesmo contexto. A documentação e os tutoriais disponíveis no próprio site do motor Godot Engine foram suficientes para adquirir todo o conhecimento necessário para a execução do projeto, com exceção de dúvidas pontuais que exigiram ajuda externa. Por ser um motor bem conhecido, a quantidade de conteúdo disponível sobre ele também é extensa, seja por meio de vídeos ou cursos especializados.

Como ponto negativo, destaca-se que o ambiente de desenvolvimento integrado do motor não foi suficiente para suprir as necessidades

do programador. A falta de funções básicas, como a refatoração de nomes de variáveis e a busca por todas as referências a um trecho de código, foram atenuantes e forçaram a utilização de um meio externo, o Visual Studio Code, para a continuidade do projeto. Apesar dessas limitações, destaca-se positivamente o fácil acesso à documentação oficial do motor ao utilizar os nós dentro dos arquivos de código.

Quanto às limitações do trabalho, ressalta-se que o protótipo ainda não foi submetido a testes empíricos com potenciais jogadores, o que impossibilita avaliar de forma objetiva o impacto pedagógico do jogo no desenvolvimento do ouvido relativo. Assim, como perspectiva de trabalhos futuros, propõe-se a realização de estudos experimentais em contextos sérios para medir a eficácia da ferramenta, bem como a pesquisa sobre quais ferramentas e motores de jogos se adaptam melhor às necessidades específicas dos jogos sérios. Além disso, há espaço para investigar a integração de frameworks de gamificação adicionais que potencializem ainda mais o engajamento dos jogadores. Semelhantemente, outros projetos também podem ampliar o escopo deste trabalho por meio da investigação de outros conhecimentos e habilidades musicais que podem ser trabalhados em jogos sérios.

Conclui-se, portanto, que este trabalho contribui para a área de jogos sérios e educação musical ao apresentar uma solução inovadora e promissora para o ensino do ouvido relativo. O protótipo aqui desenvolvido abre caminho para novas pesquisas e aplicações práticas que podem fortalecer o uso de tecnologias digitais como apoio ao ensino de música, aproximando os estudantes de uma experiência de aprendizagem mais motivadora, interativa e significativa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. L. F. d. et al. Diretrizes para o design de jogos sérios educativos com foco na satisfação do jogador. **Universidade Federal da Paraíba**, Universidade Federal da Paraíba.

BARATÈ, A.; BERGOMI, M. G.; LUDOVICO, L. A. Development of serious games for music education. **Journal of e-Learning and Knowledge Society**, v. 9, n. 2.

BUENO, E. D.; BEDER, D. M.; OTSUKA, J. L. Recomendações de design para promover o engajamento em jogos digitais educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, SBC, p. 415–426.

CHOU, Y.-k. The 8 core drives of gamification (# 1): Epic meaning & calling. **Yu-Kai Chou: Gamification & Behavioral Design**.

FERRONI, T. et al. Impacto da gamificação na motivação e engajamento em cursos de saúdeimpact of gamification on motivation and engagement in health coursesimpacto de la gamificación en la motivación y el compromiso en cursos de saludimpacto da gamificação na motivação e engajamento em cursos de saúde. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218**, v. 5, p. e5126053.

FITTIPALDI, M. M. Comparação entre os motores de jogo unity, godot e gamemaker: um estudo de caso. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Recife, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação). Acesso em 14 out. 2025. Disponível em: <<https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/6001>>.

FRAGELLI, R. R.; RUSKOWSKI, B. d. O. Design de jogos sérios: motivadores humanos com intencionalidade pedagógica. **Universidade de Brasília**, Universidade de Brasília, Departamento de Design.

GERMANO, N.; COGO-MOREIRA, H.; BORTZ, G. Ouvido relativo: Definição, relevância para a percepção musical e inter-relações com o ouvido absoluto. **Research Gate**.

GONÇALVES, E. M. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Computação), **Godot Game Engine: um motor de jogo livre como ferramenta para criação de apps educacionais**. 2018. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://portal.ifto.edu.br/porto/campus-porto/ensino/biblioteca/acervo/trabalho-de-conclusao-de-curso-tcc/licenciatura-em-computacao/2018/tcc-elisama-martins-goncalves.pdf>>.

HANSBERRY, B. What are scale-degree qualia? **Music Theory Spectrum**, v. 39, n. 2, p. 182–199. ISSN 0195-6167. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/mts/mtx014>>.

KLEIN, J.; GOLDMEYER, M. C. Estratégias para engajamento: a importância do uso de métodos mobilizadores e impactantes na sala de aula. **Revista Acadêmica Licenciaturas**, v. 12, n. 2, p. e332. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://ws2.institutoivoti.com.br/ojs/index.php/licenciaeacturas/article/view/332>>.

LIMA, W. G. d. Musicália-concepção e desenvolvimento de um jogo para iniciação musical. **Universidade Federal de Ouro Preto**.

MACHADO, L. S.; COSTA, T. d. L.; MORAES, R. d. Multidisciplinaridade e o desenvolvimento de serious games e simuladores para educação em saúde. **Revista Observatório**, v. 4, n. 4, p. 149–172.

NASCIMENTO, J. M. Percepção musical: o desenvolvimento do ouvido relativo e suas particularidades. **Música em Foco**, v. 2, n. 1. Acesso em:

14 out. 2025. Disponível em: <<https://www.periodicos.ia.unesp.br/index.php/musicaemfoco/article/view/546>>.

NAUL, E.; LIU, M. Why story matters: A review of narrative in serious games. **Journal of Educational Computing Research**, v. 58, n. 3, p. 687–707. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0735633119859904>>.

OGATA, B.; SOUSA, S. A música em jogo: explorando o potencial dos jogos digitais na educação musical. **Em Teia | Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, v. 15, p. 98–119.

OGATA, B. de O.; SOUSA, S. de O.; VARGAS, V. F. Impactos da formação continuada com jogos digitais para o ensino de música: Um estudo colaborativo. **Linguagens, Educação e Sociedade**, v. 28, n. 56, p. 1–30. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.ufpi.br/index.php/lingedusoc/article/view/4967>>.

OTONDO, F. et al. Enhancing music rhythmic perception and performance with a vr game. **Virtual Reality**, Springer. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10055-024-01014-y>>.

PALHA, G. d. S. et al. **Serious games: uma abordagem conceitual da aprendizagem baseada em jogos no ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

PESCARIN, S.; PANDIANI, D. S. M. The impact of story structure, meaningfulness, and concentration in serious games. **Information**, v. 13, n. 12. ISSN 2078-2489. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2078-2489/13/12/567>>.

PINO, A. L. A.; DIAS, F. **Melodia: Um Jogo SériO para o Ensino Inicial de Teoria Musical a Pessoas com Deficiência Intelectual**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação)) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Cornélio Procópio, 2021. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26483>>.

RANAWEERA, M.; MAHMOUD, Q. H. Deep reinforcement learning with godot game engine. **Electronics**, v. 13, n. 5. ISSN 2079-9292. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-9292/13/5/985>>.

RODRIGUEZ-CALZADA, L.; PAREDES-VELASCO, M.; URQUIZA-FUENTES, J. The educational impact of a comprehensive serious game within the university setting: Improving learning and fostering motivation. **Heliyon**, Elsevier, v. 10, n. 16.

RODRIGUEZ, K. **The Importance of Ear Training**. [S.l.]: Music and Language, 2023.

SATIR, U. K.; CAN, A. A. Design and development of a mobile game for music education in primary schools. **Global Journal of Design Art and Education**, v. 14, n. 1, p. 33–44. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <https://un-pub.eu/ojs/index.php/gjae/article/view/9282>.

SILVA, J. B. d.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. d. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 41, p. e20180309.

SLOMP, C. L.; LADEIRA, R. de la R. Conhecendo a programação orientada a eventos. **Anais da Mostra de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cidadania (MEPEC)-ISSN 2596-0954**, v. 6.

SYLVESTRE, H. Educomunicação: jogos eletrônicos como ferramenta de ensino e aprendizagem. **Anuário Unesco/Umesp de comunicação regional**, v. 27, p. 19–27.

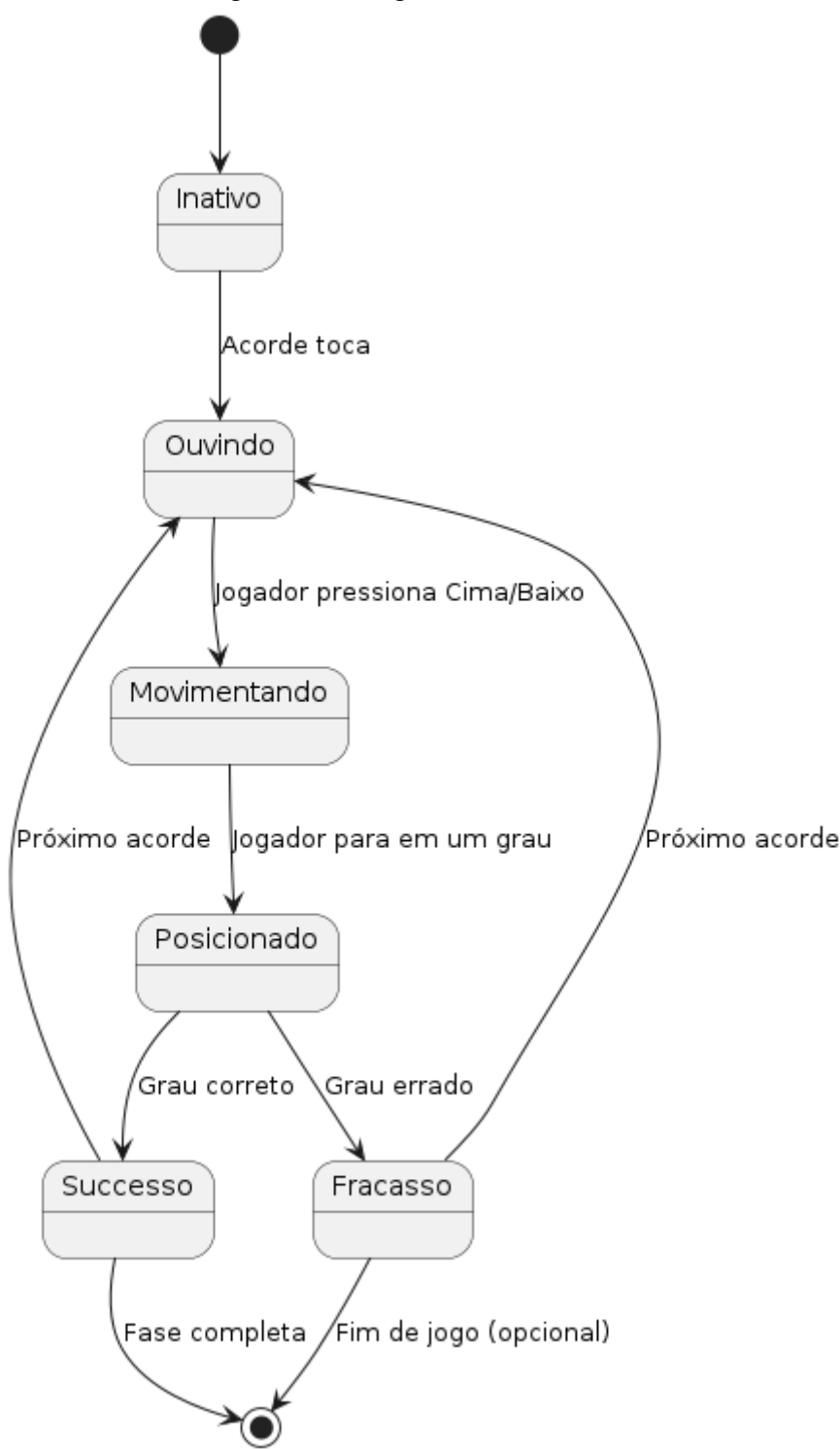
TOPICS, S. **Applications of Object-Oriented Programming (OOP)**. 2023. Acesso em: 25 abr. 2025. Disponível em: <https://www.scaler.com/topics/applications-of-oop/>.

ULLMANN, G. C. et al. **SyDRA: An Approach to Understand Game Engine Architecture**. 2024. Acesso em: 14 out. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2406.05487>.

VALE, B. G. do et al. Avaliação do impacto emocional e de desempenho em jogos sérios para o desenvolvimento do pensamento computacional na educação inclusiva. **Anais do Computer on the Beach**, v. 11, p. 505–512. Acesso em: 14 out. 2025.

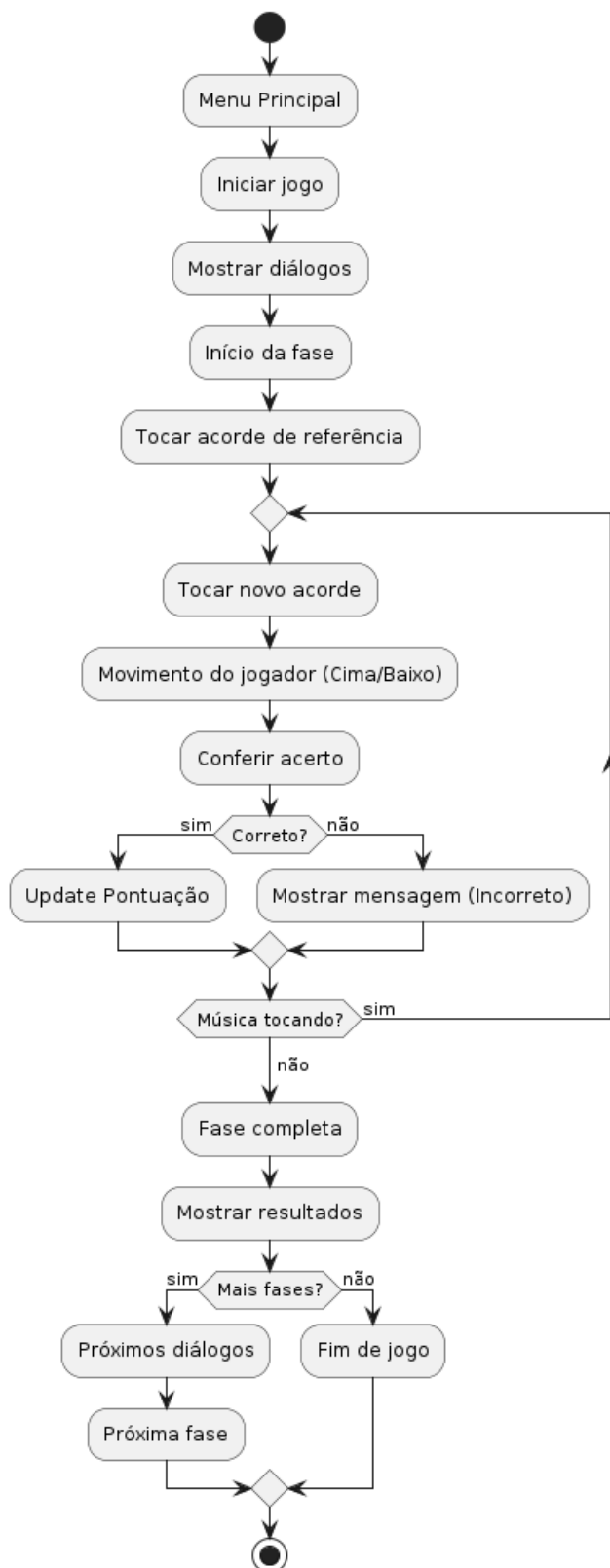
A APÊNDICE

Figura 2 - Diagrama de estados



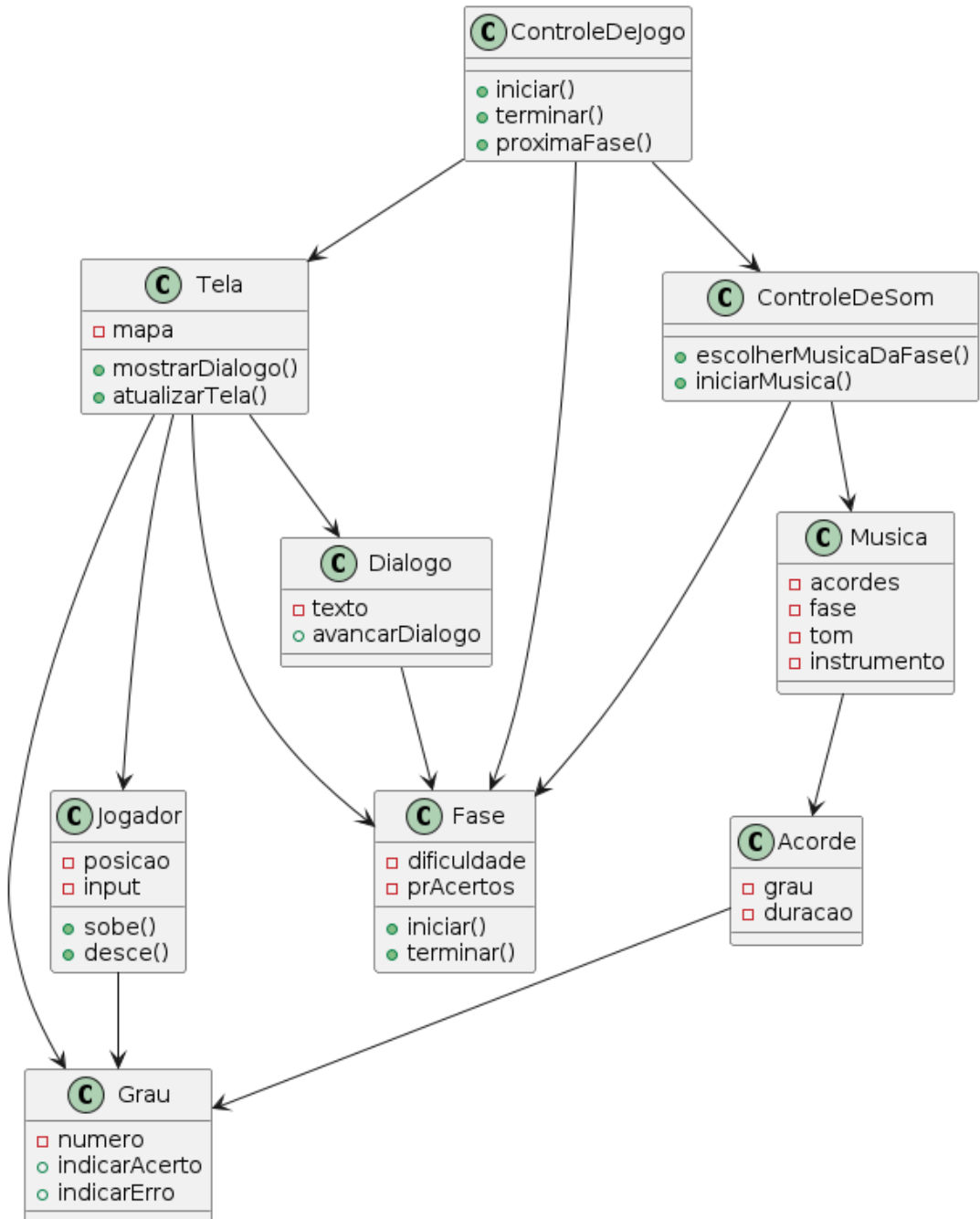
Fonte: Do autor.

Figura 3 - Diagrama de atividades



Fonte: Do autor.

Figura 4 - Diagrama de classes



Fonte: Do autor.

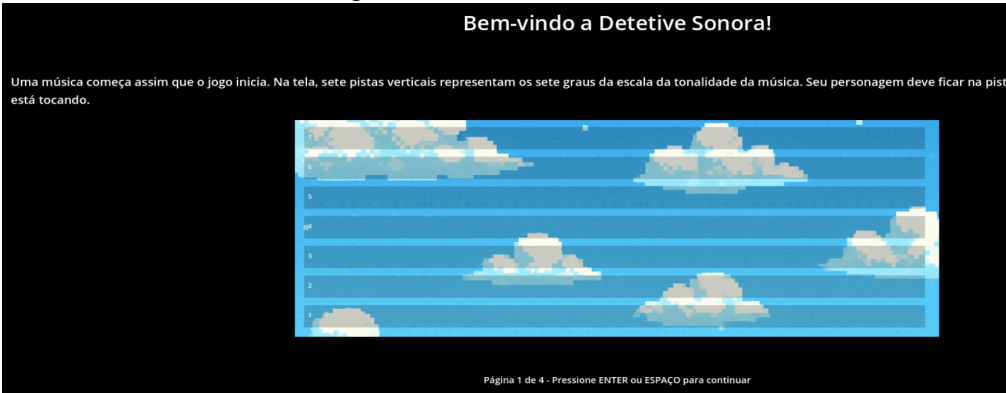
Figura 5 - Exemplo de diálogo

Secretário: Certo, então... O senhor é a única pessoa capaz de fazer isso.

Fonte: Do autor.

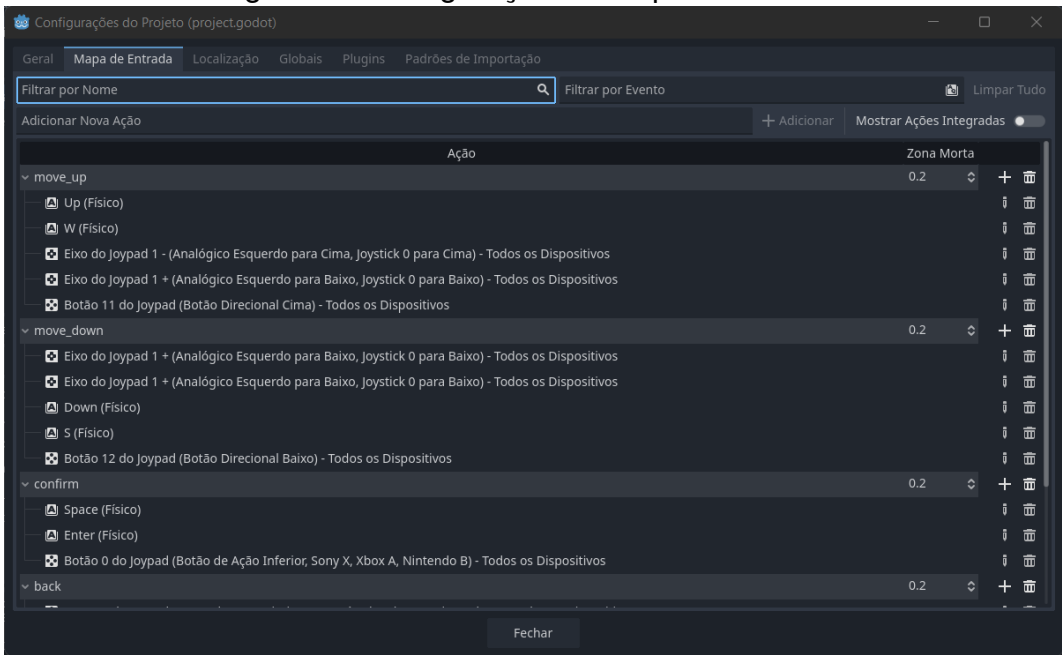


Figura 6 - Início do tutorial



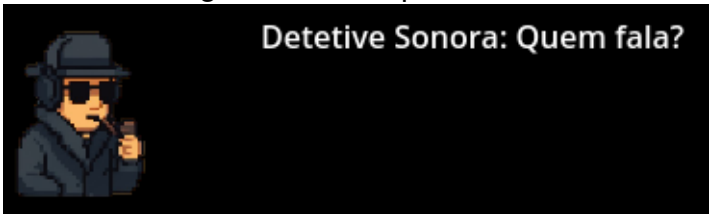
Fonte: Do autor.

Figura 7 - Configuração do mapa de entrada



Fonte: Do autor.

Figura 8 - Exemplo de fala



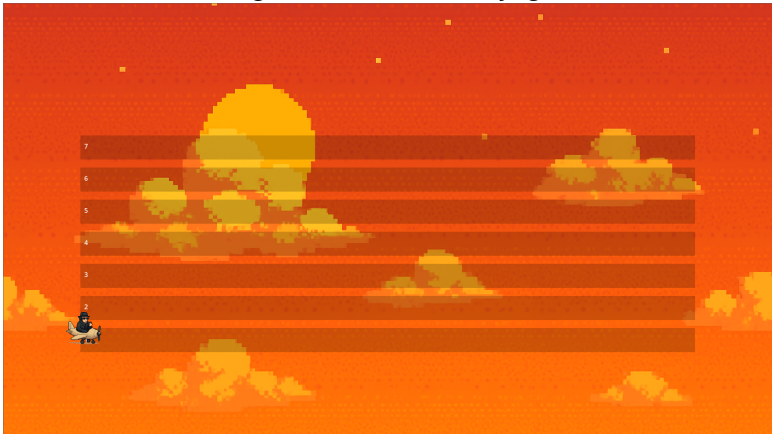
Fonte: Do autor.

Figura 9 - Personagem principal



Fonte: Do autor.

Figura 10 - Tela de jogo



Fonte: Do autor.