

INSTITUIÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS (ICEX)  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA (DF)  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

**JOGO DIDÁTICO BAT E VOLTA – CURTA ESSA ONDA!**

**THIAGO FERREIRA COUTO**

Thiago Ferreira Couto

## JOGO DIDÁTICO BAT E VOLTA – CURTA ESSA ONDA!

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **Gamificação e robótica educacionais no ensino de ondulatória no ensino Médio: desenvolvimento e avaliação de uma intervenção pedagógica**, elaborada no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 28 – UNIFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. João Vicente Zampieron

Alfenas - MG

2025

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Criador e meu Deus, fonte de toda sabedoria e luz, por guiar meus passos e me conceder força nos momentos de dúvida e serenidade nas horas de incerteza.

Ao meu pai (in memoriam), cuja presença permanece viva em minha memória e em cada conquista que alcanço; seus conselhos e exemplo continuam a ser meu alicerce silencioso. À minha mãe, pelo amor incondicional, paciência e fé que sustentam meus dias; e à minha irmã, companheira de jornada, por seu apoio, carinho e incentivo constante.

Agradeço com gratidão profunda aos meus professores, que me inspiraram a trilhar o caminho do conhecimento e a acreditar que ensinar é um ato de eternidade. Cada lição transmitida foi uma semente plantada em meu espírito curioso.

E, por fim, ao meu orientador, cuja orientação sábia, paciência e confiança foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sua dedicação e exemplo de compromisso acadêmico reforçaram em mim a importância de unir rigor científico à paixão pelo ensino.

A todos, minha sincera gratidão — por acreditarem, apoiarem e fazerem parte desta caminhada que é, acima de tudo, um ato de fé e amor pela ciência.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## Sumário

APRESENTAÇÃO.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
1 – PRODUTO EDUCACIONAL .....	7
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	9
3 – DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	33
ANEXOS.....	40

## APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional visa desenvolver atividades didáticas no âmbito do ensino de Física, especificamente sobre ensino de ondulatória – que se insere na Mecânica das Ondas – e representa um dos desafios mais significativos no Ensino Médio. Caracterizado por sua natureza altamente abstrata e complexa, o tema frequentemente se apoia em um formalismo matemático que dificulta a visualização fenomenológica, resultando em baixo engajamento e superficialidade na aprendizagem dos estudantes.

As propostas aqui feitas são de caráter construtivista, objetivando ajudar os estudantes a desenvolverem a capacidade de abstração da teoria física apresentada para a criação de modelos idealizados, passíveis de solução.

O produto é destinado para estudantes do Ensino Médio, diante da necessidade de superar as barreiras conceituais inerentes à Ondulatória e promover uma aprendizagem mais eficaz e significativa, este estudo se concentra na utilização de metodologias ativas e partiu de uma questão norteadora: “de que maneira a articulação entre a Gamificação e a Cultura *Maker*, mediada por um jogo de tabuleiro temático, pode impactar o engajamento e a compreensão dos conceitos de Ondulatória por estudantes do Ensino Médio? Daí surgiu a motivação para a criação deste “jogo de tabuleiro”, uma linguagem criativa e mais próxima da realidade dos estudantes desta geração.

A premissa central desta pesquisa é que a forma mais eficaz de abordar a complexidade da Ondulatória é através da ludicidade e da experimentação prática. Para isso, propõe-se a aplicação de um método em três fases, centrado no jogo "Bate e Volta: Curta Essa Onda", nome que faz alusão ao fenômeno da ecolocalização (presente em morcegos, sonares e ultrassom).

## INTRODUÇÃO

O desafio da Ondulatória, com sua resistência à tangibilidade, exige um salto metodológico. A premissa central desta pesquisa é a de que a forma mais eficaz de quebrar o gelo da abstração reside na sinergia entre o Lúdico e a Experimentação Prática. Propõe-se, assim, uma jornada de três atos que transformam o estudante em explorador, jogador e construtor, centrada no jogo "Bat e Volta: Curta Essa Onda" – uma homenagem sonora e física ao fenômeno da ecolocalização (morcegos, sonares e ultrassom).

A primeira etapa é realizar uma Avaliação Diagnóstica. O Mapa do Conhecimento. A “aventura” começa com o mapeamento do terreno cognitivo. Longe de ser um teste punitivo, a Avaliação Diagnóstica atua como um farol inicial. Os estudantes respondem a um questionário padronizado sobre os fundamentos da Ondulatória, permitindo-nos traçar a latitude e a longitude exatas do conhecimento prévio da turma. É o ponto zero, a partir do qual será medida a amplitude da onda de aprendizagem.

Em seguida acontece a Intervenção Gamificada. A Trilha Senoidal. O coração da metodologia reside no Tabuleiro "Bat e Volta", cuja trilha é desenhada não em linhas retas, mas no próprio formato da onda senoidal. A jornada se desdobra em:

1. Propagação Lúdica: O dado rege o avanço, simulando a propagação da onda no espaço de forma imprevisível e envolvente.
2. A Reflexão Cognitiva: A cada parada, o jogador não avança sem mérito. Ele deve retirar uma carta-desafio e confrontar uma pergunta conceitual sobre ondulatória. O acerto é o passaporte para a progressão; o erro, uma pausa forçada que exige a reflexão imediata sobre o conteúdo.
3. O Salto para o *Maker*: O sucesso é monetizado. O jogador é recompensado com "moedas" (capital gamificado), que neste caso é denominado de Pi ( $\pi$ ), que transcendem a pontuação final. Essas moedas são a chave para destravar a última etapa.

Entrando no que foi denominado Cultura *Maker*, essa etapa é constituída de um experimento real sobre a Materialização da Onda. O clímax da experiência transforma o conhecimento abstrato em artefato funcional. As “moedas” acumuladas no jogo são

imediatamente investidas na aquisição de itens de um catálogo – peças, equipamentos e manuais – essenciais para a fabricação de um protótipo tecnológico: a Trena Ultrassônica.

Esta fase concretiza o conceito de "Bat e Volta". Os alunos saem da teoria e aplicam os princípios de emissão e recepção de ondas para construir um dispositivo que mede a distância via eco. A trena se torna a prova física e palpável de que a onda, antes invisível e complexa, pode ser dominada e controlada. Essa abordagem metodológica forja um ciclo virtuoso. O *design* do jogo dispara o engajamento e o conflito cognitivo e a aquisição de capital motiva a Cultura *Maker* e a construção do artefato garantem a aplicação prática e a compreensão profunda do conteúdo, mitigando a dificuldade inerente à abstração da Ondulatória.

## **1 – PRODUTO EDUCACIONAL**

O estudo aqui relatado se caracteriza como um experimento com um grupo de estudantes de uma turma do Ensino Médio. Por se tratar de uma pesquisa de natureza aplicada, fundamentalmente qualitativo e interpretativo, o foco desta análise não está em médias estatísticas de desempenho, mas sim no processo de construção do conhecimento, no engajamento subjetivo e nas dificuldades conceituais que a metodologia ajuda a superar.

Os dados (desempenho no jogo e observações) são analisados por meio de uma discussão dialógica com o referencial teórico (Construtivismo, Construcionismo, e autores da área de Ensino de Física), verificando se a intervenção funciona conforme proposto pela teoria. Portanto, não cabe à randomização no delineamento metodológico, por se tratar de um grupo pré-selecionado, a escolha de uma turma participante de alunos.

O estudo foi concentrado na aplicação da metodologia em uma única turma. A eficácia da intervenção é medida comparando-se o conhecimento do grupo com ele mesmo e, principalmente, avaliando o processo de aprendizagem e o engajamento à luz da fundamentação teórica. A análise, neste caso, é baseada na validade interna da intervenção, e não em uma generalização estatística.

### **Justificativa e Metodologia Proposta**

A premissa central desta pesquisa é que a forma mais eficaz de abordar a complexidade da Ondulatória é através da ludicidade e da experimentação prática. Para

isso, propõe-se a aplicação de um método em três fases, centrado no jogo "Bate e Volta: Curta Essa Onda", nome que faz alusão ao fenômeno da ecolocalização (presente em morcegos, sonares e ultrassom).

#### Fase I: Aulas Expositivas

O processo se inicia com aulas expositivas que objetivam fornecer uma prévia dos conceitos mais importantes de ondulatória.

#### Fase II: Intervenção Gamificada (O Jogo "Bat e Volta")

A turma é introduzida ao jogo de tabuleiro "Bat e Volta", cuja trilha é desenhada em formato de onda senoidal. A metodologia do jogo consiste em:

1. **Movimentação:** Os participantes jogam um dado e avançam casas ao longo da trilha ondulatória.
2. **Desafio Cognitivo:** Ao parar em uma casa, o jogador deve retirar uma carta e responder corretamente a uma pergunta sobre conceitos de ondulatória.
3. **Progressão:** O acerto permite a progressão; o erro, o retrocesso, garantindo o ciclo de tentativa e erro.
4. **Recompensa e Transição *Maker*:** Ao chegar ao final do percurso, o jogador é recompensado com "moedas" (pontuação gamificada). Essas moedas não apenas definem a vitória no jogo, mas servem como capital de troca para a fase seguinte.

#### Fase III: Cultura *Maker* e Aplicação Prática

As moedas acumuladas são utilizadas pelos estudantes para adquirir itens em um catálogo virtual que contém peças, equipamentos e manuais para a fabricação de um protótipo, como uma trena (baseada em ultrassom). Esta fase concretiza a Cultura *Maker*, transformando o conhecimento adquirido no jogo em uma aplicação prática. Os alunos, trabalhando com o manual e os "equipamentos" adquiridos, saem do plano abstrato do jogo e aplicam os princípios de emissão e recepção de ondas na criação de um artefato funcional. Essa abordagem não só aumenta o engajamento através do *design* de jogos,

mas também garante a compreensão e a aplicação prática do conteúdo, mitigando a dificuldade inerente à abstração da Ondulatória.

## 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A compreensão das bases teóricas que sustentam o ensino de Física mediado por jogos, robótica e elementos de gamificação requer uma análise comparativa entre os paradigmas educacionais abordados. Cada corrente — Construtivismo e Construcionismo — oferece uma lente distinta para interpretar o processo de ensino-aprendizagem e para orientar as práticas pedagógicas. Em conjunto, elas delineiam um panorama complexo de possibilidades e limites que fundamentam a presente proposta de pesquisa.

A proposta do jogo “**Bat e Volta – Curta Essa Onda!**”, que integra princípios da gamificação e da robótica educacional, dialoga com diferentes concepções teóricas, combinando reforço, mediação e construção ativa do conhecimento. O objetivo da análise comparativa é evidenciar como essas teorias convergem para sustentar o projeto — seja pela ênfase na construção cognitiva (construtivismo e aprendizagem significativa), ou na criação concreta (construcionismo) e também apontar onde se manifestam tensões epistemológicas entre controle e autonomia, entre ensino programado e aprendizagem criativa.

O delineamento da proposta didática que utiliza o jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!" e a Cultura *Maker* não se restringe a uma única linha teórica, mas se sustenta na sinergia complementar entre o Construtivismo e o Construcionismo. Essa articulação é essencial para garantir que a aprendizagem da Ondulatória seja, simultaneamente, um processo de reestruturação interna e de concretização externa do saber.

O Construtivismo como Fundamento Cognitivo (Piaget, 1976; Bruner, 1976) oferece a base epistemológica, ao requerer que a aprendizagem seja um processo ativo de construção mediado pela reorganização dos esquemas mentais. Sua contribuição direta à proposta é garantir que o professor atue como mediador, criando desafios que gerem o desequilíbrio cognitivo no aluno.

O design gamificado do jogo "Bate e Volta" materializa essa necessidade: o avanço no tabuleiro depende da resposta correta às cartas-desafio, forçando o estudante a reestruturar o conhecimento (acomodação) para superar o obstáculo e prosseguir. O jogo transforma o desafio conceitual em um imperativo lúdico.

O Construcionismo como Extensão Metodológica e Aplicada (Papert, 1993, Blikstein, 2013) surge como a metodologia aplicada que potencializa o Construtivismo. Ele enfatiza que o aprendizado é particularmente eficaz quando ocorre durante a construção de um artefato concreto e significativo.

Essa perspectiva sustenta a fase da Cultura *Maker* e da robótica. O conhecimento teórico, que o aluno demonstra ao vencer o jogo e acumular pontos " $\pi$ \$" (valor monetário determinado pela regra), é imediatamente traduzido em ação: a construção e programação da Trena Digital Ultrassônica. O aluno, agora um Criador, aplica os conceitos de reflexão e velocidade da onda para fazer o sensor ultrassônico funcionar.

Embora os paradigmas partam de premissas distintas, há um eixo comum que converge para o protagonismo do aluno. No construtivismo e no construcionismo, essa lógica é superada pela autonomia cognitiva e criativa, em que o aluno não apenas responde, mas cria e transforma o ambiente de aprendizagem.

No contexto do ensino de Física mediado por tecnologias e jogos, essas abordagens formam um continuum pedagógico que vai do controle ao diálogo, da repetição à criação. A proposta do jogo "**Bat e Volta – Curta Essa Onda!**" materializa essa integração ao combinar elementos de reforço (pontuação, desafios), construção ativa (montagem de dispositivos robóticos) e mediação coletiva (trabalho em grupo e discussão dos resultados). Assim, o produto educacional se apoia em uma epistemologia híbrida, capaz de equilibrar estrutura e liberdade.

Por outro lado, as tensões entre as abordagens não devem ser ignoradas. O desafio reside em evitar que os mecanismos de recompensa típicos da gamificação sejam reduzidos a incentivos comportamentais, comprometendo a dimensão crítica e reflexiva da aprendizagem. Dessa forma, o projeto assume um caráter integrador, em que o fazer, o pensar e o interagir constituem dimensões inseparáveis do processo educativo.

Nesse sentido, a análise revela que a proposta da dissertação encontra sustentação teórica em múltiplos referenciais que se complementam e tensionam entre si. A coerência epistemológica do trabalho reside justamente nessa articulação: A proposta adota a ótica

construtivista — ao assumir que a aprendizagem é um processo ativo de construção mediado pela reorganização dos esquemas mentais — e a amplia com o Construcionismo, que exige que o aluno materialize esse processo na criação de artefatos concretos. A integração dessas perspectivas configura um referencial pedagógico robusto, plural e adaptável às exigências do ensino de Física contemporâneo.

### **Estudos Anteriores e Meta-análises: Jogos no Ensino de Física**

O uso de jogos no ensino de Física vem sendo explorado nas últimas duas décadas como estratégia para aproximar o conhecimento científico das vivências cotidianas dos estudantes. Pesquisas nacionais e internacionais apontam que o jogo, ao conjugar ludicidade e desafio cognitivo, pode potencializar a aprendizagem conceitual, a motivação e o pensamento crítico. De acordo com Prensky (2010), as novas gerações aprendem por meio de experiências interativas, nas quais o erro e o acerto fazem parte de um ciclo contínuo de descoberta. Assim, o jogo não é mero entretenimento, mas uma linguagem pedagógica alinhada à cultura digital.

Diversos estudos têm investigado a integração da gamificação e da robótica no ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), evidenciando os benefícios dessa abordagem para a aprendizagem dos estudantes. Por exemplo, Alves (2018) desenvolveu uma pesquisa sobre a aplicação da gamificação na educação e concluiu que "a gamificação pode ser uma ferramenta poderosa para melhorar a experiência de aprendizagem, tornando-a mais envolvente e divertida" (ALVES, 2018, p. 99).

Além disso, Andriola (2021) realizou um estudo comparativo sobre os impactos da robótica no ensino básico e observou que "a robótica educacional contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, além de aumentar o interesse dos alunos pelas disciplinas de STEM" (ANDRIOLA, 2021, p. e21050).

No que diz respeito ao ensino de Ondulatória, Pereira, Fusinato e Neves (2009) desenvolveram um jogo de tabuleiro para auxiliar na compreensão dos conceitos de ondas e relataram que "o jogo possibilitou ao aluno aprender conceitos teóricos de Física ao mesmo tempo em que joga" (PEREIRA; FUSINATO; NEVES, 2009, p. 5).

Esses estudos indicam que a combinação de gamificação e robótica pode ser uma estratégia eficaz para o ensino de ondulatória, promovendo um aprendizado mais significativo e engajador para os estudantes.

Mattar (2010) sustenta que os jogos digitais e analógicos contribuem para transformar a relação do aluno com o conhecimento científico, deslocando-o da passividade para a ação. Em vez de receptor de informações, o estudante torna-se explorador de fenômenos, reproduzindo o método científico em contextos simulados. Essa visão redefine o papel do professor, que passa a atuar como designer de experiências e mediador do aprendizado, construindo pontes entre o mundo virtual e o real.

Os games possuem um enorme potencial educacional. Eles desenvolvem habilidades cognitivas, promovem o engajamento e estimulam a resolução de problemas de maneira ativa e prazerosa. O que se aprende jogando tende a ser retido por mais tempo porque está associado à emoção e ao significado (MATTAR, 2010, p. 33).

As pesquisas meta-analíticas sobre jogos no ensino de Física revelam resultados consistentes quanto à melhoria da compreensão conceitual. Em revisão conduzida por Prensky (2010), diversos estudos mostram ganhos significativos na aprendizagem de temas complexos, como cinemática, termodinâmica e ondas, quando abordados em contextos gamificados. O autor destaca que o design dos jogos educativos deve equilibrar prazer e propósito, evitando que o estímulo lúdico se sobreponha à intencionalidade pedagógica.

Zichermann e Cunningham (2011) complementa essa análise ao discutir o papel da **gamificação** — ou seja, o uso de elementos de jogos em contextos não lúdicos. Ele argumenta que a gamificação amplia o engajamento dos alunos, pois aproveita mecanismos motivacionais universais, como progressão, feedback e recompensa. No entanto, alerta que o foco deve estar na experiência de aprendizagem, e não apenas na pontuação, para que o jogo não se torne superficial.

A Física, por exigir abstração e modelagem matemática, tradicionalmente enfrenta resistência dos estudantes. Jogos bem planejados podem atenuar essa dificuldade, pois permitem que o aluno visualize fenômenos, teste hipóteses e receba feedback imediato sobre suas ações (PRENSKY, 2010). Essa dinâmica aproxima o ensino de uma prática

investigativa e experimental, ao mesmo tempo em que torna o conteúdo mais significativo.

Pesquisas empíricas citadas por Mattar (2010) mostram que alunos submetidos a intervenções baseadas em jogos apresentam maior retenção conceitual e maior interesse pela disciplina. Os games atuam sobre dimensões cognitivas e afetivas do aprendizado, equilibrando desafio e competência. Isso se alinha à teoria do *flow*, de Csikszentmihalyi, segundo a qual o estado ideal de aprendizagem ocorre quando o desafio é proporcional à habilidade do sujeito.

O segredo do aprendizado por meio dos games está na alternância entre tentativa e erro, na superação de obstáculos e na sensação de progresso constante. O jogador aprende porque quer vencer, e o ato de vencer envolve compreender as regras subjacentes, que, no contexto educacional, são as leis científicas (PRENSKY, 2010, p. 42).

Zichermann e Cunningham (2011) demonstra que a eficácia dos jogos educativos depende da qualidade do design instrucional. A simples presença de elementos de recompensa não garante aprendizado. É preciso que as mecânicas do jogo estejam coerentemente associadas aos objetivos pedagógicos e que as tarefas representem desafios cognitivos autênticos. No caso da Física, isso significa criar situações de jogo que simulem leis de movimento, conservação de energia ou fenômenos ondulatórios.

O interesse crescente pelo tema motivou o surgimento de diversas meta-análises. Mattar (2010) revisou pesquisas realizadas entre 2000 e 2009 e concluiu que a combinação entre ludicidade e conteúdo disciplinar gera ganhos de desempenho de até 30 % em testes conceituais de Física. Essa constatação foi corroborada por Prensky (2010), que observou que o aprendizado é mais duradouro quando os conceitos científicos são aplicados em ambientes interativos.

Outra constatação importante é que os jogos promovem **aprendizagem colaborativa**. Ao interagir em grupo, os estudantes compartilham estratégias, argumentam e constroem soluções conjuntas. Zichermann e Cunningham (2011) explica que o design social dos jogos favorece a negociação de significados e o desenvolvimento de competências socioemocionais, aspectos essenciais na formação científica contemporânea.

Prensky (2010) ressalta ainda que os jogos são ferramentas adequadas à geração digital, cujos processos cognitivos estão adaptados à velocidade, à interatividade e à multimodalidade. Assim, a integração de games no ensino de Física atende não apenas a uma demanda metodológica, mas também cultural. Ignorar esse potencial seria desconsiderar as transformações cognitivas trazidas pela era digital.

Os nativos digitais pensam e processam informações de maneira fundamentalmente diferente. Sua mente é moldada pela lógica dos games, e a escola precisa se adaptar para falar a mesma língua sem perder o rigor conceitual (PRENSKY, 2010, p. 53).

Zichermann e Cunningham (2011) propõe que a gamificação seja entendida como uma ponte entre motivação extrínseca e intrínseca. A pontuação e as recompensas funcionam como gatilhos iniciais, mas o verdadeiro engajamento surge quando o aluno reconhece valor no próprio aprendizado. Isso é particularmente relevante no ensino de Física, onde o prazer da descoberta e da experimentação pode substituir a pressão por notas.

As evidências reunidas por Mattar (2010) indicam que o uso de jogos contribui não apenas para o desempenho cognitivo, mas também para o desenvolvimento de atitudes positivas em relação à ciência. Alunos que aprendem jogando tendem a ver a Física como um campo dinâmico, acessível e aplicável, rompendo com a visão elitista e abstrata frequentemente associada à disciplina.

Além disso, Prensky (2010) destaca que o caráter **imersivo** dos jogos cria condições ideais para a aprendizagem situada. O aluno age em um contexto problemático e significativo, aplicando leis físicas de maneira funcional. Essa imersão reduz a distância entre teoria e prática e favorece a internalização dos conceitos.

As metanálises revisadas por Zichermann e Cunningham (2011) apontam, contudo, para desafios metodológicos: muitos estudos carecem de rigor estatístico e de instrumentos válidos para medir aprendizagem conceitual. Ainda assim, o consenso entre os autores é que os jogos, quando bem planejados, superam as limitações tradicionais do ensino expositivo e aumentam o engajamento dos estudantes.

Mattar (2010) observa que o impacto dos jogos depende também do papel do professor. Quando o docente se torna facilitador e não mero transmissor, os alunos desenvolvem maior autonomia. A mediação pedagógica continua sendo determinante,

mesmo em ambientes ludificados, para garantir que o prazer de jogar se traduza em compreensão conceitual.

Em termos práticos, Prensky (2010) sugere que o design de jogos educativos siga três princípios: clareza de objetivos, feedback imediato e desafio crescente. Esses princípios, derivados da própria estrutura dos games comerciais, encontram paralelo na didática da Física experimental, onde a resolução progressiva de problemas é o núcleo do aprendizado.

Zichermann e Cunningham (2011) reforça que o poder dos jogos está na emoção. O aluno aprende melhor quando se sente envolvido afetivamente. Essa dimensão emocional, frequentemente negligenciada em disciplinas científicas, é um diferencial dos games, que transformam a aprendizagem em experiência pessoal. Essa perspectiva justifica o uso de jogos também como ferramenta de inclusão, acessível a diferentes estilos cognitivos.

Mattar (2010) acrescenta que os jogos podem contribuir para o desenvolvimento de competências do século XXI, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração. Ao criar um ambiente de aprendizado ativo e exploratório, os jogos de Física ajudam o estudante a conectar conceitos teóricos à resolução de desafios práticos.

Prensky (2010) enfatiza que o aprendizado mediado por jogos promove o *feedback* contínuo, elemento ausente em muitas práticas escolares. Esse retorno imediato permite que o aluno regule seu próprio progresso, condição essencial para a aprendizagem autônoma. A robótica educacional, quando integrada ao jogo, potencializa esse mecanismo de retroalimentação.

Zichermann e Cunningham (2011) observa que a eficácia da gamificação depende de equilíbrio: se o jogo for excessivamente fácil, perde o interesse; se for difícil demais, gera frustração. Esse princípio, denominado “curva de engajamento”, deve guiar o design didático dos jogos de Física, garantindo desafios ajustados ao nível cognitivo dos alunos.

Mattar (2010) conclui que o sucesso das iniciativas com jogos depende de políticas educacionais que reconheçam o valor das metodologias ativas. Sem apoio institucional, formação docente e infraestrutura, o potencial dos jogos permanece subutilizado. A integração curricular é fundamental para que o jogo deixe de ser atividade periférica e passe a constituir estratégia sistemática de ensino.

Em síntese, as evidências apresentadas por Prensky (2010), Mattar (2010) e Zichermann e Cunningham (2011) convergem ao afirmar que os jogos — digitais ou analógicos — representam uma das ferramentas mais promissoras para o ensino de Física. Eles promovem engajamento, aprendizagem significativa e senso de pertencimento científico. No entanto, seu uso eficaz requer planejamento, mediação e avaliação criteriosa. Assim, a presente dissertação dialoga com essa literatura ao propor um jogo de tabuleiro gamificado e integrador de robótica educacional, capaz de unir ludicidade e rigor conceitual no ensino de ondulatória.

### **Estudos Anteriores e Meta-análises: Robótica Aplicada à Ondulatória**

O uso da robótica educacional no ensino de Física representa uma das fronteiras mais promissoras da integração entre tecnologia e aprendizagem ativa. A possibilidade de programar, construir e testar dispositivos que reproduzem fenômenos físicos concretos cria um ambiente fértil para o desenvolvimento da autonomia e do raciocínio científico. Blikstein (2013) destaca que a robótica promove uma ponte entre teoria e prática, permitindo que o estudante “pense com as mãos” e transforme abstrações em experiências observáveis. Essa abordagem é particularmente relevante no estudo da ondulatória, campo tradicionalmente marcado pela abstração matemática.

Resnick (2017) argumenta que a robótica, quando mediada por princípios construcionistas, favorece a compreensão de sistemas dinâmicos e fenômenos oscilatórios. A manipulação de sensores, motores e microcontroladores possibilita visualizar em tempo real variáveis como frequência, amplitude e período, aproximando o ensino das condições de laboratório experimental. Essa integração tecnológica potencializa o aprendizado significativo ao associar códigos, circuitos e conceitos físicos em um mesmo processo de criação.

Bers (2021) observa que a robótica educacional tem se expandido como ferramenta transversal nas disciplinas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), mas sua aplicação à Física requer intencionalidade didática. Não basta construir robôs: é preciso que o projeto dialogue com os conteúdos conceituais. No caso da ondulatória, isso significa relacionar medições ultrassônicas, propagação de ondas e reflexão com as leis fundamentais da acústica e da óptica. “A robótica educacional só se

torna efetiva quando o aluno compreende que cada componente, sensor e linha de código tem correspondência com um princípio científico. Programar é, nesse sentido, uma forma de modelar o mundo físico” (Bers, 2021, p. 92).

Estudos recentes reunidos por Blikstein (2013) demonstram que projetos de robótica baseados em investigação e experimentação elevam o nível de engajamento e compreensão conceitual dos estudantes. Ao projetar protótipos para resolver problemas autênticos, os alunos desenvolvem simultaneamente competências técnicas e cognitivas. Essa metodologia de aprendizagem pela criação reflete o paradigma construcionista de Papert (1993), que inspira também as iniciativas de ensino de ondulatória mediadas por sensores ultrassônicos e microcontroladores Arduino.

Resnick (2017) introduziu o conceito de “aprendizagem criativa” para descrever o ciclo *Imagine – Create – Play – Share – Reflect*, em que o conhecimento é continuamente reconstruído por meio da experimentação. Aplicada à robótica e à Física, essa dinâmica permite que o estudante imagine um fenômeno (por exemplo, a reflexão de uma onda), crie um modelo físico-digital, brinque com suas variações, compartilhe resultados e reflita sobre as diferenças entre teoria e prática.

Pesquisas meta-analíticas citadas por Bers (2021) apontam que o aprendizado de conceitos abstratos — como interferência e ressonância — se torna mais acessível quando o aluno manipula dispositivos que reproduzem comportamentos ondulatórios. A combinação de experimentação física e visualização digital transforma a sala de aula em um laboratório interativo, favorecendo a descoberta guiada e a metacognição.

Quando as crianças e jovens constroem robôs que se movem, emitem sons ou respondem a estímulos, estão não apenas aprendendo tecnologia, mas desenvolvendo uma compreensão corporal e sensorial de conceitos científicos. A aprendizagem passa a ser encarnada, tangível (Blikstein, 2013, p. 118).

No Brasil, pesquisas conduzidas em programas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) reforçam essas evidências. Projetos que utilizam sensores ultrassônicos para medir distância e tempo, vinculados a placas Arduino, têm mostrado impacto positivo na aprendizagem de ondulatória, especialmente no entendimento do som como fenômeno de propagação mecânica. Tais resultados validam a proposta do jogo “*Bat e Volta – Curta Essa Onda!*”, que integra robótica e gamificação em um mesmo produto pedagógico.

Blikstein (2013) enfatiza que a robótica educacional rompe a lógica da passividade e devolve ao aluno o controle sobre o processo de investigação científica. Ao construir um artefato, o estudante torna-se autor de hipóteses e analista de resultados. Essa autonomia dialoga diretamente com o princípio da experimentação crítica defendido por Freire (1996), segundo o qual o conhecimento nasce da curiosidade ativa e da problematização.

Bers (2021) propõe o conceito de “robótica positiva”, que combina o fazer técnico com valores éticos e colaborativos. Em sala de aula, isso se traduz em práticas de cooperação, empatia e responsabilidade coletiva sobre os projetos. Tais dimensões humanas ampliam o alcance pedagógico da robótica, aproximando-a de um ideal formativo integral.

Resnick (2017) observa que o impacto da robótica no ensino de Física vai além dos resultados quantitativos: ela modifica a postura epistemológica do aluno, que passa a enxergar as leis naturais como construções explicativas, e não como verdades imutáveis. Essa mudança de mentalidade representa uma transição do ensino transmissivo para o ensino investigativo. “O maior valor da robótica na educação científica não é ensinar programação, mas cultivar a mentalidade de engenheiro e de cientista: a disposição para experimentar, errar, depurar e tentar novamente” (Resnick, 2017, p. 64).

As meta-análises comparativas realizadas por Blikstein (2013) mostram que estudantes envolvidos em projetos de robótica apresentam até 40 % mais retenção de conceitos em avaliações pós-teste quando comparados a grupos expostos a aulas tradicionais. Esse ganho é atribuído à integração entre cognição e ação, que caracteriza as metodologias STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*). A ondulatória, ao articular ciência e arte — som, vibração e harmonia —, se beneficia especialmente dessa abordagem.

A robótica aplicada à ondulatória também favorece a interdisciplinaridade. Ao construir dispositivos que medem frequência e comprimento de onda, o aluno mobiliza conhecimentos de Matemática (proporcionalidade), de Tecnologia (circuitos) e de Física (Acústica). Bers (2021) aponta que essa integração curricular é essencial para formar sujeitos capazes de pensar de modo sistêmico, característica da cultura digital contemporânea.

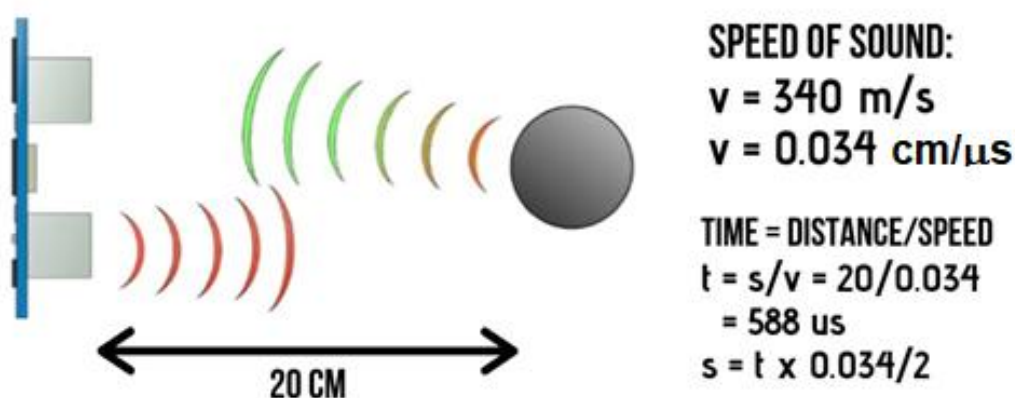
Tabela 1 – Relação entre o Sketch da Trena Ultrassônica e Fenômenos Ondulatórios

Parte do Sketch / Algoritmo	O que o código faz	Fenômeno Físico	Relação $v = \lambda \cdot f$
Pulso TRIG	Dispara pulso de $10\mu\text{s}$	Emissão de onda 40kHz	Define f
Espera eco	Espera retorno no ECHO	Propagação longitudinal no ar	v depende do meio
pulseIn()	Mede tempo ida/volta	Tempo físico mensurável	tempo base para v
$v = 340$	Ajusta velocidade (340m/s em temperatura de $25^{\circ}\text{C}$ )	Velocidade varia com meio	$\lambda = v/f$
$d = v \cdot t/2$	Converte tempo em distância	Reflexão (eco)	Distância depende de $v=\lambda f$

Fonte: do autor (2025)

Conforme tabela 1, é possível relacionar as grandezas físicas da relação fundamental da onda com o “sketchs” (código) da trena ultrassônica. Como recurso didático ainda é possível explorar a distorção de medida de comprimento aferida pela trena e conferida com a fita métrica quando se acende um fósforo próximo ao sensor aumentando a temperatura e, portanto, aumentando a velocidade do som do ar, assim como também a velocidade diminui caso se aproxime uma forma de gelo, diminuindo, portanto, a velocidade.

Figura 1 – Diagrama de Cálculo da Onda



Fonte: adaptado Savadatti (2020)

Conforme ilustra a **Figura 1**, suponha-se que um objeto esteja posicionado a **20 cm** do sensor. Considerando que a **velocidade do som** é de aproximadamente **340 m/s**, ou **0,034 cm/ $\mu$ s**, a onda sonora levará cerca de **588 microssegundos** para percorrer essa distância total. No entanto, o sinal recebido pelo **pino ECO** corresponde ao **tempo de ida e volta** da onda, duplicando esse intervalo. Assim, para determinar a **distância real em centímetros**, o tempo medido deve ser **multiplicado por 0,034 e dividido por 2**. Esse processamento é automaticamente realizado pelo **microcontrolador do Arduino Uno**, utilizado neste experimento. Os cálculos ilustrados no diagrama claramente demonstram a ligação da tecnologia/robótica com os fenômenos e grandezas físicas na relação fundamental da onda ( $v=\lambda.f$ ), garantindo o foco principal desta atividade *maker* que é o ensino de Física.

Resnick (2017) destaca que o uso de plataformas abertas como Arduino ou Microbit democratiza o acesso à robótica educacional. Por serem de baixo custo e altamente configuráveis, permitem que escolas públicas desenvolvam projetos de alta complexidade sem necessidade de grandes investimentos. Essa acessibilidade reforça o potencial inclusivo da robótica no ensino de ciências.

Uma tecnologia que facilmente pode ser utilizada no contexto escolar é o Arduino que consiste em “uma plataforma de *hardware open source*, projetada sobre o microcontrolador Atmel AVR, que pode ser programado através de uma linguagem de programação similar a C/C++” (Oliveira e Zanetti, 2016, p. 17). Essa plataforma por ser *open source* não tem direitos autorais ou de patente reservados e permite a elaboração de projetos com um conhecimento mínimo ou mesmo nenhum de eletrônica.

Blikstein (2013) alerta, contudo, que a adoção da robótica exige mais do que infraestrutura: requer formação docente específica e mudança de mentalidade pedagógica. Professores acostumados a práticas transmissivas tendem a ver a robótica como um adendo tecnológico, e não como estratégia epistemológica. Essa resistência cultural é um dos principais obstáculos à consolidação da robótica como metodologia ativa.

As evidências reunidas por Bers (2021) indicam que a robótica educacional contribui para o desenvolvimento de competências socioemocionais, como persistência, cooperação e autoconfiança. Esses atributos, muitas vezes invisíveis nos currículos

formais, são essenciais para a aprendizagem científica, que exige tolerância ao erro e pensamento crítico.

No ensino de ondulatória, a robótica permite visualizar fenômenos invisíveis. Experimentos com sensores ultrassônicos possibilitam mensurar tempos de voo, refletâncias e interferências, traduzindo equações abstratas em dados experimentais.

Resnick (2017) argumenta que ambientes de aprendizagem baseados em projetos robóticos estimulam a “curiosidade epistêmica” — a motivação intrínseca de compreender como e por que algo funciona. Essa curiosidade é motor da ciência e deve ser cultivada desde o ensino médio. O jogo proposto nesta dissertação incorpora esse princípio ao convidar o estudante a descobrir, por meio de experimentos, como ondas se propagam e refletem.

Blikstein (2013) também observa que a robótica redefine o papel da avaliação. O desempenho deixa de ser medido apenas pelo acerto conceitual e passa a incluir criatividade, processo e colaboração. Essa visão avaliativa, mais formativa e holística, é coerente com a proposta da gamificação, que valoriza o progresso contínuo e o feedback imediato.

Bers (2021) reforça que a robótica educacional deve estar a serviço de objetivos pedagógicos claros. O simples uso de kits tecnológicos não garante aprendizado. É necessário que o projeto esteja ancorado em uma intencionalidade formativa e que o professor atue como mediador reflexivo. A robótica, portanto, não substitui a didática — ela a potencializa. “A tecnologia não é neutra. Ela reflete as intenções de quem a usa e os valores que orientam o projeto educativo. A robótica pode ser libertadora ou alienante, dependendo de como é inserida no currículo e de como os alunos são convidados a pensar sobre ela” (Bers, 2021, p. 104).

A literatura analisada converge ao afirmar que a robótica aplicada à ondulatória favorece a aprendizagem ativa, significativa e colaborativa. Ao construir instrumentos que captam e analisam ondas sonoras, os estudantes internalizam conceitos físicos de forma intuitiva e experiencial. Além disso, o trabalho em grupo estimula a comunicação científica e o pensamento crítico.

Resnick (2017) conclui que o verdadeiro potencial da robótica está em conectar mente, mão e coração — pensar, fazer e sentir. Essa tríade traduz a essência da

aprendizagem criativa e fundamenta a proposta desta dissertação, que utiliza a robótica como meio de materializar a Física das ondas em experiências concretas e significativas.

Em síntese, as meta-análises de Blikstein (2013), Bers (2021) e Resnick (2017) demonstram que a robótica educacional representa uma metodologia poderosa para o ensino de ondulatória, integrando conceitos, emoções e prática científica. Seu sucesso, contudo, depende da mediação docente e da articulação entre ludicidade e rigor conceitual — princípios que orientam o desenvolvimento do jogo “*Bat e Volta – Curta Essa Onda!*”.

### **Síntese de Resultados de Pesquisas Semelhantes**

As investigações realizadas nas últimas décadas sobre o uso de jogos, gamificação e robótica educacional convergem para a constatação de que essas metodologias são eficazes na promoção de aprendizagens mais significativas, ativas e engajadoras no ensino de Física. Estudos empíricos e metanálises apontam que a aprendizagem mediada por experiências lúdicas e tecnológicas não apenas favorece a compreensão conceitual, mas também altera atitudes em relação à ciência e amplia o interesse pela disciplina (Mattar, 2010; Prénsky, 2010). Essa tendência evidencia uma mudança paradigmática no ensino das ciências exatas, que passa a integrar práticas de resolução de problemas e criação tecnológica ao currículo tradicional.

Pesquisas conduzidas em diferentes contextos educacionais indicam que a utilização de jogos analógicos ou digitais para o ensino de ondulatória produz ganhos mensuráveis no desempenho conceitual e na motivação dos alunos. De acordo com Prénsky (2010), a combinação entre desafio cognitivo e prazer lúdico gera um ambiente de engajamento profundo, no qual o aluno se mantém concentrado, autônomo e emocionalmente envolvido com o conteúdo. Essa condição, descrita por Csikszentmihalyi como *flow*, é essencial para a internalização duradoura dos conceitos científicos.

Mattar (2010) reforça que a ludicidade constitui um elemento pedagógico de grande potencial, pois desloca o aluno da posição passiva para a ativa. Ao jogar, o estudante toma decisões, elabora estratégias e lida com consequências — ações que espelham o método científico e desenvolvem pensamento crítico. Essa aproximação metodológica entre jogar e investigar explica o crescente uso de *serious games* e jogos de

tabuleiro no ensino de Física, especialmente em áreas de difícil abstração, como a ondulatória e a óptica.

Os games oferecem ambientes de aprendizagem nos quais o erro é parte do processo e não motivo de punição. Nesses espaços, os alunos exploram hipóteses, testam ideias e constroem significado de maneira natural, participando de um ciclo contínuo de descoberta e reflexão (Prensky, 2010, p. 49).

Outra linha de evidência robusta vem da robótica educacional aplicada às ciências exatas. Blikstein (2013) demonstra, em suas pesquisas no *Transformative Learning Technologies Lab* da Universidade de Stanford, que a robótica potencializa o aprendizado conceitual ao integrar o pensar e o fazer. Projetos envolvendo sensores e programação favorecem a visualização de fenômenos invisíveis, como ondas e vibrações, transformando equações abstratas em resultados observáveis. Essa “aprendizagem tangível” é fundamental para consolidar o entendimento de leis físicas.

Resnick (2017) complementa que o engajamento em projetos robóticos desperta a motivação intrínseca e promove a *curiosidade epistêmica*, um tipo de curiosidade voltada à compreensão dos mecanismos do mundo natural. Em experimentos conduzidos no *MIT Media Lab*, alunos que construíram protótipos para estudar som e movimento demonstraram ganhos significativos de compreensão conceitual em comparação a grupos controle. Tais resultados sustentam a relevância de metodologias construcionistas no ensino da Física moderna.

Bers (2021) acrescenta que a robótica educacional, quando orientada por princípios humanistas, amplia o desenvolvimento cognitivo e emocional dos estudantes. O trabalho colaborativo, o cuidado com o erro e a coautoria dos projetos reforçam valores como persistência e empatia. Esses elementos são indispensáveis para o aprendizado científico, que requer não apenas domínio técnico, mas também postura investigativa e ética frente à tecnologia.

O que distingue a robótica educacional de outras práticas tecnológicas é seu caráter reflexivo. O ato de construir não é apenas mecânico, mas simbólico; é a externalização de um pensamento. Ao projetar um robô, o aluno projeta também uma ideia, uma hipótese sobre como o mundo funciona (Blikstein, 2013, p. 121).

Os estudos de meta-análise mais recentes (Resnick, 2017; Bers, 2021) indicam que as experiências baseadas em robótica e gamificação produzem ganhos de até 40% na

retenção conceitual de conteúdos de Física quando comparadas às aulas tradicionais. Essa melhoria decorre da integração entre ação, visualização e feedback — fatores que transformam a aprendizagem em um processo ativo e dinâmico. O aprendizado de ondulatória, em particular, tem se beneficiado dessas metodologias por permitir a experimentação concreta de fenômenos acústicos e luminosos.

Diversas dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) corroboram essas conclusões. Projetos realizados em escolas públicas brasileiras mostram que a construção de dispositivos com sensores ultrassônicos, medidores de frequência e aplicativos móveis promove significativa melhoria na compreensão das leis de propagação de ondas. Esses resultados reforçam a hipótese de que a robótica, quando articulada à gamificação, constitui um caminho promissor para o ensino da Física contemporânea.

A literatura também indica que os jogos e a robótica compartilham fundamentos teóricos comuns. Ambos se apoiam em paradigmas construtivistas e construcionistas, que valorizam a aprendizagem pela experiência e a reflexão sobre a prática. A diferença está na mediação: enquanto o jogo enfatiza o desafio e a regra, a robótica privilegia o projeto e a autoria. No entanto, ambos convergem na promoção de autonomia e engajamento.

Pesquisas conduzidas por Mattar (2010) e Prensky (2010) revelam que a motivação gerada pelos jogos pode ser potencializada quando associada à robótica, pois o aluno deixa de apenas competir e passa a criar. Essa fusão entre ludicidade e construção materializa-se em metodologia híbrida — como a presente dissertação —, nas quais o aprendizado se dá por meio da resolução de desafios concretos com base em princípios científicos.

Blikstein (2013) observa que a robótica aplicada à Física permite trabalhar simultaneamente dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais. O estudante compreende fenômenos, desenvolve habilidades técnicas e internaliza valores científicos, como a busca por evidências e a persistência na investigação. Essa visão integrada é coerente com os princípios das metodologias ativas e das competências da BNCC para o Ensino Médio.

Bers (2021) e Resnick (2017) ressaltam que a aprendizagem mediada pela tecnologia também favorece a inclusão, ao permitir múltiplas formas de expressão. Alunos com diferentes estilos cognitivos podem aprender por meio da ação, do som, da

imagem ou do movimento. Essa diversidade expressiva é essencial no ensino de ondulatória, uma vez que o conteúdo envolve percepção sensorial, análise de padrões e modelagem.

Os resultados de pesquisas semelhantes também apontam desafios. Blikstein (2013) identifica a carência de formação docente específica como o principal obstáculo à consolidação da robótica e dos jogos no currículo escolar. Muitos professores ainda reproduzem o ensino expositivo, mesmo utilizando recursos tecnológicos avançados. A inovação metodológica exige, portanto, mudança de mentalidade e suporte institucional.

Mattar (2010) acrescenta que o excesso de gamificação, quando mal planejado, pode gerar dispersão e superficialidade. O foco deve permanecer na aprendizagem, não na competição. Da mesma forma, Bers (2021) alerta que a robótica sem propósito educativo claro corre o risco de se tornar mero entretenimento tecnológico. O equilíbrio entre ludicidade e rigor conceitual é condição indispensável para o sucesso das experiências.

Prensky (2010) propõe que o futuro da educação científica reside na integração equilibrada entre motivação extrínseca e intrínseca. As recompensas externas, como pontuação ou níveis, devem servir apenas como gatilhos iniciais para despertar o interesse, mas o verdadeiro engajamento surge quando o aluno reconhece valor no ato de compreender. Essa síntese é a base filosófica do jogo “*Bat e Volta – Curta Essa Onda!*”, que combina elementos de recompensa com desafios cognitivos reais.

Blikstein (2013) destaca que o impacto dessas metodologias não se limita ao desempenho escolar. Elas influenciam também a autoestima e a autopercepção dos estudantes como produtores de conhecimento. Ao perceber-se capaz de construir, medir e explicar, o aluno rompe com a visão tradicional da ciência como algo inacessível. Essa dimensão simbólica da aprendizagem tem implicações profundas na formação científica e cidadã.

As evidências reunidas apontam, portanto, para um consenso: jogos e robótica constituem ferramentas complementares, capazes de transformar o ensino de Física em um espaço de investigação e criatividade. As experiências analisadas em diferentes contextos demonstram ganhos cognitivos, afetivos e sociais, mas também revelam a necessidade de planejamento, mediação e reflexão crítica sobre o uso da tecnologia.

Diante do exposto, as pesquisas semelhantes analisadas neste capítulo sustentam a viabilidade e a relevância da proposta apresentada nesta dissertação. A literatura evidencia que metodologia híbrida — que combinam ludicidade, experimentação e colaboração — elevam significativamente o engajamento e a compreensão conceitual dos estudantes. Como afirmam Blikstein (2013) e Bers (2021), a robótica e os jogos não são apenas recursos didáticos, mas linguagens contemporâneas para pensar, sentir e transformar a ciência.

### **Implicações de design didático para o Bat e Volta – Curta essa onda!**

#### a) Alinhamento teórico-metodológico.

A metodologia pedagógica deve ser ancorada na articulação entre Construtivismo e Construcionismo, complementada pelo conceito de protagonismo. O design da aprendizagem deve ser estruturado de modo que o estudante construa, meça, modele e explique os fenômenos (Papert, 1980), garantindo o protagonismo discente no processo (Bacich e Moran, 2018). Essa abordagem exige que o professor forneça uma estrutura (*scaffolding*) adequada à etapa de desenvolvimento cognitivo do aluno (Piaget, 1976), permitindo que o artefato físico ou digital (protótipo) funcione como o objeto-âncora da aprendizagem. Neste modelo, o estudante não apenas internaliza, mas materializa o conhecimento.

#### b) Sequência sugerida (exemplo).

Organizador prévio: mapa conceitual e breve desafio diagnóstico gamificado sobre frequência, período,  $\lambda$  e  $v$ .

Missões iniciais (gamificadas): quizzes e micro experimentos virtuais com feedback imediato (Sailer e Homner, 2020).

Fase *maker*-robótica: montagem do sensor ultrassônico HC-SR04/Arduino, coleta de séries temporais para movimentos oscilatórios e ondas; análise de gráficos  $x(t)$  e  $v(t)$  em tempo real (Matos Pereira e Souza Da Silva, 2021).

Desafio de integração: medir a velocidade do som no ar por tempo de voo e comparar com valor teórico, discutindo fatores ambientais (um clássico em ondulatória/mecânica) — com recompensas vinculadas a qualidade de medidas/análises e explanação conceitual (Cavalcante *et al.*, 2011).

Missão avançada: visualização de sinais de ultrassom e discussões sobre atenuação/resolução, inspiradas em atividades de imagem por ultrassom.

c) Mecânicas de jogo e avaliação.

Pontuação/Badges → alinhadas a critérios explícitos (correção conceitual; qualidade de projeto/medidas; colaboração).

Níveis → correspondem a progressões conceituais (onda senoidal simples → superposição/interferência → reflexão/refração).

Feedback → imediato e formativo (mensagens orientadas por erros comuns).

Avaliação: (i) prévios/pós-testes curtos (cognitivo); (ii) rubricas de projeto (*maker*); (iii) mapas conceituais comparativos; (iv) engajamento (log do jogo) – triangulando com achados de metanálises (Sailer e Homner, 2020; Wang *et al.*, 2023; Ouyang e Xu, 2024).

Embora a gamificação mostre efeitos positivos, parte das evidências em motivação/comportamento depende de como os elementos de jogo são implementados; efeitos extrínsecos podem desaparecer sem significado cognitivo (SAILER E HOMNER, 2020). Logo, recomenda-se vincular recompensas à compreensão conceitual e misturar competição com colaboração, combinação que a metanálise indica como promissora (SAILER E HOMNER, 2020). Na robótica/*maker*, os melhores resultados ocorrem quando há: (i) suporte docente explícito, (ii) integração curricular e (iii) tempo suficiente para iteração de projetos (OUYANG; XU, 2024). Aspectos de segurança elétrica, logística de materiais e acessibilidade devem ser planejados.

### **Delineamento e validade interna**

O estudo aqui relatado se caracteriza como um experimento com um grupo de estudantes de uma turma do Ensino Médio. Por se tratar de uma pesquisa de natureza aplicada, fundamentalmente qualitativo e interpretativo, o foco desta análise não está em

médias estatísticas de desempenho, mas sim no processo de construção do conhecimento, no engajamento subjetivo e nas dificuldades conceituais que a metodologia ajuda a superar.

Os dados (desempenho no jogo, observações e a Prova Diagnóstica) são analisados por meio de uma discussão dialógica com o referencial teórico (Construtivismo, Construcionismo, e autores da área de Ensino de Física), verificando se a intervenção funciona conforme proposto pela teoria. Portanto, não cabe a randomização no delineamento metodológico, por se tratar de um grupo pré-selecionado, a escolha de uma turma participante de alunos.

O estudo foi concentrado na aplicação da metodologia em uma única turma. A eficácia da intervenção é medida comparando-se o conhecimento do grupo com ele mesmo e, principalmente, avaliando o processo de aprendizagem e o engajamento à luz da fundamentação teórica. A análise, neste caso, é baseada na validade interna da intervenção, e não em uma generalização estatística.

Segundo Campbell e Stanley (1963):

Os delineamentos quase-experimentais surgem como alternativa necessária em contextos nos quais a randomização não é viável, mas ainda assim é preciso construir inferências causais. O desafio consiste em controlar, por meio de planejamento e análise, as ameaças à validade interna. (CAMPBELL E STANLEY (1963, P. 5)

A escolha desse delineamento se justifica, pois em ambientes escolares reais à randomização estrita é praticamente inviável. Assim, no contexto quase-experimental adotado, a interpretação dos resultados requer uma análise integrada entre indicadores quantitativos e leitura qualitativa dos efeitos da intervenção pedagógica, considerando o que a literatura específica apresenta e experiências relatadas em outras pesquisas publicadas.

Como reforçam Shadish, Cook e Campbell (2002, p. 14), “a presença de medidas prévias aos tratamentos é essencial em contextos naturais de ensino, pois elas permitem verificar o nível inicial dos indivíduos e calcular mudanças relativas, aumentando a credibilidade das conclusões sobre eficácia”.

Os dados desta pesquisa foram tratados por meio do cálculo do ganho normalizado ( $\langle g \rangle$ ), conforme Hake (1998), além do cálculo de tamanho de efeito (Hedges'  $g$ ), permitindo caracterizar a magnitude da aprendizagem obtida pela turma após a

intervenção. Hake (1998, p. 65), em um estudo com mais de seis mil estudantes de Física, evidenciou que metodologias ativas de engajamento tendem a produzir maiores ganhos normalizados em comparação a métodos estritamente tradicionais.

Os resultados obtidos aqui convergem com o que a literatura internacional apresenta: a metodologia ativa de gamificação e robótica aplicada nesta turma favoreceu ganhos expressivos de aprendizagem em Ondulatória, indicando impacto positivo e significativo da intervenção pedagógica dentro da lógica quase-experimental adotada.

### **Descrição detalhada do Jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!"**

O produto pedagógico desenvolvido para esta pesquisa é um jogo de tabuleiro didático, denominado "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!", que tem como principal objetivo ensinar conceitos de Ondulatória de maneira gamificada e interativa.

O jogo é estruturado em um tabuleiro no formato de um gráfico senoide, representando visualmente a oscilação de uma onda. Os participantes, divididos em equipes, percorrem as casas do tabuleiro conforme os resultados obtidos no lançamento de dados. Para permanecer em determinada posição, os jogadores devem responder corretamente a perguntas sobre mecânica de ondas, organizadas em diferentes níveis de dificuldade.

Ao longo da partida, as equipes acumulam pontos chamados " $\pi$ ", que representam créditos para a aquisição de componentes eletrônicos e linhas de código para a programação de uma trena digital ultrassônica baseada em Arduino. Dessa forma, além de consolidar conceitos teóricos de ondulatória, o jogo possibilita o aprendizado prático de robótica e programação.

O nome "BAT E VOLTA" foi escolhido estrategicamente, pois "BAT" significa morcego em inglês, remetendo ao princípio da ecolocalização dos morcegos, que utilizam ondas ultrassônicas para navegar no ambiente – tecnologia essa replicada na ultrassonografia médica e nos sensores de distância de robôs.

A integração entre gamificação e robótica no ensino de ondulatória busca tornar o aprendizado mais engajador e significativo, promovendo um ensino interdisciplinar e prático, alinhado com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de Ciências da Natureza.

## **Materiais e Recursos Utilizados**

Para a execução do jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!", foram necessários os seguintes materiais e recursos didáticos:

- a) Tabuleiro impresso com a trajetória em formato de gráfico senoide;
- b) Dados de 6 faces;
- c) Peças para movimentação (peões de cores distintas);
- d) Cartas com perguntas sobre ondulatória e cartas bônus;
- e) Cédulas  $\pi$ \$ para marcar a pontuação;
- f) Catálogo de itens para montar a trena ultrassônica;
- g) Manual de instruções do jogo.

Para a montagem da trena ultrassônica, foram necessários os seguintes materiais e recursos didáticos:

- 1 Placa Arduino Uno;
- 1 Sensor Ultrassônico HC-SR04;
- 1 Display LCD 16x2;
- 1 Protoboard;
- 1 Porta-baterias;
- 1 Bateria 9V;
- 1 Fita métrica para conferir medida da trena;
- 10 Jumpers;
- 1 Computador com IDE Arduino instalada;
- Código-fonte desenvolvido para a trena digital.

## **Recursos Humanos e Tecnológicos**

Professor mediador para orientação durante a atividade; Salas de aula equipadas com computadores e internet. A utilização desses recursos permite que os estudantes visualizem e experimentem na prática os conceitos de ondulatória, conectando o conteúdo teórico a aplicações reais na tecnologia e no cotidiano.

## **Público-Alvo**

O jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!" foi desenvolvido para alunos do Ensino Médio, especialmente para turmas do 2º ano, que estudam Ondulatória na disciplina de Física. O público-alvo inclui estudantes de escolas públicas e privadas.

O jogo pode ser aplicado tanto em aulas regulares de Física quanto em atividades extracurriculares, como feiras de ciências e oficinas de robótica, devido ao seu caráter interdisciplinar, envolvendo conceitos de Física, Matemática e Tecnologia.

Além disso, a abordagem gamificada do jogo pode ser estendida para alunos de cursos técnicos em áreas como Eletrônica e Automação, proporcionando um ensino mais prático e aplicado.

## **Procedimentos de Aplicação do Jogo**

A aplicação do jogo será realizada seguindo os seguintes passos metodológicos:

### **a) Apresentação do Jogo e das Regras:**

O professor explica as regras do jogo, destacando a importância da colaboração entre os membros da equipe e uma competição saudável.

### **b) Distribuição das Peças:**

Cada equipe recebe um peão que será utilizado pra avançar as casas.

### **c) Desenvolvimento da Partida:**

As equipes jogam o dado para avançar no tabuleiro. Depois de avançar o número de casas indicadas no dado, o professor tira uma carta da coleção "Chega de Onda e Responda", ele lê a pergunta e as alternativas. Para permanecer na casa onde caíram, os jogadores devem responder corretamente à pergunta. A equipe tem 30 segundos para responder à pergunta corretamente. Se errar, precisam voltar o peão para a casa anterior a rodada. Em determinadas casas (Bônus), os alunos podem ganhar créditos extras lendo cartas com curiosidades sobre ondulatória (cartas Bônus). No final do trajeto a equipe ganha "2 $\pi$ " de crédito e volta ao início várias vezes até acumular os créditos necessários

para comprar os itens do catálogo que serão usados para a montagem da trena digital ultrassônica.

Caso o professor queira acelerar o jogo pode usar dois dados ao invés de um, mas isso diminui as chances de respostas as cartas, diminuindo também a eficácia de assimilação dos conceitos por parte dos alunos.

O professor também pode decidir permitir a consulta da pergunta na internet durante os 30 segundos. Afinal, o objetivo do jogo é assimilação de conhecimento.

### **Construção da Trena Digital Ultrassônica**

Ao longo da partida, as equipes utilizam seus créditos acumulados para "comprar" componentes eletrônicos e linhas de código para a programação da trena. A montagem e programação do dispositivo são realizadas sob orientação do professor. A equipe que conseguir montar e fazer funcionar a trena primeiro é vencedora.

### **Encerramento e Reflexão**

Os alunos testam sua trena digital e analisam seu funcionamento. O professor conduz uma discussão sobre como o jogo facilitou o aprendizado da Ondulatória e sua aplicação na tecnologia. Este processo possibilita a interação ativa dos estudantes, fortalecendo a compreensão teórica por meio da aplicação prática.

### **Métodos de Coleta e Análise de Dados**

Para avaliar a eficácia do jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!", serão utilizados métodos qualitativos. Observação Participativa: Durante a aplicação do jogo, o professor observará o nível de participação dos alunos, a interação entre as equipes e as dificuldades encontradas. Registro de Percepções dos Alunos: Ao final da atividade, os

alunos serão convidados a escrever breves relatos sobre sua experiência com o jogo, destacando o que aprenderam e como se sentiram ao utilizar a gamificação e a robótica.

### **Análise dos Dados**

Os resultados da aula avaliativa final serão analisados qualitativamente, considerando as observações do professor-pesquisador durante o processo e as verbalizações espontâneas dos estudantes ao discutirem os conceitos de ondas e o funcionamento da trena ultrassônica construída. Os relatos e argumentações apresentadas pelos alunos serão organizados em categorias temáticas emergentes, buscando identificar evidências de compreensão conceitual, motivação, envolvimento, superação de obstáculos cognitivos e conexões estabelecidas pelos próprios discentes entre teoria e prática.

A triangulação desses dados qualitativos (observação do pesquisador + registros das falas dos estudantes + análise das interações durante o uso do jogo e da trena) permitirá verificar se a sequência didática (*storytelling* + simulações + jogo Bat e Volta + oficina *maker*) contribuiu para fortalecer a compreensão física dos fenômenos ondulatórios e para desenvolver competências investigativas ligadas a robótica educacional.

A metodologia adotada nesta pesquisa foi estruturada para promover integração entre teoria e prática, utilizando gamificação e robótica como estratégias pedagógicas inovadoras, ativas e engajadoras. O jogo BAT E VOLTA – CURTE ESSA ONDA! se apresenta como um recurso interdisciplinar e motivador, aproximando a Física do cotidiano tecnológico dos estudantes. A análise qualitativa resultante dessa etapa fornecerá indicadores concretos sobre o impacto formativo do produto pedagógico, permitindo ajustes futuros e demonstrando potencial de replicação e expansão para outros contextos de ensino.

### **3- DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PRODUTO**

Descrição do processo de criação, implementação e avaliação do jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!". O desenvolvimento foi orientado por abordagens

interdisciplinares, unindo ondulatória, gamificação e robótica educacional para tornar o aprendizado mais dinâmico e significativo.

### **Detalhamento da Criação do Jogo**

O jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!" foi concebido com o objetivo de tornar o ensino de Ondulatória mais envolvente e prático, integrando conceitos de mecânica de ondas e programação com Arduino. Sua criação envolveu três fases principais:

**Estruturação do Tabuleiro e da Dinâmica do Jogo:** O tabuleiro foi projetado com um percurso em formato de onda senoide, representando visualmente o comportamento das ondas; O caminho é dividido em casas, sendo algumas delas especiais (Bônus), onde os jogadores podem ganhar créditos lendo curiosidade sobre ondulatória da coleção de cartas "Bônus"; as equipes avançam lançando dados de seis lados, e para permanecer em determinada casa, precisam responder corretamente a perguntas sobre ondulatória da coleção de cartas "Chega de Onda e Responda!". Cada resposta correta concede permanência na casa que está. Ao final do percurso, a equipe ganha " $2\pi$ " de crédito e volta ao início começando novamente o caminho. Este looping é repetido até o acúmulo de créditos suficientes que serão utilizados para "comprar" componentes e linhas de código necessários para montar uma trena digital ultrassônica com Arduino.

**Criação das Cartas e Desafios:** O jogo conta com dois tipos de cartas, coleção "*Chega de Onda e Responda!*" com perguntas de múltipla escolha que abordam os mais variados conceitos fundamentais da Ondulatória, como frequência, amplitude, comprimento de onda e reflexão e; coleção de cartas "*Bônus*" que apresentam curiosidades sobre ondulatória que apenas serão lidas em voz alta e créditos são atribuídos à equipe.

**Integração com Robótica Educacional:** O jogo foi projetado para não se limitar ao aprendizado teórico, mas também possibilitar a aplicação prática dos conceitos. Os alunos utilizam os pontos adquiridos na partida para "comprar" componentes eletrônicos e trechos de código necessários para a programação de uma trena digital ultrassônica com Arduino Uno e sensor HC-SR04.

O código-fonte foi previamente desenvolvido e dividido em módulos, permitindo que os alunos compreendam como cada linha de código contribui para o funcionamento do sensor.

### **Etapas de Implementação em Sala de Aula**

Para garantir uma aplicação eficiente do jogo, a implementação foi dividida em cinco etapas principais:

#### **Apresentação da Atividade**

O professor introduz os conceitos básicos da Ondulatória, utilizando exemplos visuais. Explica-se o funcionamento do sensor ultrassônico HC-SR04, relacionando-o com o sonar de morcegos e o ultrassom médico.

São apresentadas as regras do jogo, esclarecendo como os pontos serão acumulados e utilizados.

#### **Formação das Equipes e Início do Jogo**

O professor divide a turma em duas ou mais equipes dependendo do tamanho da turma.

Cada equipe recebe um peão colorido. O tabuleiro é posicionado no centro da sala, e as equipes se revezam no lançamento dos dados.

#### **Resolução de Perguntas e Acúmulo de Pontos**

Cada equipe deve responder corretamente às perguntas para permanecer na casa onde caiu. Caso erre, deve voltar para a casa anterior ao lançamento do dado. À medida que avançam no jogo, os alunos acumulam pontos " $\pi$ " e no final do percurso ganham " $2\pi$ " que serão usados na fase seguinte. Chegando ao final do percurso, a equipe volta ao início novamente e recomeça. Isso é repetido tantas vezes forem necessárias para acumular a quantidade total de créditos para adquirir os itens do catálogo.

#### **Construção da Trena Digital Ultrassônica**

A equipe que alcançar os créditos primeiro, utiliza-os para adquirir componentes e trechos de código. O professor guia os alunos na montagem dos circuitos no Arduino Uno, conectando o sensor ultrassônico HC-SR04 ao microcontrolador. Os alunos realizam a programação do dispositivo, inserindo os códigos adquiridos durante o jogo. A trena digital é testada, e os resultados são discutidos em sala.

### **Avaliação e Reflexão Final**

O professor conduz uma discussão aberta, como avaliação formativa descontraída, perguntando aos alunos como o jogo ajudou na compreensão da Ondulatória e da robótica. Os alunos compartilham suas impressões sobre a atividade, destacando dificuldades e aprendizados. Além disso, o professor inclui perguntas conceituais e aplicabilidades para testar por meio de feedback o grau de assimilação dos conceitos.

### **Desafios Encontrados e Soluções Adotadas**

Durante o desenvolvimento e aplicação do jogo, alguns desafios foram identificados. Para cada um deles, soluções foram propostas e implementadas, garantindo a eficácia da metodologia. Dificuldade Inicial dos Alunos com Conceitos de Ondulatória  
Desafio: Alguns alunos apresentaram dificuldades em compreender conceitos como frequência, amplitude e velocidade de propagação das ondas.

Solução: Antes do jogo, foram utilizadas aulas expositivas com vídeos, demonstrações práticas com cordas, molas e aplicativos de simulação para facilitar a visualização dos conceitos.

Pouca Experiência dos Alunos com Programação e Arduino  
Desafio: Muitos alunos nunca haviam tido contato com Arduino ou programação.

Solução: O código da trena digital foi dividido em módulos simples, permitindo que os alunos montassem e testassem o programa em partes menores, compreendendo a função de cada trecho de código.

### **Gestão do Tempo Durante a Atividade**

Desafio: O jogo e a montagem da trena digital demandavam bastante tempo, podendo comprometer o planejamento das aulas. Solução: A atividade foi dividida em dois dias letivos, sendo um para o jogo de tabuleiro e acúmulo de pontos, e outro para a montagem e programação da trena digital.

### **Manutenção do Interesse e Engajamento dos Alunos**

Desafio: Garantir que os alunos permanecessem motivados ao longo de todas as etapas. Solução: Foram introduzidos desafios extras e um sistema de bônus surpresa, permitindo que os alunos ganhassem "power-ups", como pular perguntas difíceis ou dobrar a pontuação em momentos estratégicos do jogo.

### **Considerações Finais**

O jogo "BAT E VOLTA - CURTA ESSA ONDA!" e a subsequente montagem da trena ultrassônica não representam um mero passatempo, mas sim uma intervenção pedagógica fundamentada no Construtivismo e no Construcionismo. A proposta aqui apresentada deve guiar o colega docente na maximização dos resultados dessa metodologia ativa. Nesse papel de "Instrutor a Mediador do Conflito". Sua função na aplicação do "Bate e Volta" transcende a de fiscalizar regras. O sucesso da atividade reside na sua atuação como mediador do desequilíbrio cognitivo. Não entregue respostas. Quando os alunos errarem a resposta das cartas ou quando o protótipo da trena falhar, resista à tentação de fornecer a solução imediata. Pergunte: "Em qual conceito da Ondulatória essa falha se manifesta?" ou "Qual lei física rege o retorno do sinal?". Isso força o aluno a revisitar o conceito (acomodação piagetiana). Valorize o Erro. O erro no jogo ou na programação é o ponto de partida para a aprendizagem. O sistema de recompensa (Créditos) e a progressão da Cultura *Maker* garantem que o aluno veja o erro não como punição, mas como um feedback necessário para a construção do conhecimento.

A sinergia entre as fases é a chave para o aprendizado significativo. Integração entre o lúdico e prático. Utilize o sistema de pontuação e a competição entre as equipes para manter o engajamento autêntico. Lembre-se: o objetivo dos pontos “créditos” é impulsionar a aquisição dos itens, e não apenas definir o vencedor do tabuleiro. Quanto à Cultura *Maker*, esta fase é a materialização da Ondulatória. Guia os alunos para que percebam que cada componente eletrônico e cada linha de código (mesmo que modular) está ligada diretamente a um princípio físico (a velocidade do som no ar, a reflexão do ultrassom, etc.). A trena ultrassônica é a prova de que a Física funciona.

A conexão é real. Reforce constantemente a alusão ao morcego, ao sonar e ao ultrassom médico. Essa conexão serve como organizador prévio, ancorando o conteúdo abstrato em subsunçores práticos já conhecidos pelos alunos. Manter o foco na Avaliação Formativa e na Reflexão é fundamental. Utilize as etapas do jogo para uma avaliação formativa contínua. Durante a resolução das cartas e a montagem da trena, observe as discussões internas das equipes. Elas estão cooperando? Elas conseguem verbalizar o conceito físico por trás da pergunta? Use essas observações para ajustar sua próxima aula.

### **Reflexão Final**

A etapa de Avaliação e Reflexão Final é tão crucial quanto o jogo em si. Promova uma discussão aberta perguntando "Como o fato de construirmos a trena te ajudou a entender o conceito de frequência, de velocidade da onda?". Isso fará com que o aluno se conscientize sobre o próprio processo de aprendizagem e feche o ciclo construtivista. Ao encarar o "BAT E VOLTA" com o rigor teórico e o entusiasmo lúdico que ele exige, o professor garante que os alunos não apenas decorem as fórmulas da Ondulatória, mas que construam e apliquem um conhecimento que será duradouro e significativo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. C. Gamificação na educação: estratégias para engajamento e aprendizagem. São Paulo: Penso, 2018.

ANDRIOLA, W. Robótica educacional e o ensino de ciências: impactos no aprendizado e no desenvolvimento de habilidades cognitivas no ensino básico. *Revista Brasileira de Educação*, v. 26, e21050, 2021.

BACICH, L.; MORAN, J. (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BERS, M. U. Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom. 2. ed. New York: Routledge, 2021. Disponível em: <https://www.routledge.com/Coding-as-a-Playground-Programming-and-Computational-Thinking-in-the-Early-Childhood-Classroom/Bers/p/book/9780367900502>. Acesso em: 28 out. 2025.

BLIKSTEIN, P. Digital fabrication and “making” in education: the democratization of invention. In: WALTER-HERRMANN, J.; BÜCHING, C. (org.). *FabLab: of machines, makers and inventors*. Bielefeld: Transcript, 2013. p. 203–222.

BRUNER, J. S. O processo da educação. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1976.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. Experimental and quasi-experimental designs for research. Boston: Houghton Mifflin, 1963.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503-1–4503-9, 2011. DOI: 10.1590/S1806-11172011000400018.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, v. 66, n. 1, p. 64–74, 1998.

MATOS PEREIRA, P. D.; SOUZA DA SILVA, M. Construção de um kit experimental com Arduino para ensino de oscilações em tempo real. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, p. e20210186, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0186>.

MATTAR, J. Games em educação: como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson, 2010.

OLIVEIRA, C. L. V.; ZANETTI, H. A. P. **Arduino descomplicado**. 1ª. Edição. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2015.

OUYANG, F.; XU, G. Effects of educational robotics on STEM learning: a meta-analysis. *Computers e Education*, v. 205, 104856, 2024.

PAPERT, S. *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, 1980.

PAPERT, S. *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Books, 1993.

PIAGET, J. *A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PEREIRA, R. F.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de Física. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2009. p. 12–23. Acesso em: 10 fev. 2025.

PRENSKY, M. *Teaching digital natives: partnering for real learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin, 2010.

RESNICK, M. *Lifelong kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. Cambridge, MA: MIT Press, 2017.

SAILER, M.; HOMNER, L. The gamification of learning: a meta-analysis. *Educational Psychology Review*, v. 32, n. 1, p. 77–112, 2020.

SAVADATTI, Manikant. *How to measure distance using Ultrasonic sensor | How to Find Distance using soundwaves? (Full tutorial)*. Manitesla Projects, 10 nov. 2020. Disponível em: <https://manikantsavadatti.blogspot.com/2020/11/ultrasonicsensor.html>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SHADISH, W. R.; COOK, T. D.; CAMPBELL, D. T. *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin, 2002.

WANG, K.; ZHANG, H.; LI, J.; LI, Y. The effectiveness of educational robots in improving learning outcomes: a meta-analysis. *Sustainability*, v. 15, n. 5, 4637, 2023.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011.

## ANEXOS

1. Manual do Usuário
2. Programa (Sketch)
3. Peças do Jogo
4. Catálogo de peças
5. Kit do jogo
6. Trena Montada

## MANUAL DO USUÁRIO

*JOGO DIDÁTICO BAT E VOLTA – CURTA ESSA ONDA!*

### SUMÁRIO

- 1- OBJETIVO DO JOGO
- 2- COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS
- 3- METODOLOGIA
- 4- ITENS DO JOGO
- 5- FORMAÇÃO DAS EQUIPES
- 6- PAPEL DO PROFESSOR
- 7- REGRAS DO JOGO
- 8- MONTAGEM DA TRENA
- 9- ANEXO
  - INSTRUÇÕES DE COMO MONTAR A TRENA
  - IMPLANTAÇÃO DO SKETCH (CÓDIGO) NO ARDUINO

### 1. OBJETIVO DO JOGO

Promover a aprendizagem ativa dos conceitos de ondulatória integrados à robótica educacional. Vence a equipe que montar corretamente uma **trena digital ultrassônica com Arduino**, conquistando componentes e códigos ao longo de um percurso em forma de onda senoide.

## 2. COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS

- Compreensão dos fenômenos ondulatórios
- Interpretação de gráficos e parâmetros de ondas
- Lógica de programação com Arduino
- Trabalho em equipe e resolução de problemas

## 3. METODOLOGIA

Baseada na **gamificação** e nos **ciclos de aprendizagem de John Heron**: imaginação, discriminação, emoção e ação. Os alunos passam por momentos de desafio, estratégia, aplicação prática e cooperação.

## 4. ITENS DO JOGO

### **Materiais didáticos:**

- Tabuleiro com 24 casas em forma de onda senoidal;
- 100 Cartas das casas gerais com perguntas de múltipla escolha;
- 50 Cartas bônus com curiosidades;
- 4 Pinos marcadores de equipe;
- 2 Dados comuns de 6 faces;
- 100 Cédulas de crédito  $\pi\text{\$}$ ;
- Catálogo de itens para montagem da trena;
- Manual de instruções.

### **Kit de Robótica:**

- 1 Arduino Uno;
- 1 Sensor ultrassônico HC-SR04;
- 1 Display LCD IC2;
- 1 Protoboard;
- 10 Jumpers cores variadas;
- 1 Porta-bateria 9V;
- 1 Bateria 9V;
- 12 Fichas com linhas de programação;

- 1 Fita métrica.

## 5. FORMAÇÃO DAS EQUIPES

Dependendo do número de alunos da turma o professor pode dividi-los em duas ou mais equipes. Cada equipe receberá um peão colorido que usará no tabuleiro para o jogo.

## 6. PAPEL DO PROFESSOR

- Apresentação das regras;
- Esclarecimento adicional dos conceitos;
- Correção dos desafios;
- Liberação de componentes;
- Supervisão da montagem final;
- Mediação de conflitos.

## 7. REGRAS DO JOGO

1. Cada equipe lança o dado e avança casas no tabuleiro. Para permanecer na casa onde chegou a equipe precisa, se:
  - **Casa comum:** responder uma pergunta de uma carta da coleção “Chega de Onda e Responda”.
  - **Casa bônus:** Ler em voz alta a curiosidade escrita em uma carta da coleção “Bônus”. Além de permanecer nesta casa, a equipe ainda acumula o crédito que carta oferece.
2. Quando a equipe chega no fim do caminho no percurso do tabuleiro, ela acumula  $2\pi$  de crédito e retorna ao início para começar de novo o percurso. Esse looping é indeterminado, dependendo de acumular créditos suficientes para comprar todos os itens necessários para montar a trena digital ultrassônica.

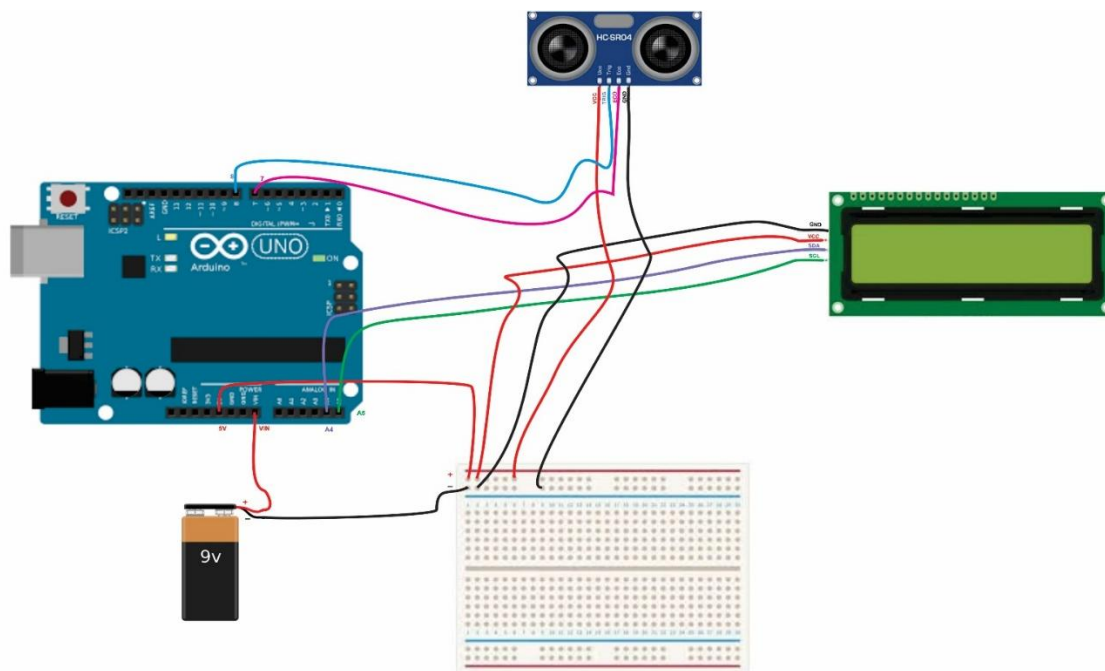
3. A moeda do jogo é o  $\pi\$$ , esses créditos são acumulados para comprar itens do catálogo – peças ou linhas de programação, para montar a trena.

## 8. MONTAGEM DA TRENA

- Só pode começar depois que adquirir a quantidade de crédito suficiente para comprar o kit inteiro.
- Termina o jogo quando uma equipe atinge o acúmulo de créditos suficientes para montar a trena. Contudo, se a trena não funcionar a(s) outra(s) equipe(s) podem continuar a acumular créditos para fazer a tentativa.
- Depois de pronta, o professor testa a trena utilizando a fita métrica: a medida deve estar correta (erro  $< 2\%$ ).

A equipe que montar corretamente vence!

Esquema de Montagem da Trena Ultrassônica



Fonte: do autor (2025)

## INSTRUÇÕES DE COMO MONTAR A TRENA

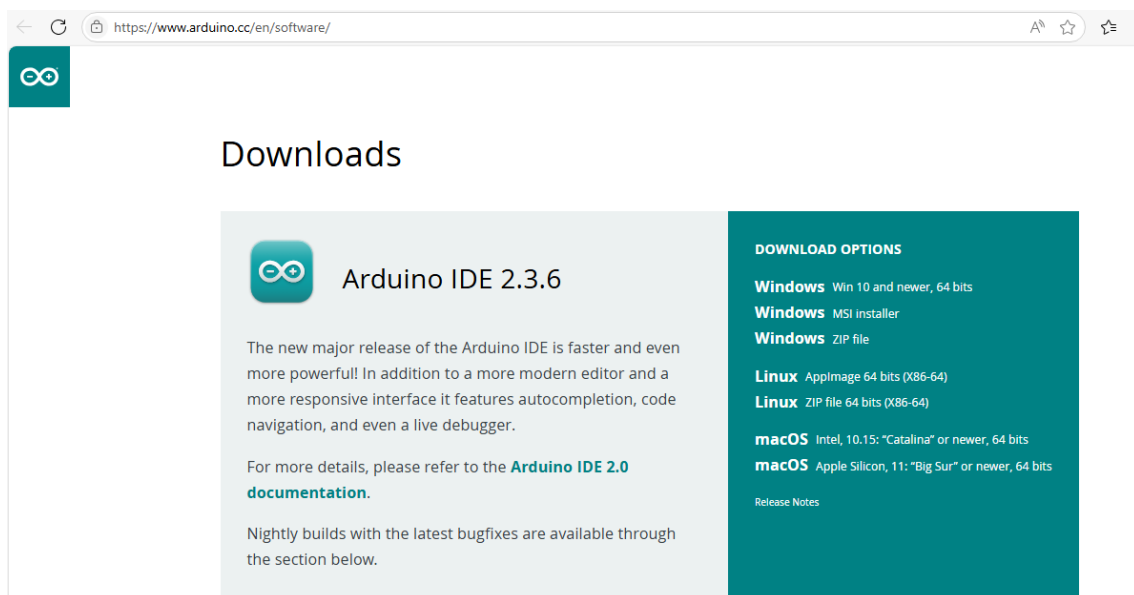
*Utilize os jumpers do kit para fazer as conexões abaixo:*

- a) Pino GND do LCD ligado à linha de alimentação negativa da protoboard.
- b) Pino VCC do LCD ligado à linha de alimentação positiva (5V) da protoboard.
- c) Pino SDA do LCD ligado ao pino A4 do Arduino.
- d) Pino SCL do LCD ligado ao pino A5 do Arduino.
- e) Pino GND do HC-SR04 ligado à linha de alimentação negativa da protoboard.
- f) Pino VCC do HC-SR04 ligado à linha de alimentação positiva da protoboard.
- g) Pino TRIG do HC-SR04 ligado ao pino 8 do Arduino.
- h) Pino ECHO do HC-SR04 ligado ao pino 7 do Arduino.
- i) Pino de alimentação positiva (5V) do Arduino à linha de alimentação positiva da protoboard.
- j) Pino de alimentação negativa (GND) do Arduino à linha de alimentação negativa da protoboard.
- k) Cabinho preto (negativo) do porta bateria à alimentação negativa da protoboard.
- l) Cabinho vermelho (positivo) do porta bateria ao pino VIN do Arduino.
- m) Coloque a bateria 9V no porta bateria.
- n) Ligue o interruptor do porta bateria (on/off).
- o) Regule o contraste do Display girando o potenciômetro (parafuso philips).

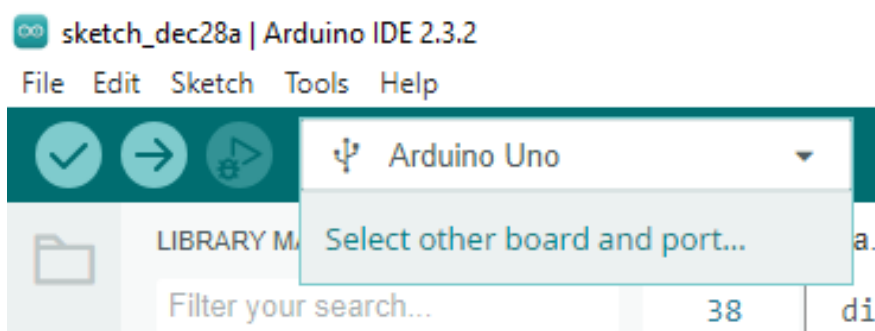
## IMPLANTAÇÃO DO SKETCH (CÓDIGO) DA TRENA

**Passo 1.** Utilizando o cabo USB, ligue o Arduino a um computador.

**Passo 2.** Instale no computador o software (IDE) de programação e comunicação com o Arduino para upload do código. O instalador pode ser baixado no endereço: <https://www.arduino.cc/en/software/>



**Passo 3.** Selecione a placa conectada a porta USB:



**Passo 4.** Digite o código da trena obtido nas fichas de programação na sequência de fichas de 1 a 12:



```
sketch_dec28a | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno

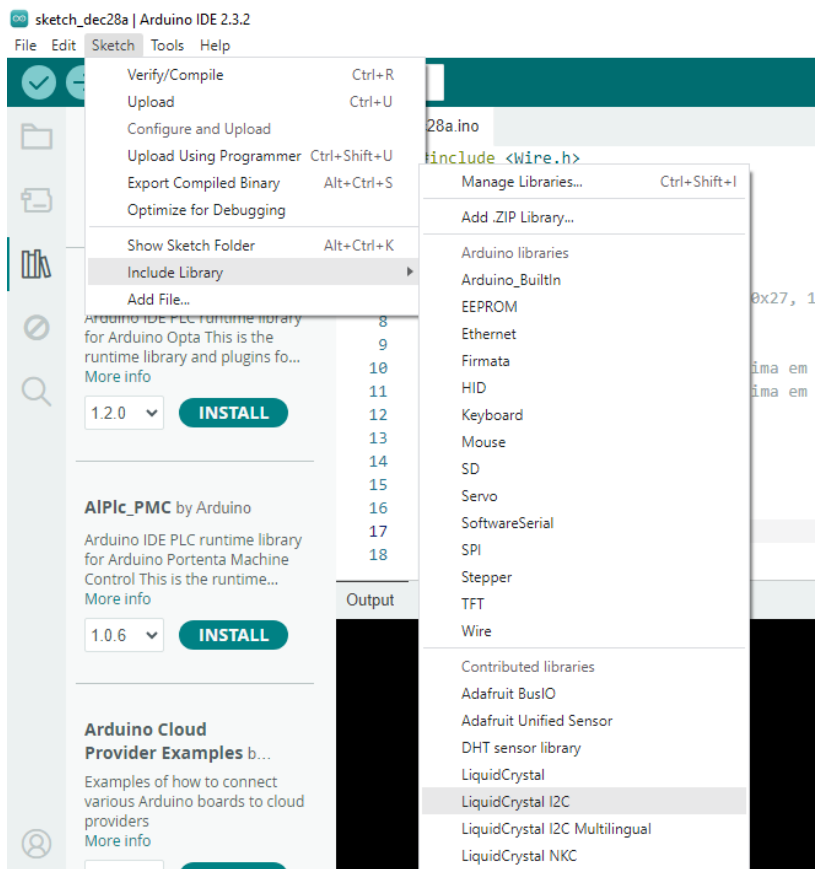
LIBRARY MANAGER
Filter your search...
Type: All
Topic: All

ALPlc_Opta by Arduino
Arduino IDE PLC runtime library
for Arduino Opta This is the
runtime library and plugins fo...
More info
1.2.0 INSTALL

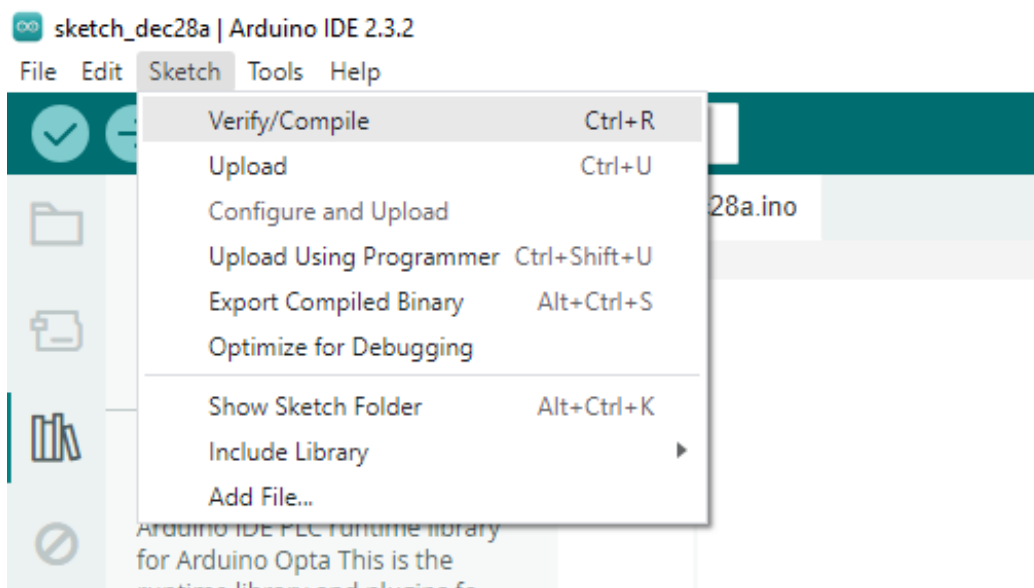
ALPlc_PMC by Arduino
Arduino IDE PLC runtime library
for Arduino Portenta Machine
Control This is the runtime...
More info

sketch_dec28a.ino
1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4 #define TRIG 8
5 #define ECHO 7
6
7 // Define o LCD no endereço padrão 0x27, 16 colunas e 2 linhas
8 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
9
10 int maximo = 200; // Distância máxima em cm
11 int minimo = 0; // Distância mínima em cm
12 long duracao, distCm, distPol;
13
14 void setup() {
15 // Inicializa o LCD
16 lcd.init();
17 lcd.backlight();
18
```

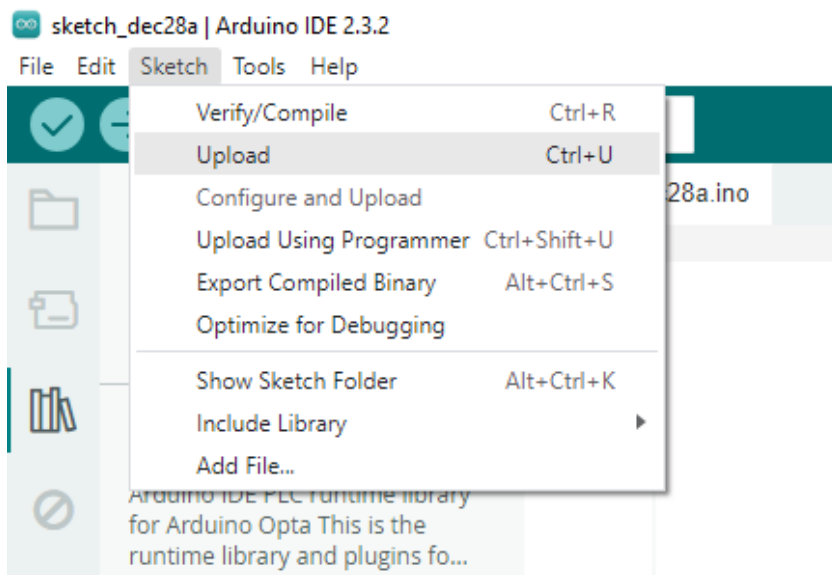
**Passo 5.** No menu Sketch / Include Library clique em LiquidCrystal I2C para instalar a biblioteca LiquidCrystal I2C para funcionamento do Display LCD.



**Passo 6.** No menu Sketch e clique em Verify/Compile.



**Passo 7.** Se não houver nenhum erro, no menu Sketch clique em Upload.



No Arduino um LED vermelho vai piscar indicando que o upload do código foi realizado com sucesso.

### **Passo 8.** Programa (Sketch):

Após realizar a montagem do projeto, implementar o sketch a seguir através da plataforma de conexão do Arduino UNO com o PC.

```
#include <LiquidCrystal.h>

#define TEMPO_ATUALIZACAO 1000
#define ECHO 7
#define TRIG 8

int maximo = 200; // Distância máxima: 200 cm
int minimo = 0; // Distância mínima: 0 cm
long duracao, distCm, distPol;

// LCD
LiquidCrystal lcd (12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```
void setup () {
pinMode (12, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  lcd.begin (16, 2);

  pinMode(TRIG, OUTPUT);
  pinMode(ECHO, INPUT);
}

void loop () {
  // Enviar um pulso
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, LOW);

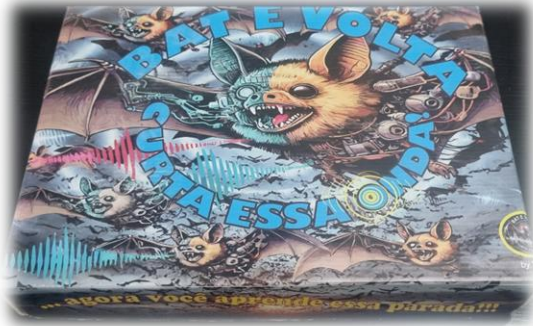
  // Obter o tempo que o pulso levou para retornar
  Duração = pulseIn(ECHO, HIGH);

  // Calcular a distância em centímetros
  distCM = duração / 58;

  // Calcular a distância em polegadas
  distPol = duração / 37;
  lcd.clear();
  if (distCm >= máximo || distCm <= mínimo) {
    lcd.print("Fora de faixa!");
  }
  Else {
    lcd.print("Distância: ");
```

```
    lcd.setCursor(0, 1); // Coluna, Linha
    lcd.print(distCm);
    lcd.print(" cm / ");
    lcd.print(distPol);
    lcd.print(" pol");
}
delay(TEMPO_ATUALIZACAO);
}
```

Embalagem do Jogo



Tabuleiro



Cartas



Cédulas pi



Dados



Pinos marcadores de equipes

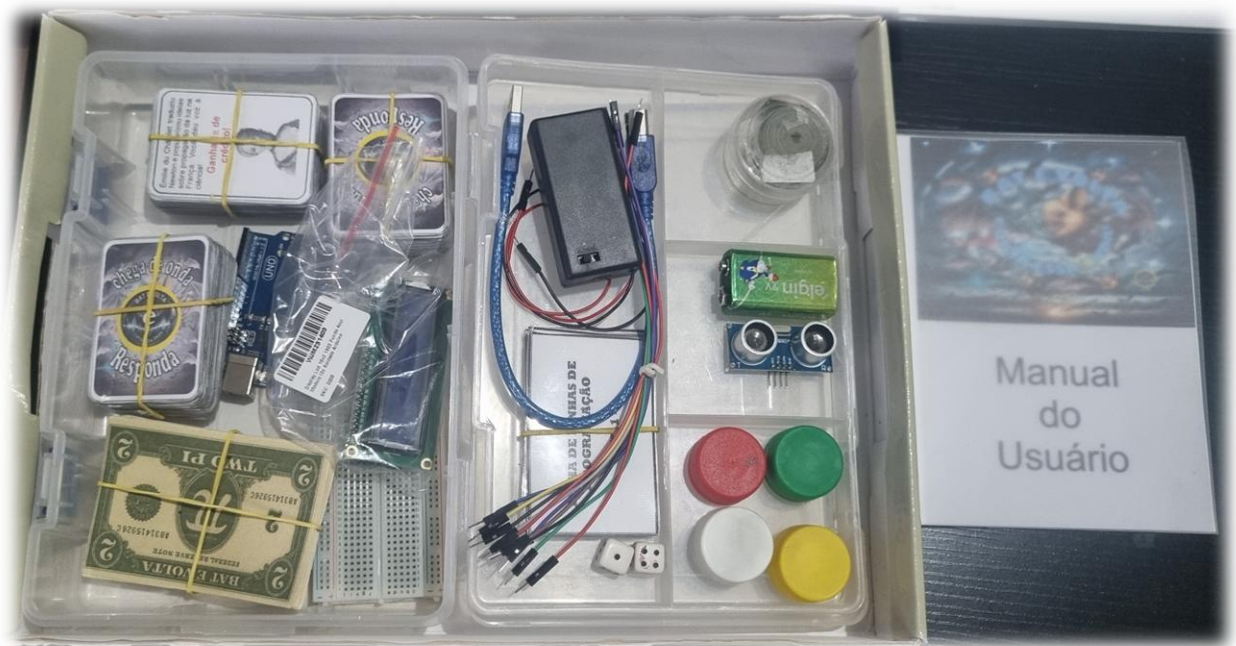


## Catálogo de peças e códigos

### *Trena Digital Ultrassônica*

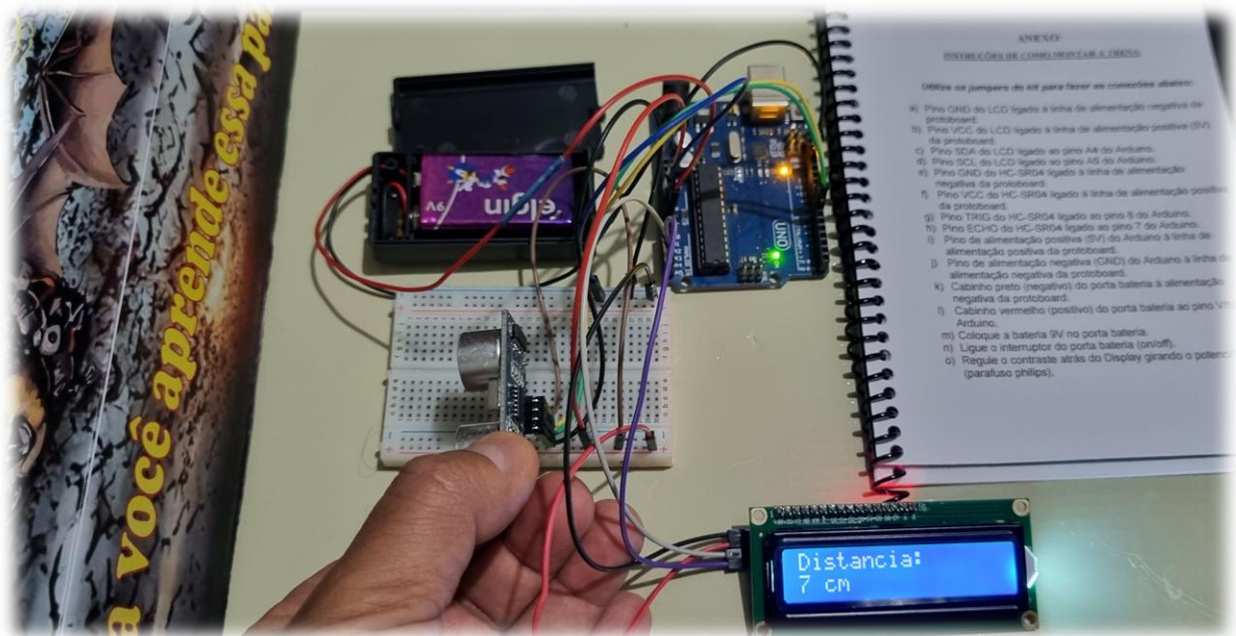
<i>Itens</i>		<i>Preço (π\$)</i>
<i>Arduino Uno</i>		$12\pi$
<i>Cabo de comunicação USB</i>		$4\pi$
<i>Display LCD IC2</i>		$6\pi$
<i>Sensor Ultrassônico HC-SR04</i>		$5\pi$
<i>Protoboard</i>		$4\pi$
<i>Kit de Jumpers</i>		$3\pi$
<i>Porta Bateria 9V</i>		$3\pi$
<i>Bateria 9V</i>		$3\pi$
<i>Fichas de linhas de programação</i>	<i>Cada ficha</i>	$1\pi$

## Kit do Jogo



Fonte: do autor (2025)

## Trena Montada



Fonte: do autor (2025)