

## APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO NA LICENCIATURA EM FÍSICA: TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA

### MEANINGFUL LEARNING USING ARDUINO IN A PHYSICS DEGREE COURSE: TRIGONOMETRY, WAVES AND MUSIC

 <https://doi.org/10.63330/armv1n5-013>

Submetido em: 18/07/2025 e Publicado em: 22/07/2025

**Marcos Antonio Bezerra de Carvalho**

Aluno de pós-graduação da Universidade do Estado da Bahia no Programa GESTEC. Analista de Sistemas.

E-mail: marcos.bezerra@trfl.jus.br

**Josemeire Machado Dias**

Docente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB); Pós-doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA), Doutora em Educação e Contemporaneidade (UNEB), Mestre em Redes de Computadores, Licenciada em Educação Artística, Bacharel em Ciência da Computação;

E-mail: jmdias@uneb.br

**Melina Silva de Lima**

Docente da Jala University Brasil, UNIME, Academia da Polícia Militar; Doutora em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Mestre em Educação Matemática, Mestre em Astronomia, Matemática;

E-mail: melinasl\_mel@hotmail.com

**José Vicente Cardoso Santos**

Docente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB); Doutor Modelagem Computacional e Tecnologias Industriais. Mestre em Educação. Mestre em Administração e Comércio Internacional. Bacharel em Física. Analista de Sistemas. Bacharel em Direito. Engenheiro Civil. Pós-Graduado em: Educação e Psicopedagogia; Engenharia Ambiental. Auditoria Contábil e Financeira. Física do Estado Sólido.

E-mail: vicentecardoso@uneb.br

#### RESUMO

O aprendizado de Física muitas vezes se revela desafiador para os alunos, e essa dificuldade pode estar associada aos comentários negativos que os estudantes ouvem sobre a disciplina, vindos de colegas ou até de familiares que já a cursaram. O objetivo geral da pesquisa é potencializar a aprendizagem de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio do uso de um dispositivo baseado em Arduino, que integra conceitos de trigonometria para a análise de sons musicais, promovendo uma abordagem prática e interativa do conteúdo; e, como objetivos específicos tem-se: a) Construir hardware com o arduino para a promoção do ensino de conteúdo de Física, ondas mecânicas, com o uso da trigonometria para análise dos sons musicais; b) Mensurar, através de questionários, o quanto o uso da ferramenta tecnológica proposta contribui para aumentar o interesse dos alunos na disciplina; e, c) Utilizar funções trigonométricas para modelar matematicamente os padrões de ondas gerados, como senos e cossenos, e explicar como essas funções descrevem fenômenos físicos. Para consolidar esses objetivos adota-se uma metodologia híbrida envolvendo uma revisão de literatura, de cunho histórico, descritivo, documental e teórico lastreada em estudo de caso em universo de pesquisa composto por estudantes de graduação em física da UNEB, Salvador, com o uso do laboratório de ondulatória. Por fim,



como resultados obtêm-se a construção do produto em arduino, adoção de um conjunto de estratégias para o ensino com lastro na detecção de subsumores; a implementação destas estratégias, auxiliando assim e redes colaborativas para o ensino de física.

**Palavras-chave:** Ausubel; Arduino; Matemática; Física; Ondas Mecânicas; Música.

### **ABSTRACT**

Learning Physics is often challenging for students, and this difficulty may be associated with the negative comments that students hear about the subject, coming from colleagues or even family members who have already taken it. The general objective of the research is to enhance the learning of mechanical waves in the Physics Degree course at UNEB, through the use of a device based on Arduino, which integrates trigonometry concepts for the analysis of musical sounds, promoting a practical and interactive approach to the content; and, as specific objectives, the following are considered: a) Build hardware with Arduino to promote the teaching of Physics content, mechanical waves, with the use of trigonometry to analyze musical sounds; b) Measure, through questionnaires, how much the use of the proposed technological tool contributes to increasing students' interest in the subject; and, c) Use trigonometric functions to mathematically model the generated wave patterns, such as sines and cosines, and explain how these functions describe physical phenomena. To consolidate these objectives, a hybrid methodology was adopted involving a literature review, of a historical, descriptive, documentary and theoretical nature, based on a case study in a research universe composed of undergraduate physics students from UNEB, Salvador, with the use of the wave laboratory. Finally, the results obtained are the construction of the product in Arduino, the adoption of a set of strategies for teaching based on the detection of subsumers; the implementation of these strategies, thus assisting and collaborative networks for the teaching of physics.

**Keywords:** Ausubel; Arduino; Mathematics; Physical; Mechanical Waves; Music.



## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo o aprendizado de Física, em especial nos cursos de graduação, muitas vezes se revela desafiador para os alunos, e essa dificuldade pode estar associada aos comentários negativos que os estudantes ouvem sobre a disciplina, vindos de colegas ou até de familiares que já a cursaram (Amador; Vieira, 2020).

De acordo com Andrade (2013), essa situação ocorre devido à dificuldade em abstrair os fenômenos físicos e ao alto nível de exigência matemática que a matéria requer. Além disso, a ausência de métodos didáticos eficazes e a falta de formação adequada em ensino de Física (Carvalho; Gil-Pérez, 2009), com estratégias como estudo de caso, mapas conceituais, ensino baseado em pesquisa, uso de robótica educacional e ensino por investigação, agravam a situação (Carvalho, 2009).

Merece considerar que, ainda segundo o que preconiza Carvalho (2009), a robótica pedagógica "é uma nova ferramenta disponível para o professor, que permite demonstrar na prática muitos dos conceitos teóricos que às vezes são de difícil compreensão, motivando tanto o docente quanto, especialmente, o aluno".

Verifica-se também que preocupações em consonância com esse cenário podem ser detectadas na obra de Lyotard (1986) que evidencia que as importantes modificações, desde os anos 50, na concepção do que seja ciência e universidade, com o cenário cibernético-informático e informacional permitem a expansão de estudos sobre a linguagem, desenhando o pós-moderno entre procedimentos científicos e procedimentos políticos evidenciando o fato de que a verdade e o poder não podem estar separados, ao tempo em que Harvey (2016) preconiza que ao confrontar as tendências da arte, da arquitetura, da filosofia e da política pós-modernas com as exigências econômicas decorrentes dos ciclos de expansão e da crise do capitalismo tem-se um conjunto de condições denominadas de condições pós-moderna e isso gera uma acumulação flexível com a instauração da hegemonia da acumulação flexível.

Neste cenário demanda-se de novas práticas educacionais que, de forma natural, deve partir dos docentes e estes, por sua vez, têm diversas ferramentas disponíveis para propor, e, em especial, as ferramentas da comunicação e da informação estão cada vez mais capilares, aumentando-se assim as possibilidades de maiores acessos a todos os alunos (Graça, 2020).

Desta maneira, nestes cenários, verifica-se que o uso das tecnologias da informação e da comunicação, que, quando associadas a uma proposta teórica eficaz, a citar a teoria da aprendizagem significativa do David Ausubel, e, com o foco nas demandas do curso de graduação de Licenciatura em Física (Brasil, 1996) e, em especial, na disciplina que envolve no seu conteúdo, a Teoria das Ondas Mecânicas, com foco nas ondas sonoras, tem-se o constructo deste projeto de pesquisa (Brasil, 2010), onde se propõe aplicações nos conteúdos do estudo das ondas mecânicas com o uso de técnica específica e com produto produzido nessa pesquisa que proporciona a união dessa técnica, da música e do formato de ondas



mecânicas para o estudo da matemática e da física associada com lastro no uso das funções trigonométricas fundamentais.

Dentro dessa perspectiva é proposta a aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) associada ao uso da plataforma tecnológica Arduino como recurso motivacional em atividades experimentais investigativas, promovendo o desenvolvimento de uma cultura científica (Axt, 1991).

A pesquisa com o título "Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: arduino como ferramenta em aprendizagem significativa" tem como objeto de pesquisa a investigação do uso do Arduino como ferramenta didática para promover a aprendizagem significativa de conceitos de trigonometria, ondas e música no contexto da Licenciatura em Física da UNEB.

Nesse sentido a pesquisa busca explorar como a interação entre esses temas pode favorecer a compreensão dos fenômenos físicos e matemáticos associados às ondas sonoras, utilizando o Arduino como recurso experimental de forma que esse estudo se insere na área de ensino de Física e Matemática, com foco no uso de técnicas específicas de ensino com a aprendizagem significativa no contexto da Licenciatura em Física da UNEB.

A questão norteadora da pesquisa reflete sobre a factibilidade, ou não, da construção de um hardware com o arduino para proporcionar melhoria do processo de ensino e a detecção subsunções que proporcionem uma aprendizagem significativa na Física com o uso da correlação entre as funções trigonométricas e as ondas sonoras (Carvalho, 2009).

Com isto questiona-se se é factível a construção de um hardware com finalidade precípua o ensino de física para cursos de graduação com a correlação entre as funções trigonométricas e as ondas sonoras das músicas e que adote o viés da aprendizagem significativa e de acesso geral por parte dos docentes e discentes?

O objetivo geral dessa pesquisa é potencializar a aprendizagem de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio do uso de um dispositivo baseado em Arduino, que integra conceitos de trigonometria para a análise de sons musicais, promovendo uma abordagem prática e interativa do conteúdo.

Com base no objetivo geral da pesquisa tem-se como objetivos específicos: a) Construir hardware com o arduino para a promoção do ensino de conteúdo de Física, ondas mecânicas, com o uso da trigonometria para análise dos sons musicais; b) Mensurar, através de questionários, o quanto o uso da ferramenta tecnológica proposta contribui para aumentar o interesse dos alunos na disciplina; c) Utilizar funções trigonométricas para modelar matematicamente os padrões de ondas gerados, como senos e cossenos, e explicar como essas funções descrevem fenômenos físicos.

A consolidação da proposta de abordagem às bases do produto, o hardware com o uso do Arduino e da teoria da aprendizagem significativa para o ensino de física em cursos técnicos, visa atenuar as



dificuldades encontradas pelos novos estudantes, além de gerar contribuições valiosas para o processo formativo (Bassalobre, 2013).

Esse projeto proporcionará o reconhecimento dos principais perfis de subsunções na comunidade educacional onde será aplicado, facilitando uma aprendizagem mais direcionada e eficaz.

Do ponto de vista educacional, o impacto principal é a promoção de uma aprendizagem mais ativa e engajada. A abordagem prática proposta, com o uso de Arduino para a visualização e experimentação dos conceitos físicos, permite que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e significativa das teorias apresentadas (Axt, 1991).

Conforme observado por Seymour Papert (1980), o aprendizado se torna mais eficaz quando os alunos são incentivados a construir ativamente seu próprio conhecimento, em vez de simplesmente receberem informações passivamente.

A pesquisa também traz impactos significativos no desenvolvimento de competências tecnológicas. No contexto contemporâneo, a familiaridade com ferramentas de hardware e programação é essencial para a formação de profissionais (Carvalho; Gil-Pérez, 2009) aptos a lidar com as demandas do mercado de trabalho.

Ainda segundo o que nos ensina Bassalobre (2013), a colaboração em projetos não só melhora as habilidades técnicas dos alunos, mas também fortalece competências socioemocionais, como a empatia, a comunicação e o trabalho em equipe, essenciais para a convivência em sociedade.

Assim, a integração da música e do Arduino no ensino de Trigonometria e ondas no curso de Licenciatura em Física da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) apresenta-se como uma proposta fundamentada em robustos princípios teóricos e práticos que favorecem a aprendizagem significativa. Essa abordagem é apoiada por diversas investigações que demonstram a eficácia do uso de tecnologias e da música no processo educativo, especialmente nas áreas de ciências e matemática.

A incorporação dessas tecnologias no ensino de física e matemática na UNEB segue os princípios da aprendizagem significativa, conforme proposto por Ausubel. A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se conecta de forma substantiva e não arbitrária com o que o aluno já sabe. A música e o Arduino facilitam essas conexões ao permitirem que os estudantes relacionem conceitos matemáticos e físicos com experiências práticas e cotidianas, aumentando a relevância e a retenção do conhecimento (Rizzo, 2022).

Feito esse processo a análise dos dados deverá ser quantitativa, descritiva e inferencial, envolvendo: Cálculo de médias, desvios-padrão e frequências absolutas e relativas para os itens do questionário, teste t para amostras independentes ou Mann-Whitney U, para comparar os escores da TC e da TE no pós-teste, teste t pareado (ou Wilcoxon) para medir o ganho entre pré e pós-teste em cada grupo juntamente com a análise de correlação de Spearman ou Pearson para verificar associação entre variáveis como motivação e



desempenho, pois, segundo Marconi e Lakatos (2017), esse tipo de análise permite "relacionar quantitativamente os efeitos de uma intervenção pedagógica em populações reais" (p. 194).

Além disso o lócus da pesquisa será o Laboratório de Ondulatória, do curso de Licenciatura em Física, da UNEB, no Campus I, localizado em Salvador (BA), foi escolhido como locus da pesquisa, proporcionando um ambiente propício para a implementação e teste do dispositivo em Arduino e a pesquisa contará com uma amostra representativa de estudantes, conforme ilustra a Figura 9, a seguir, com a localização da Campus em Salvador.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 AS TEORIAS DE ENSINO ADOTAS**

Contempla-se uma revisão de literatura sobre as teorias de ensino e aprendizagem, piagetianas e pós-piagetianas, com fins de evidenciar nas mesmas os aspectos objetivos no ensino de física com o viés da proposta da aprendizagem significativa do David Ausubel (2013) de forma a resultar em uma proposta de estratégias para consolidação do ensino a partir da detecção de subsunsores (Ausubel, 2013).

Neste sentido considera-se como uma tendência o uso de ludicidade proporcionada pelo uso do arduino em ambientes educativos para o ensino de física utilizando-se uma modelagem no software (linguagem de programação), ou equivalente<sup>1</sup>, e com acesso via web através de endereço específico em sítio na rede mundial de computadores.

### **2.2 ONDAS SONORAS: A COMPOSIÇÃO DA MÚSICA**

O som é uma onda mecânica que se propaga por meios materiais, sendo caracterizado por uma série de propriedades que influenciam diretamente a sua percepção. A frequência, por exemplo, é uma das características mais fundamentais do som, definida como o número de oscilações completas que uma onda realiza por segundo, medida em hertz (Hz).

Frequências mais altas resultam em sons mais agudos, enquanto frequências mais baixas produzem sons mais graves. No projeto desenvolvido, a variação de frequência é controlada por meio de um potenciômetro, permitindo que os alunos explorem, na prática, como a mudança na frequência afeta a percepção do som. Esta prática auxilia na compreensão de conceitos como o espectro audível, que vai de aproximadamente 20 Hz a 20.000 Hz (Rossing, 2007).

Assim a análise de ondas com diferentes amplitudes no osciloscópio é uma ferramenta poderosa para diagnósticos e pesquisa em eletrônica e física. Interpretar essas diferenças corretamente ajuda a compreender melhor o comportamento dos sistemas e a identificar problemas potenciais.

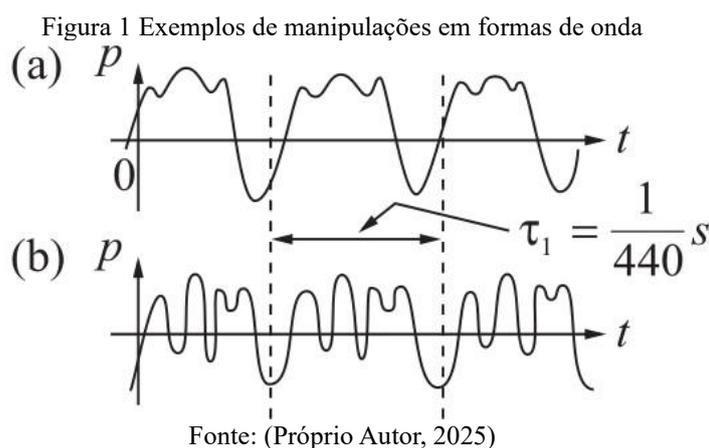
---

<sup>1</sup> A ser definido em conjunto com o orientador e coorientador no momento de desenvolvimento da mesma.



A teoria musical pode ser explorada através do estudo da relação entre intervalos musicais e harmônicos. Conforme a física das ondas sonoras demonstra, uma corda vibrante ou qualquer outro sistema oscilatório pode gerar múltiplos harmônicos, que são múltiplos inteiros da frequência fundamental.

A manipulação prática das formas de onda no projeto permite que os alunos ouçam e observem essas variações de timbre, conectando a teoria física das ondas com a teoria musical de harmonia e timbre, conforme evidenciado na Figura 1, a seguir:



Através da manipulação das frequências no protótipo, os alunos poderão experimentar diretamente essa relação, observando no osciloscópio como diferentes frequências se combinam para criar acordes e harmônicos. Esta abordagem interativa, em conjunto com a teoria musical e os fundamentos da física ondulatória, oferece uma experiência de aprendizado significativa, conforme proposto por Ausubel (Ausubel, 1968).

A variação das formas de onda, controlada por botões no shield multifuncional, também influencia no timbre, proporcionando uma experiência interativa que facilita o entendimento de como as ondas sonoras e suas propriedades afetam a percepção musical. Além disso, a visualização dessas ondas em um osciloscópio contribui para a compreensão dos conceitos físicos envolvidos, correlacionando a teoria com a prática.

Entretanto a implementação do ensino de música enfrenta desafios como a adequação de espaços e a formação de professores capacitados visto que a música na escola deve ser abordada não apenas como uma atividade recreativa, mas como uma disciplina que requer conhecimento aprofundado e abordagens pedagógicas específicas pois isso exige que os educadores tenham uma compreensão sólida tanto de música quanto de metodologias de ensino musical.



### 2.3 O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB

O curso noturno de Licenciatura em Física da Universidade do Estado da Bahia é lotado no Departamento de Ciências Exatas e da Terra, do Campus I, em Salvador, Bahia.

A existência de novos cursos de Licenciatura em Física é uma necessidade premente no Estado da Bahia tendo em vista o reduzido número de professores licenciados ministrando tal disciplina no ensino médio. Estudos do INEP indicam, entre 1990 e 2001, uma demanda por 55 mil professores de Física; entretanto apenas 7216 saíram dos bancos universitários (Escassez de professores no Ensino Médio: Propostas estruturais e emergenciais, ENE/CEB, 2007).

Em 2007, uma análise do Ministério da Educação, em todo o País, indicou que Física é a disciplina que apresenta o menor número de professores com formação específica, cerca de 25,22% (Estudo exploratório sobre o professor brasileiro com base nos resultados do Censo Escolar da Educação Básica em 2007, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - Inep, Brasília, 2009).

Outros dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP, no ano de 2009, mostram que de 152.468 professores que atuam na Educação Básica, apenas 51.531 possuíam nível superior. Em particular, para a área de Física, esse número se reduz para 2.562 professores (Lisboa *et al.*, 2012).

Em um relatório do Tribunal de Contas da União (Relatório de Auditoria nº177/2013), Física é a disciplina com maior carência; mais de 9 mil professores, sendo que é o único caso com déficit em todos os estados. Este relatório indica ainda que em 2011, havia apenas 2568 licenciados em Física, sendo que a necessidade era cerca de 9900 profissionais (importante mencionar que nem todos atuaram como professores no Ensino Médio). Este mesmo relatório afirma que existe um déficit de 1060 professores de Física no Estado da Bahia, sendo este o maior entre todas as disciplinas.

Posteriormente, uma auditoria do Tribunal de Contas da União, em 2014, identificou Física como a disciplina com maior necessidade de professores, representando 30% do total de disciplinas e alcançando todos os Estados do País (Ensino Médio no Brasil. Auditoria Coordenada: Educação; Instituto Rui Barbosa; Tribunal de Contas da União, Brasília, TCU, 2014).

Assim, diversas instituições públicas de ensino superior no Estado, sensíveis a este panorama, tem criado cursos de Licenciatura em Física com uma perspectiva de solucionar e/ou atenuar essa deficiência, proporcionando uma educação básica, de melhor qualidade.

O curso de Licenciatura em Física objetiva a formação de um educador com sólidos conhecimentos em Física Teórica e Experimental sendo amplamente capacitado no desenvolvimento e utilização de tecnologias computacionais a fim de promover a aprendizagem de modo interessante e significativo.

Mais especificamente, devemos formar profissionais: 1) Pautados em uma ética de atuação profissional atentos para sua responsabilidade social e com uma compreensão crítica de ciência; 2) Capazes



de explorar situações problemas relacionados ao cotidiano dos estudantes bem como suas soluções e mecanismos para a obtenção dos mesmos; 3) Com sólidos conhecimentos acerca de tecnologias computacionais, sendo capaz de realizar animações e simulações com o objetivo de utilizar este ferramental para a compreensão dos conceitos físicos e solução de problemas relacionados com os mesmos; e 4) Com sólida formação teórica e experimental sendo um profissional hábil no desenvolvimento de experimentos didáticos bem como na análise dos conceitos físicos envolvidos.

A proposta do curso noturno de Licenciatura em Física da UNEB possui como fio condutor uma forte ênfase na utilização de ferramentas computacionais para o Ensino de Física. Vivemos em uma sociedade completamente imersa na tecnologia da informação em que o jovem utiliza dispositivos tecnológicos de forma cada vez mais intensa e precoce. Desse modo as práticas de ensino devem ser adaptadas e novas formas desenvolvidas com o objetivo de estimular o jovem ao estudo da Física.

## 2.4 HISTORICIDADE DAS TEORIAS DA APRENDIZAGEM

A teoria de aprendizagem pode ser definida como um conjunto de princípios e proposições que buscam explicar como as pessoas adquirem, retêm e aplicam o conhecimento. Essas teorias têm se desenvolvido ao longo do tempo, com base em diversas correntes filosóficas, psicológicas e pedagógicas. O estudo sistemático da aprendizagem começou a ganhar destaque no final do século XIX e início do século XX, com a emergência da psicologia como uma disciplina independente, sendo fortemente influenciado por cientistas como Ivan Pavlov, John B. Watson e Edward Thorndike (Schunk, 2012).

O behaviorismo dominou o campo educacional por décadas, influenciando práticas de ensino baseadas em recompensas e punições (Skinner, 1974).

No entanto, com o avanço dos estudos sobre cognição, surgiu o **cognitivismo**, que desafiou o behaviorismo ao enfatizar os processos internos da mente, como memória, percepção e raciocínio. Jean Piaget (1950) foi um dos pioneiros dessa abordagem, desenvolvendo a teoria do desenvolvimento cognitivo, na qual a aprendizagem é vista como um processo ativo, em que o aluno constrói seu conhecimento por meio da interação com o ambiente.

A teoria de Piaget é composta por quatro estágios principais: **sensorio-motor**, **pré-operacional**, **operacional concreto** e **operacional formal** e isso pode ser elucidado no quadro a seguir:



Quadro 1 Elucidativo da Teoria de Piaget: estágios do desenvolvimento cognitivo

<b>Estágio</b>	<b>Faixa Etária</b>	<b>Características Principais</b>
Sensório-Motor	0 - 2 anos	Desenvolvimento de esquemas baseados em interações físicas e motoras com o ambiente; aquisição da permanência do objeto.
Pré-Operacional	2 - 7 anos	Desenvolvimento da linguagem e uso de símbolos; pensamento egocêntrico; intuição sem compreensão lógica.
Operacional  Concreto	7 - 11 anos	Capacidade de realizar operações mentais limitadas a situações concretas; aquisição do conceito de conservação; classificação de objetos.
Operacional Formal	11 anos - adulto	Pensamento abstrato; formulação de hipóteses; raciocínio hipotético-dedutivo; compreensão de conceitos abstratos como justiça e moralidade.

Fonte: (Próprio autor, 2025)

Além disso, a proposta piagetiana apresenta alguns conceitos fundamentais que evidenciamos a seguir, no Quadro 2:

Quadro 2 Conceitos Fundamentais da Teoria de Piaget

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
Esquemas Cognitivos	Estruturas mentais usadas para organizar e interpretar informações.
Assimilação	Incorporação de novas informações aos esquemas existentes.
Acomodação	Modificação dos esquemas para se ajustarem a novas informações.
Equilibração	Processo de equilíbrio entre assimilação e acomodação, fundamental para o desenvolvimento cognitivo.

Fonte: (Próprio autor, 2025)

A proposta de Piaget gera também algumas implicações, que são: o destaque da importância da interação ativa com o ambiente no aprendizado; a evidência que o desenvolvimento cognitivo ocorre em estágios seqüenciais; a influência direta na educação, ressaltando a necessidade de adaptação dos métodos de ensino à fase cognitiva do aluno; e a contribuição para compreensão do pensamento infantil e seu impacto na aprendizagem.

Esses processos são essenciais para o desenvolvimento cognitivo, pois permitem que a criança ajuste sua compreensão do mundo à medida que adquire novas experiências.

A teoria de Piaget influenciou profundamente o campo da educação, levando à valorização de práticas pedagógicas que promovem o aprendizado ativo. Piaget acreditava que as crianças aprendem melhor quando têm a oportunidade de descobrir e explorar por si mesmas, em vez de apenas receber informações passivamente.

Desta maneira, para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso compreender o processo de conhecimento e reconhecê-los, de modo que a aprendizagem seja explicativa, onde o aprendiz possa construir seus próprios conhecimentos (Moreira, 1999).

Merece então considerar que o Quadro 3, a seguir, resume de forma bem ampla a proposta teórica do Ausubel e suas nuances são evidenciadas de forma resumida, conforme se pode observar.



Quadro 3 Resenha da Aprendizagem Significativa e Subsunoçores

<b>Conceitos Principais</b>	<b>Definição e Características</b>
Aprendizagem Significativa	Processo no qual o novo conhecimento se relaciona de forma substancial e não arbitrária com o conhecimento prévio do aluno. Envolve atribuir significados aos conteúdos, promovendo uma aprendizagem contextualizada e multireferencializada.
Subsunoçores	Elementos prévios na estrutura cognitiva do aluno que permitem a assimilação de novos conhecimentos. Incluem proposições, modelos mentais, representações sociais e conceitos previamente adquiridos.
Organizadores Prévios	Ferramentas auxiliares usadas quando o aluno não possui subsunoçores adequados para compreender um novo conhecimento. Funcionam como uma ponte entre o que o aluno sabe e o novo conteúdo a ser aprendido.
Aprendizagem Mecânica vs. Aprendizagem Significativa	A aprendizagem mecânica ocorre de forma arbitrária e literal, sem conexão significativa com conhecimentos prévios. Já a aprendizagem significativa envolve a incorporação ativa de novos conhecimentos à estrutura cognitiva do aluno, promovendo compreensão profunda.

Fonte: (Próprio Autor, 2025).

Dessa maneira, a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel enfatiza que a aquisição do conhecimento ocorre quando novas informações se conectam de maneira lógica e estruturada aos conhecimentos prévios do aluno. Ele diferencia a aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica, destacando que a primeira promove uma compreensão mais profunda e duradoura e essas características fizeram com que a escolha para essa pesquisa fosse consolidada.

## 2.5 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que vem ganhando destaque como uma ferramenta educativa de grande relevância. Ele permite que alunos de diversas áreas do conhecimento explorem conceitos de eletrônica, programação e design de sistemas, tornando o aprendizado mais dinâmico e prático (Banzi, 2011).

A placa Arduino UNO, na Figura 2 a seguir, é uma placa de microcontrolador baseada na família de microcontroladores Atmega328. Ela possui um total de 14 portas de entrada e saída digitais, sendo 6 delas utilizadas como saídas de modulação por largura de pulso (PWM).



Figura 2 The Arduino UNO board



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

O Arduino Uno possui seis entradas analógicas, de A0 a A5. Como cada uma dessas entradas analógicas tem uma resolução de 10 bits, ela converte a tensão de entrada em números de 0 a 1023. Quando os aterramentos do circuito a ser medido com o Arduino estão conectados entre si, o pino de entrada analógica permite medições elétricas com uma resolução de  $5/1024 \approx 5\text{mV}$ . Valores de tensão superiores a 5V também podem ser medidos usando resistores divisores de tensão.

Depois de analisarmos diferentes formatos de ondas e ainda, compreender diversos princípios de acústica e música pode-se verificar que será possível compreender e utilizar o Mozzi, que é uma biblioteca de síntese sonora desenvolvida por Tim Barrass. Não posso elogiar o suficiente o Mozzi - o código é altamente otimizado, bem comentado e oferece um rico conjunto de recursos para produção sonora (Rossing, 2007).

O código do Mozzi utiliza-se de diversos conceitos avançados, incluindo templates, matemática de ponto fixo e outros com aspectos numéricos com maior precisão do que as máquinas domésticas tradicionais.

Outro aspecto fundamental trabalhado no projeto é a forma de onda e o AD9833, conforme veremos no próximo parágrafo, permite a geração de diferentes formas de onda, como senoidal, quadrada e triangular, cada uma com características únicas que influenciam o timbre do som (Analog Devices, 2024).

Merece considerar que o AD9833 é um gerador de formas de onda programável muito utilizado em aplicações de testes, medidas e controle de sistemas e é fabricado pela Analog Devices, sendo capaz de gerar ondas senoidais, quadradas e triangulares, o que o torna extremamente versátil para uma variedade de aplicações eletrônicas e de comunicação.

O AD9833 é então programável via Interface SPI de forma a ser controlado por uma interface serial periférica (SPI), que permite ao usuário definir a frequência e o tipo de onda desejados por meio de comandos digitais com operação em faixa de frequência, tipicamente de 0,1 Hz até 12,5 MHz, dependendo da configuração do clock de referência.



Assim a Biblioteca Mozzi é uma síntese de áudio para Arduino que permite a criação de sons complexos e controle de áudio em tempo real com relativa facilidade. Ela utiliza as capacidades do microcontrolador Arduino para gerar sinais de áudio, eliminando a necessidade de um hardware externo dedicado como o AD9833 para algumas aplicações.

Em resumo, a substituição do AD9833 pela Mozzi é vantajosa em projetos onde a complexidade sonora e a interatividade são prioritárias, mas é essencial considerar as limitações de desempenho e hardware ao fazer essa escolha.

No ensino de física e matemática, o Arduino oferece uma oportunidade para os estudantes aplicarem conceitos teóricos em situações reais. Por exemplo, ao trabalhar com sensores e atuadores controlados pelo Arduino, os alunos podem investigar fenômenos como aceleração, velocidade e variação de temperatura em experimentos físicos.

Isso cria uma ponte direta entre o conteúdo teórico e suas aplicações práticas, o que torna a aprendizagem mais significativa e motivadora para os alunos (Beynon *et al.*, 2016). Além disso, a flexibilidade da plataforma permite que os estudantes personalizem seus projetos, incentivando a criatividade e o pensamento crítico.

Outra vantagem do Arduino no ensino é sua acessibilidade. Como uma plataforma de código aberto, ele é amplamente disponível e tem baixo custo, o que facilita sua adoção em salas de aula e laboratórios de escolas e universidades.

Esse tipo de abordagem promove uma aprendizagem mais holística e contextualizada, aproximando os alunos dos desafios reais do mundo contemporâneo (Blikstein, 2018).

Além de estimular o aprendizado técnico, o uso do Arduino no ensino promove o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe, persistência e resolução de problemas. Os alunos são frequentemente desafiados a encontrar soluções para problemas inesperados que surgem durante a construção de seus projetos. Isso requer que eles colaborem, compartilhem ideias e sejam resilientes diante de falhas.

## 2.6 SONOTRIG: DESCRIÇÃO E USO

Pretende-se assim, com esta abordagem, promover uma aprendizagem significativa, e, para isso, utilizaremos questionários para receber feedbacks dos alunos. Esses questionários serão fundamentais para sondar dificuldades existentes, identificar desafios enfrentados e colher sugestões de melhorias para o projeto.

Este dispositivo, além de gerar ondas senoidais, triangulares e quadradas utilizando a biblioteca open-source Mozzi, exibe suas respectivas formas de onda em um display OLED.

Ele também permite representar propriedades físicas e matemáticas fundamentais das ondas, como



período, frequência e amplitude. Dessa forma, os alunos podem observar visualmente, no display, como a variação do período está associada à frequência ( $f = 1/T$ ), além de perceber auditivamente como essas mudanças influenciam o tom sonoro. Essa abordagem reforça a conexão entre a teoria e a prática, facilitando o entendimento conceitual.

Outro diferencial do projeto é a participação ativa dos alunos na montagem do dispositivo, dentro de uma abordagem maker. Essa etapa prática estimula o engajamento, a curiosidade e o aprendizado prático, consolidando os conceitos teóricos por meio da experimentação e construção.

### 3 COMENTÁRIOS FINAIS

Nessa pesquisa aborda-se, em concomitância, o ensino de Física e seus desafios; a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel; o uso do Arduino como ferramenta educacional; a relação entre ondas mecânicas, trigonometria e música; e a importância da experimentação no ensino de conceitos físicos e matemáticos.

Assim, a pesquisa evidenciou que a integração entre teoria da Aprendizagem Significativa, tecnologias educacionais acessíveis como o Arduino e conteúdos interdisciplinares envolvendo Física, Matemática e Música configura uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino superior. A construção e aplicação do dispositivo Sonotrig demonstraram-se promissoras ao promover um ambiente de aprendizagem mais ativo, colaborativo e conectado com os conhecimentos prévios dos estudantes, facilitando a assimilação de conceitos abstratos de ondas mecânicas e funções trigonométricas.

A análise dos dados coletados, por meio de questionários e observações em laboratório, apontou um aumento perceptível no engajamento discente, bem como indícios de melhora na compreensão conceitual e na motivação para o estudo da Física. Ao permitir a manipulação prática dos parâmetros das ondas sonoras e a visualização em tempo real de suas propriedades físicas e matemáticas, o Sonotrig se consolida como ferramenta didática inovadora que estimula a curiosidade, a experimentação e a construção autônoma do conhecimento.

Dessa forma, conclui-se que o uso do Arduino, quando articulado a uma proposta didática coerente com os princípios da Aprendizagem Significativa, contribui para transformar o ensino de Física em um processo mais significativo, lúdico e interdisciplinar. A proposta, portanto, revela-se replicável e escalável, podendo ser adaptada a diferentes contextos educacionais e conteúdos curriculares, especialmente em cursos de Licenciatura que enfrentam desafios estruturais e pedagógicos para formação de professores críticos, criativos e comprometidos com uma educação científica de qualidade.



## REFERÊNCIAS

- AMADOR, F., & VIEIRA, M. O uso de plataformas de hardware aberto no ensino de ciências: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências*, 12(2). 2020. 45-60.
- AMIEL, T. Educação aberta: configurando ambientes, práticas e recursos educacionais. In.: SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, N. De L. (Org). Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas políticas públicas. Capítulo 2. 1ª. ed., 1 imp. Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital. 2012.
- ANALOG DEVICES. AD9833: Low Power, 12.65 mW, 2.3 V to 5.5 V, Programmable Waveform Generator. Disponível em: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9833.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2013.
- AUSUBEL, D. P. The psychology of meaningful verbal learning. Grune & Stratton. 1963.
- AUSUBEL, David P. Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. Tópicos em ensino de Ciências. Porto Alegre: Sagra, 1991. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/31126-Texto%20do%20artigo-124010-1-10-20200705.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2024.
- BACHELARD, G. O Novo Espírito Científico. 2ª ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1985.
- BANZI, M. Getting started with Arduino. O'Reilly Media. 2011.
- BASSALOBRE, J. N. Ética, Responsabilidade Social e Formação de Educadores. Educação em Revista, Belo Horizonte, v. 29, n. 1, 2013.
- BENITTI, F. B. V. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988. 2012.
- BEYNON, J., Hoggarth, S., & Kerr, M. Teaching with Arduino: Open-source microcontrollers for cross-disciplinary projects in education. *International Journal of Engineering Education*. 2016.
- BLIKSTEIN, P. Maker movement in education: History and prospects. *Harvard Educational Review*, 84(4). 2018. 414-429.
- BORGES, M. F., & MIGUEIS, M. L. O uso de tecnologias digitais no ensino de Física: Um caminho para a interdisciplinaridade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(1). 2017. 1-10.
- BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Brasília, 2016.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. 2ª. ed. Capítulo II, Seção I, III, IV. 1996.



BRASIL. MEC - Ministério da Educação (Org.). Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2010. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

CAMILLERI, A. F.; EHLERS, U. D.; PAWLOWSKI, J. State of the art review of quality issues related to Open Educational Resources (OER). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/116967>. Acesso em: 19 abr. 2024.

CARVALHO, A. M. P. de. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2009. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO\\_EV117\\_MD1\\_SA16\\_ID5881\\_17092018192356.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA16_ID5881_17092018192356.pdf). Acesso em: 30 mai. 2024.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de Ciências: tendências e inovações. São Paulo: Cortez, 2009.

CASTELLS, M. A Sociedade em Rede. vol. I de A Era da Informação: economia, sociedade e cultura. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CHIQUETO, Marcia Rosane; AROLDI, Juciane. Música na Educação Básica - Uma Experiência com Sons Alternativos. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2269-8.pdf>. Acesso em: 3 jan 2025.

COLLINS, N. Arduino for musicians: A complete guide to Arduino and teensy microcontrollers. Oxford University Press. 2014.

EDSTROM, B. Arduino for musicians. 1ª Ed, Washington: Oxford University Press, 2016.

FARIAS JÚNIOR, José Floriano da Veiga. O Estudo das Ondas Utilizando a Plataforma Arduino como Facilitadora do Processo de Ensino e Aprendizagem por meio de UEPS. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2020.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 12º ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOOGLE-MAPS. Disponível em: [https://www.google.com/search?q=Google-Maps&sca\\_esv](https://www.google.com/search?q=Google-Maps&sca_esv). Acesso em 20 out 2024.

GRAÇA, Janilce S. D. *et al.* Aspectos Históricos da Psicopedagogia. Artigo Científico. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/viewFile/2572/578/2014>, pdf. Acesso em: 20 dez 2020.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. Física 3. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 390 p.

HARVEY, D. Condição Pós-Moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. 26ª Ed. São Paulo: Edições Loyola Jesuítas, 2016, 352 pp.

HOROWITZ, P. The art of electronics. 3rd Ed, Washington: Cambridge University Press, 2015.

KAMII, C., & DeVries, R. Piaget for early education. Addison-Wesley. 1977.



KNIGHT, R. D. *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics*. Pearson, 2016.

LEVY, P. *As Tecnologias da Inteligência. O Futuro do Pensamento na Era da Informática*, Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

LISBOA, E. A.; MOTA, L. M. Mota; SOCORRO, M.; SOARES, M. F. *A implementação da Licenciatura em Física no IFBA - Campus Salvador: resultados preliminares*. VII CONNEPI - Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, 2012.

LYOTARD, J.F. *O pós-moderno*. Rio de Janeiro: José Olympio, 1986. 123. Trad. Ricardo Corrêa Barosa.  
MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia do trabalho científico*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.  
Disponível em:  
[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo\\_C1\\_como\\_elaborar\\_projeto\\_de\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf). Acesso em: 12 jul. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARTINS, M. S., SILVA, A. S., & ROCHA, L. F. *Arduino: A tool for STEM education in schools*. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 12(1). 2019. 1-10.

MINAYO, M. C. de S. *Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade*. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2010.  
Disponível em: [http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/1428/minayo\\_\\_2010.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1428/minayo__2010.pdf). Acesso em 12 jul. 2022.

MONK, S; Scherz, P. *Practical electronics for inventors, Fourth Edition*, Washington: McGraw Hill TAB, 2016.

MORAN, J. M. *A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. *Revista Brasileira de Educação*, 20(1). 2015. 35-50.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e suas implicações para o ensino de ciências*. *Ciência & Educação*, 17(1). 2011. 29-43.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. 1999. São Paulo: Centauro.

MOREIRA, M. A. *Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais*, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2012.

MOREIRA, M. A. *Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa*. Porto Alegre-RS, 2009.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*,(1982), 4ª Edição. São Paulo: Editora Centauro, 2011.

MOYSÉS NUSSENZVEIG, H. *Curso de Física Básica: Vol. 2 - Ondas, Calor e Termodinâmica*. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.



OLIVEIRA, Solamy do Rocio da Silva; COELHO, José Pedro Fernandes da Silva. Arduino e Educação: Instrumentalização e Tecnologias no Ensino da Música. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 09, Vol. 06, pp. 05-15, Setembro de 2020.

Pallas-Areny, R., & Webster, J. G. Sensors and Signal Conditioning. Wiley-Interscience. 2001.

PAPERT, S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books. 1980.

PASQUALI, Luiz. Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

PAVLOV, I. P. Conditioned reflexes. Oxford University Press. 1927.

PENNA, Maura. Música e seu Ensino, Porto Alegre: Sulina, 2012.

PIAGET, J. Psicologia e Epistemologia: por uma teoria do conhecimento. Forense Universitária. 2001.

PIAGET, J. Seis Estudos de Psicologia. 24ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2019.

PIAGET, J. The Construction of Reality in the Child. New York: Basic Books, 1954.

Piaget, J. The construction of reality in the child. New York: Basic Books. 1954.

PIAGET, J. The Development of Thought: Equilibration of Cognitive Structures. New York: Viking Press, 1977.

Piaget, J. The development of thought: Equilibration of cognitive structures. Viking Press. 1977.

PIAGET, J. The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence. New York: Basic Books, 1958.

Piaget, J. The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books. 1958.

Piaget, J. The origins of intelligence in children. New York: International Universities Press. 1952.

PIAGET, J. The Origins of Intelligence in Children. New York: Norton, 1952.

PIAGET, J. The psychology of intelligence. Routledge. 1950.

POPPER, K. A lógica da pesquisa científica. Rio de Janeiro: Editora Cultrix, 2017.

RIZZO, Adrian Luiz. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: Uma Proposta de Website como Recurso Potencialmente Significativo no Estudo de Acústica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022.

ROGERS, C. R. Freedom to learn. Merrill Publishing. 1969.

ROSSING, Thomas D. The Science of Sound. 3rd ed. Boston: Addison-Wesley, 2007.

SCHUNK, D. H. Learning theories: An educational perspective. Pearson. 2012.



SIEMENS, G. Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. 2005.

SKINNER, B. F. About behaviorism. Knopf. 1974.

THIOLLENT, M. Metodologia de Pesquisa-ação. 2009. São Paulo: Saraiva. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/view/72796/69984>. Acesso em: 10 mar. 2024.

THORNDIKE, E. L. The elements of psychology. A.G. Seiler. 1905.

TORRES, L. P. Competências matemáticas de jovens e adultos em alfabetização. Brasília: UNB. 2021. Disponível na Internet em <http://www.anped.org.br/25/patriciaalimattorrest19.rtf>. Acesso em 2 nov. 2024.

VALENTE, J. A. A cultura maker e a revolução tecnológica na educação. *Educação e Tecnologia em Foco*, 10(1). 2015. 18-25.

VYGOTSKY, L. S. A Formação Social da Mente. São Paulo: Martins Fontes, 2019.

WATSON, J. B. Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*. 1913.