



C A P Í T U L O 4

Automação Robótica e Sustentabilidade como boas Práticas na Docência de Ciências da Natureza

<https://doi.org/10.22533/at.ed.782122512084>

Adivaldo João da Silva Santos

Secretaria de Estado da Educação de Rondônia – SEDUC/RO

<http://lattes.cnpq.br/1365149179748472>

Maicon Maciel Ferreira de Araújo

Mediação Tecnológica de Rondônia – SEDUC/RO. Doutorando PGDRA/UFRO.

<http://lattes.cnpq.br/0500045213932187>

Deise Silva Lima

Mediação Tecnológica de Rondônia – SEDUC/RO

<http://lattes.cnpq.br/3359948362693857>

Fabrício Moraes De Almeida

Doutor em Física (UFC). Professor do PGDRA/UFRO e do Departamento
de Engenharia Elétrica/Universidade Federal de Rondônia – UFRO.

<http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>

RESUMO: Esse projeto mostra a construção de um xilofone automatizado que tem como elementos didáticos garrafas de vidro recicladas nos conteúdos ministrados em Ciências da Natureza. Esse instrumento busca integrar música e tecnologia para ensinar conceitos de eletrônica, de programação e de música, agregando criatividade e o pensamento crítico. O uso de garrafas de vidro recicladas faz do projeto tomar um caráter sustentável e de sensibilização ambiental e desenvolver habilidades colaborativas. O xilofone automatizado possibilita trabalhar concepções físicas como frequência, amplitude, e tempo e matemáticas como a proporcionalidade, de modo prático e divertido. O trabalho emprega o princípio do ressonador de Helmholtz, onde o volume de ar de uma garrafa e o gargalo funcionam como sistema massa-mola determina a frequência de ressonância do som produzido. A frequência de ressonância é ajustada a partir do volume de água nas garrafas,

o que altera as alturas das colunas de ar internas. A metodologia é baseada em construção mecânica com o uso de motores DC e de baquetas impressas em 3D e em um sistema eletrônico implantado por meio do Arduino. A programação do Arduino tem a função de automatizar a reprodução de melodias, bem como de afinar-lhes os parâmetros sonoros. Um aplicativo para Android foi desenvolvido para controle do sistema via Bluetooth e foi projetado para reproduzir as músicas padrão de um catálogo e criar melodias. Os resultados mostram que o projeto teve êxito em criar uma experiência educacional com foco interdisciplinar, visando ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática (STEAM). O projeto foi premiado em nível regional e estadual em Rondônia, recebendo um prêmio pelo mérito e inovação. No futuro, propõe-se aumentar o número de garrafas para incluir os semitonos e usar sensores de movimento para acionar automaticamente as notas.

PALAVRAS – CHAVE: xilofone, robótica, ensino.

Robotic Automation and Sustainability as Good Practices in Natural Sciences Teaching

ABSTRACT: This project demonstrates the construction of an automated xylophone using recycled glass bottles as teaching aids in Natural Sciences courses. This instrument seeks to integrate music and technology to teach electronics, programming, and music concepts, fostering creativity and critical thinking. The use of recycled glass bottles gives the project a sustainable and environmentally aware approach, as well as developing collaborative skills. The automated xylophone allows students to explore physical concepts such as frequency, amplitude, and time, as well as mathematical concepts such as proportionality, in a practical and fun way. The project employs the Helmholtz resonator principle, in which the volume of air in a bottle and the neck act as a mass-spring system to determine the resonance frequency of the sound produced. The resonance frequency is adjusted based on the volume of water in the bottles, which alters the height of the internal air columns. The methodology is based on mechanical construction using DC motors and 3D-printed drumsticks, as well as an electronic system implemented through Arduino. Arduino programming automates the playback of melodies and fine-tunes their sound parameters. An Android app was developed to control the system via Bluetooth and was designed to play default songs from a catalog and create melodies. The results show that the project successfully created an educational experience with an interdisciplinary focus, focusing on science, technology, engineering, art, and mathematics (STEAM). The project received awards at the regional and state levels in Rondônia, receiving a merit and innovation award. In the future, plans include increasing the number of bottles to include semitones and using motion sensors to automatically trigger the notes.

KEYWORDS: xylophone, robotics, teaching.

INTRODUÇÃO

A construção de instrumentos com a utilização de materiais reciclados promove a criatividade e o pensamento crítico, possibilitando aos estudantes trabalharem conceitos de matemática, física, arte e música através da prática (OLIVEIRA, 2022).

Neste projeto, utilizaremos essa sinergia para desenvolver um xilofone automatizado, que será capaz de tocar uma diversidade de sons e melodias, sendo controlado por um microcontrolador Arduíno, com a intenção de aliar beleza da música e a precisão da tecnologia não apenas para criar um instrumento único, mas também para desenvolver uma poderosa ferramenta pedagógica. O xilofone automatizado funcionará como um veículo para ensino de conceitos básicos de eletrônica, programação e música, promovendo a criatividade, a resolução de problemas e o pensamento crítico dos estudantes.

Este trabalho convida os participantes a entrar no mundo da música e da tecnologia através de abordagens experimentais e inovadoras. Ao construir um xilofone automatizado, poderão criar sons e melodias de sua própria autoria, desenvolvendo criatividade e autonomia. Essa abordagem pedagógica favorece o aprendizado ao longo da vida e desenvolve a busca por novas soluções relativas a novos métodos de ensino, preparando os jovens para os desafios tecnológicos do mundo contemporâneo. Construir um xilofone automatizado com garrafas de vidro recicladas, para facilitar a compreensão dos conceitos físicos de : frequência, amplitude, tempo, em matemática pode destacar o uso da proporcionalidade para produzir sons mais graves e agudos, programação entre outros por meio de uma abordagem prática e divertida.

Os objetivos principais deste projeto estão relacionados à construção e operação de um xilofone automatizado com garrafas de vidro. Isso inclui a construção do instrumento propriamente dito, desde a escolha das garrafas como constituintes sonoros e o design das baquetas personalizadas impressas em 3D, até a construção de sua estrutura mecânica com motores DC e a implementação de um sistema eletrônico com Arduíno para o controle do instrumento. O objetivo é o de criar um dispositivo que possa reproduzir melodias de forma automática, o que implica uma programação do Arduíno com as sequências musicais e o ajuste fino da velocidade e da força dos motores para construção do som e sincronização.

Além da construção e operação, o objetivo do projeto é personalizar e aumentar as capacidades do xilofone. Isso contempla a implementação de ajustes de tempo, volume e outros parâmetros sonoros, além da possibilidade de conectividade com dispositivos externos, como computadores e smartphones, sob o intuito de aumentar as opções de criação musical -como por exemplo, o controle do xilofone via um aplicativo com um teclado virtual para o mesmo. Ao final, o projeto também

propõe a avaliação da qualidade sonora e da precisão da execução das melodias, a usabilidade da interface, a satisfação do usuário e a identificação de melhorias para futuras versões.

A utilização de garrafas de vidro recicladas confere ao projeto um caráter sustentável, promovendo a conscientização ambiental entre os alunos. Além disso, a construção do xilofone exigiu um trabalho colaborativo intenso, desenvolvendo habilidades essenciais como comunicação, resolução de problemas e trabalho em equipe. Essa iniciativa inovadora serve como um modelo que pode inspirar outras instituições educacionais a adotar práticas pedagógicas mais dinâmicas e criativas, democratizando o acesso à tecnologia e à educação de qualidade, e preparando os estudantes para um futuro profissional cada vez mais interdisciplinar.

A construção do xilofone automatizado com materiais reciclados transcende a mera criação de um instrumento musical; ela se configura como uma experiência educacional multifacetada que integra ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática. Os resultados alcançados demonstram o êxito em proporcionar aos alunos uma jornada de descobertas, onde a teoria é aplicada na prática e desafios inesperados são superados através da pesquisa e da colaboração.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ressonador de Helmholtz é um sistema simples composto por um volume de ar confinado e um gargalo, como uma garrafa. O ar contido no gargalo oscila em primeira aproximação como um oscilador harmônico amortecido, e a pressão acústica no interior da garrafa está diretamente relacionada ao deslocamento do centro de massa do ar no gargalo (Helmholtz, 1954).

Na pesquisa de Selamet e Lee (2003) referente a esses ressonadores, os resultados mostram que a frequência de ressonância pode ser controlada pelo comprimento, forma e porosidade da perfuração da garganta estendida, sem alterar o volume da cavidade. artigo investiga o desempenho acústico de um ressonador de Helmholtz circular concêntrico com uma garganta estendida, utilizando métodos teóricos, numéricos e experimentais. Os autores examinam como o comprimento, a forma e as perfurações da extensão da garganta afetam a frequência de ressonância e a perda de transmissão.

Segundo Li et al. (2016), para o cálculo da frequência de ressonância do ressonador de Helmholtz que leva em consideração o volume do ressonador e o comprimento efetivo do pescoço é dado por $f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{l_e V}}$, onde, c é a velocidade do som, le é o comprimento efetivo do pescoço, V é o volume do ressonador e r é o raio do pescoço.

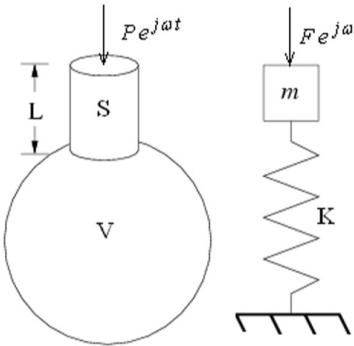


Figura 01: Representação de um ressonador Helmholtz.

Fonte: LUPEA (2012).

Um ressonador de Helmholtz atua como um filtro acústico que se comporta como um sistema massa-mola (Fahy, 2000). A massa do sistema corresponde ao gás localizado na parte de dentro do pescoço do ressonador e sua rigidez é determinada pelo volume de gás no recipiente. Para se calcular a massa efetiva de fluido, no pescoço, usa-se $m = \rho_0 S L'$, com L' sendo o comprimento corrigido do pescoço inchado, considerando as terminações flangeadas ou não (Yu, 2009).

A rigidez efetiva do sistema k , é obtida a partir da variação de pressão dentro da cavidade para o deslocamento do pescoço, onde $\kappa = \left| \frac{-\rho_0 c_0^2 S^2}{V} \right|$, sendo a velocidade do som no ar e a densidade do ar (Kinsler, 1999).

A dinâmica do ressonador é dada pela expressão da segunda lei de Newton com termos para a massa, resistência (devida à radiação sonora e perdas na parede) e rigidez, a partir da qual se retira a frequência de ressonância. Para Esandari (2017), a ressonância pode ser dada por: $\omega_0 = c_0 \sqrt{\frac{S}{L' V}}$ rad/s ou $f_0 = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{L' V}}$ Hz.

A abordagem experimental e inovadora deste trabalho convida à imersão no universo da música e da tecnologia, permitindo a criação de sons e melodias originais e, consequentemente, o desenvolvimento da criatividade e autonomia. Essa metodologia pedagógica suporta o aprendizado contínuo e a busca por soluções inovadoras, preparando os jovens para os desafios tecnológicos contemporâneos.

A utilização de garrafas de vidro recicladas na construção do xilofone automatizado facilita a compreensão de princípios físicos como frequência, amplitude e tempo, além de destacar o uso da proporcionalidade em matemática para a produção de sons graves e agudos, tudo isso por meio de uma atividade lúdica e prática.

Xilofone é um instrumento percussivo de frequência determinada, normalmente feito de lâminas de metal ou madeira de comprimentos diferentes, arranjadas em forma de teclado e que são tocadas com baquetas, gerando as notas da escala musical. Na construção do xilofone no nosso experimento, foram empregadas dez garrafas de vidro, nas quais as notas foram adquiridas variando o volume de água em cada garrafa, o que alterou também a altura das colunas de ar que se encontravam dentro delas.

A garrafa também funciona como um tubo sonoro com uma extremidade aberta, boca da garrafa, e uma extremidade fechada, o fundo. Quando a garrafa é perturbada, por acaso um toque no vidro ou um sopro, as moléculas do ar que se encontram no seu interior começam a vibrar. Mas elas têm essa vibração de amplitude desigual: as que estão na extremidade aberta vibram mais ao contrário das que estão mais próximas do fundo do recipiente (paradas em relação ao fundo), que têm graus de desvio muito inferiores por causa do empuxo que o fundo oferece. Essa diferença é o que permite ao som ser produzido e ajustado.

Goto (2009) discute a conexão interna que existe entre Música, Matemática e Física, enfatizando as escalas musicais constituídas pelos graus do som, juntamente com as propriedades que possuem os conceitos de consonância e dissonância. Eles explicam a produção e a propagação de um som à luz de leis físicas e de equações, e o entendimento deles requer conhecimento musical, a fim de apreendê-los completamente nos assim denominados fundamentos da física.

Ferreira & Silva (2019), por outro lado, definem a música como a manifestação artística dela. Para eles, a música é um conjunto de sons que, ao serem ouvidos, por um processo de organização tornam-se a melodia que conhecemos.

A conexão entre a física e a música é intrínseca, como exemplificado pelas ondas sonoras, que são classificadas como ondas mecânicas longitudinais. A faixa de frequências das ondas sonoras, que são audíveis ao ser humano, se estende de 20 Hz a 20 kHz. As qualidades desses sons são muito variadas e mesmas dependem diretamente da fonte sonora. Se a física fornece o organismo matemático e gráfico desse fenômeno ondulatório (Nussenzveig, 2014), mediante expressões matemáticas, gráficos e tabelas, a música expressa as mesmas qualidades do som pela notação musical e pela partitura. Portanto, é evidente que as duas disciplinas representam o mesmo fenômeno sonoro, com linguagens e metodologias distintas.

No âmbito educacional, o ensino da Acústica, como tema abrangente - que envolve as ondas sonoras e suas propriedades -, acaba sendo reduzido à área física e suas tecnologias, negligenciando seus profundos laços com a música. Historicamente, o conceito de onda sempre esteve ligado não só aos problemas da natureza, impostos pelas vibrações dos corpos sonoros, das quais tradicionalmente se ocupava o domínio

da física, mas também a problemas de caráter musical, mais precisamente, aos que envolvem os princípios da harmonia musical (Moreira Junior e Carvalho, 2011). Isso mostra uma lacuna na proposta pedagógica que pode ser suprida na interligação entre duas áreas do conhecimento.

A interação entre a perturbação sonora e o recipiente provoca ondas estacionárias em algumas frequências. Quando isso acontece, a coluna de ar do tubo entra em ressonância com a frequência da estrondadora fonte sonora e é essa ressonância que é essencial para a produção de tons definitivos em instrumentos, como o xilofone de garrafas.

Simbolicamente, a diferenciação de som e música é fundamental. Gordon (2000) expressam “Som por si só não é música.” Eles traçam uma linha, afirmado que o som apenas se torna música através da audição, que eles chamam simplesmente de “habilidade de escutar com alguma compreensão e pensar musicalmente”. Isso implica que, como na linguagem, os sons são pesquisados mentalmente e, eles acrescentam, “recebem significado”, o que os transforma em música.

É uma prática comum e didaticamente indicada, nas atividades musicais e interdisciplinares em escolas, usar garrafas de vidro como xilofone. Contudo, essas indicações, que abrangem também o uso de plástico e sopro, são muitas vezes voltadas para temas como matemática e meio ambiente ou para uma iniciação superficial à música ou ao funcionamento de instrumentos de sopro, sem continuidade nos estudos musicais (Batalha, 2009).

METODOLOGIA

O projeto visa desenvolver um “xilofone automatizado”, isto é, um dispositivo que funcione como um instrumento musical e como uma “ferramenta pedagógica poderosa”. Tal objetivo está alinhado com a pesquisa aplicada, que busca disseminar conhecimento para a prática, procurando resolver alguns problemas concretos. A ênfase desta pesquisa está na construção de um dispositivo que consiga reproduzir melodias automaticamente e que seja customizável e ampliável.

A pesquisa-ação para Severino (2013) é aquela que, além de compreender, visa intervir na situação, com vistas a modificá-la. A metodologia mostra a construção e operação do xilofone de modo a engajar todos os participantes em cada uma das etapas do processo, propiciando criatividade, resolução de problemas e pensamento crítico. Enfatiza o “trabalho colaborativo intenso” e as habilidades desenvolvidas como comunicação e trabalho em equipe.

De acordo com MUSSI (2019), a pesquisa qualitativa lida com um domínio de sentidos, significados, razões, aspirações, crenças, valores e atitudes que corresponde a um fazer científico focado nas relações, nos processos e nos fenômenos que não se prestam ao tratamento pela racionalização de variáveis. Isso indica uma

preocupação em compreender de maneira profunda os processos de aprendizagem e a experiência dos usuários, características presentes na pesquisa qualitativa. A personalização do xilofone, por meio de cores vibrantes, e a relação imediata entre cores e sons apresentam também um aspecto qualitativo do enriquecimento da experiência de aprendizado.

No quadro 01 a seguir temos os itens e quantidades necessários para montagem do xilofone automatizado com Arduino. Para questões didáticas está organizando o material em classificação que considera ser ou não um material eletrônico e por fim os itens virtuais que também serão utilizados.

Categoria	Itens e Quantidades
Eletrônicos	1 Placa Arduino (Uno), 10 Motores DC de baixa voltagem, 10 Transistores IRFZ44N tipo Mosfet, 1 Fonte de alimentação 5V, 58 Jumpers, 1 Protoboard, 1 Ferro de Solda de 60W, 1 Buzzer Passivo 5V, 1 Conector USB-C fêmea, 1 Módulo Bluetooth HC-05
Mecânicos	10 Garrafas de vidro, Água, 1 de cada cor Corante alimentício (Vermelho, Azul, Amarelo), 1 Base para fixar as garrafas, 20 Parafusos, porcas e arruelas, 1 Pistola de Cola Quente, 1 Bastão de Cola Quente, 10 Palitos de churrasco, 10 Ligas Elásticas
Softwares	1 Ambiente de desenvolvimento Arduino (IDE), 1 Software de modelagem 3D, 1 Impressora 3D Maker, 1 Repetier-Host, 1 Aplicativo de afinação, 1 MIT App Inventor

Quadro 01 – materiais utilizados.

Fonte: autor.

No quadro 02 a seguir estão orientados os procedimentos de montagem de componentes mecânicos do projeto. Sendo estes classificados preparação das garras, projeto das baquetas e por fim montagem mecânica.

Use um aplicativo de afinador musical para garantir a precisão das notas. Isso economiza tempo e melhora o resultado. Certifique-se de que a base é estável o suficiente para suportar o impacto das baquetas sem tombar.

Desenhe as pontas das baquetas com um formato que maximize o som das garrafas. Escolha um filamento 3D que ofereça boa durabilidade e ressonância ao impacto.

Garanta que cada baqueta esteja perfeitamente alinhada com o centro da garrafa correspondente para um melhor som e evitar danos. Se o som estiver fraco, considere seriamente o uso de um sistema de alavancas simples para aumentar a força de impacto.

Etapa	Ações
Preparação das Garrafas	<p>Encher cada garrafa com uma quantidade específica de água para afiná-las nas notas desejadas.</p> <p>Experimentar diferentes níveis de água para encontrar o som desejado.</p> <p>Gotejar corantes na água para obter diferentes cores.</p> <p>Fixar as garrafas em uma base de madeira ou outro material resistente.</p>
Projeto das Baquetas	<p>Criar um modelo 3D da base e ponta das baquetas no software Sketchup.</p> <p>Considerar o tamanho e o formato das garrafas, bem como a força necessária para produzir o som desejado.</p> <p>Imprimir as baquetas em 3D, na impressora 3D Maker.</p>
Montagem Mecânica	<p>Acoplar a Base e a Ponta das baquetas nos palitos de churrasco cortados com 10cm.</p> <p>Fixar os motores DC em uma base de forma que as baquetas possam atingir as garrafas.</p> <p>Utilizar engrenagens ou alavancas para amplificar a força dos motores, se necessário.</p> <p>Conectar os motores aos transistores (IRFZ44N), seguindo o esquema elétrico, e os transistores à placa Arduino.</p> <p>Utilizar um protoboard para facilitar as conexões. Conectar a fonte de alimentação no circuito específico da protoboard.</p>

Quadro 02 – procedimentos mecânicos de montagem.

Fonte: autor.

No quadro 03 a seguir estão orientados os procedimentos de conexões elétricas e programação do projeto. Sendo estes didaticamente em montagem dos circuitos, programação do Arduino e o alinhamento com o aplicativo seguida da etapa de testes e calibrações necessárias.

Use fios de cores diferentes para cada tipo de conexão para facilitar a depuração. Verifique todas as conexões duplamente antes de ligar a alimentação para evitar curtos-circuitos.

Crie funções separadas para cada nota no Arduino para facilitar a leitura e modificação do código. Comece com uma interface simples no aplicativo e adicione funcionalidades gradualmente. Teste a conexão Bluetooth entre o app e o Arduino.

Etapa	Ações
Conexões Elétricas	Detalhar e executar todas as conexões elétricas, como descrito na Montagem Mecânica (motores, transistores, Arduino, fonte de alimentação, protoboard).
Programação Arduino / MIT App Inventor	Adaptar um código em C++ para controlar os motores via Arduino. Definir a sequência de notas e a duração de cada nota no código. Utilizar recursos do Arduino para controlar os motores. Desenvolver o aplicativo para SO Android chamado Teclado Xilofone. Carregar o programa no Arduino.
Teste e Ajuste	Ajustar a velocidade dos motores para obter o som desejado. Fazer os ajustes necessários na programação e na montagem mecânica.

Quadro 03 – procedimentos elétricos e de programação.

Fonte: autor.

Esteja preparado para testar e ajustar repetidamente. A afinação fina do som e a resposta dos motores são cruciais e podem exigir várias tentativas. Anote as configurações de motor e os níveis de água que produzem os melhores resultados para cada nota.

Seguido os procedimentos de montagem mencionados nos quadros anteriores, a montagem do circuito elétrico deverá seguir o que está indicado na Figura 02 a seguir.

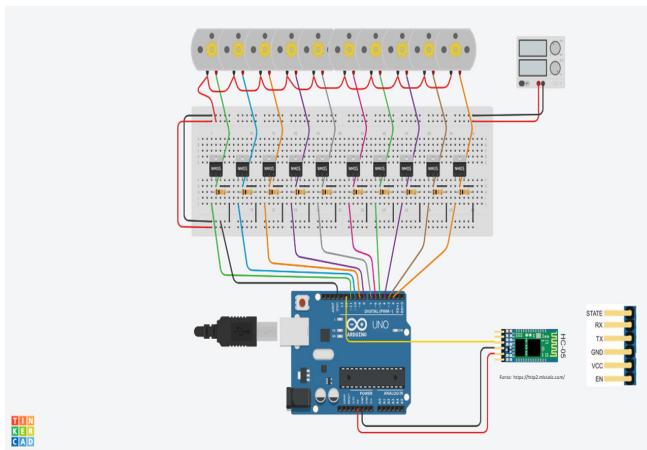


Figura 02 – Modelo de montagem do circuito.

Fonte: autor.

Na figura 02 acima podemos notar os pontos de montagem e associação do microcontrolador, atuadores, sensores e outros itens como jumpers, resistores e protoboard.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste projeto, os alunos seguiram uma trajetória de descobertas, criando um xilofone inteligente a partir de garrafas de vidro recicladas. A ideia integrou música, tecnologia e sustentabilidade em uma rica e significativa experiência de aprendizagem, elencamos: No início do projeto, os alunos realizaram experimentos de afinação das garrafas, evidenciando uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de água e a frequência do som produzido. Na figura 03 a seguir temos alguns registros fotográficos das montagens iniciais.

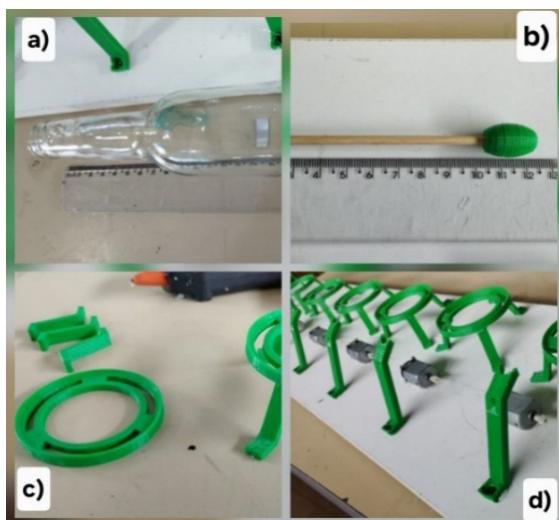


Figura 03 – a) medição das garrafas b) baquetas com base e ponta acopladas a um palito de churrasco. c) peças criadas e impressas em 3D d) suporte para as garrafas.

Fonte: autor.

Durante a preparação das garrafas para a afinação, os alunos encontraram um desafio inesperado, o despreendimento das etiquetas de garrafas resistentes à água. Após 24 horas em um solvente e o rótulo não se desprendeu, tomaram uma atitude científica: pesquisaram e descobriram que o ácido acético contido no vinagre seria a solução ideal esta interessante descoberta, que envolveu pesquisa e experimentação,

mostra a importância da química na solução de problemas do cotidiano e ainda ampliou o conhecimento dos alunos nesta área; a busca pela afinação ideal, teve a colaboração de um especialista da área musical, demonstrando a importância da interdisciplinaridade do processo. Na figura 04 a seguir temos alguns registros fotográficos das montagens intermediárias e finais.

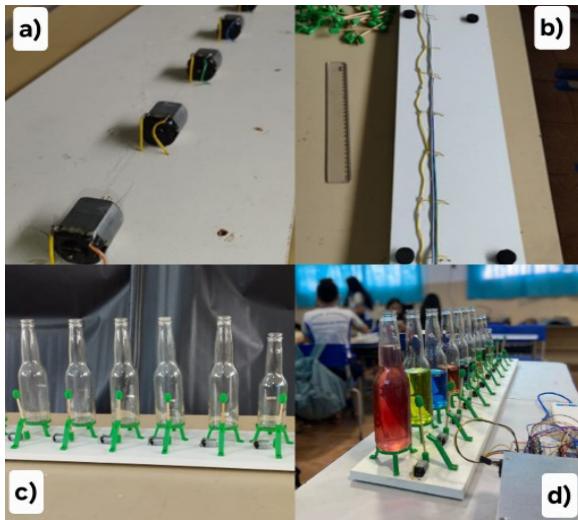


Figura 04 -a) fixação e conexão dos motores b) parte inferior das conexões c) garrafas fixadas nos suportes d) projeto montado.

Fonte: autor.

Simultaneamente com o afinar das garrafas, os alunos estavam participando de uma saída criativa, experimentando nas cores de intensas tônicas para personalizar o xilofone. Partindo das cores (vermelho, azul e amarelo), eles descobriram 10 novas cores, as quais foram transformadas em cada garrafa num suporte de cor e arte, vinculando diretamente as cores atraentes com o som produzido.

Concomitantemente com esta saída artística, os alunos aprofundaram seus conhecimentos em programação, colaborativamente junto ao professor com a construção do aplicativo particular para operar o xilofone. A transição da programação de blocos para a linguagem de programação de maior complexidade representou um grande desafio superado com sucesso, inicialmente as programações eram feitas na plataforma TinkerCad. O resultado final foi um aplicativo fácil de usar que se conecta ao Arduino por Bluetooth, permitindo aos alunos executarem tanto as músicas padrão quanto criar as suas melodias, gerando uma ampla experiência musical.

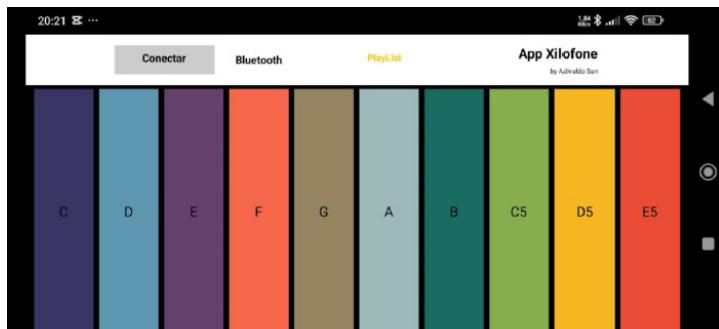


Figura 5 - Vista de perfil do App xilofone.

Fonte: autor.

A figura 05 nos mostra um print da tela do aplicativo utilizado para controlar o xilofone, cada tecla envia um comando para acionar o mecanismo correspondente. O uso do aplicativo personalizado, a princípio, era uma opção, porém mostrou o potencial de inovar e adaptar as tecnologias para diversos contextos. O uso de garrafas de vidro recicladas deu ao projeto um caráter sustentável e promoveu a conscientização ambiental dos alunos.

Além disso, a construção do xilofone exigiu um intenso trabalho colaborativo, o que favoreceu o desenvolvimento de habilidades como comunicação, resolução de problemas e trabalho em equipe. Este projeto mostra o potencial da educação STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) no sentido de promover o aprendizado significativo e a inovação. Ao articular conhecimentos teóricos às experiências práticas, o projeto despertou o interesse dos alunos por essas disciplinas e contribuiu para a formação de cidadãos mais críticos e criativos.

Em 2024, o produto educacional desenvolvido por meio deste trabalho conseguiu uma boa aceitação no cenário regional e estadual de Rondônia. Ele foi apresentado e classificado no Seminário Regional de Tecnologia em Ouro Preto do Oeste - RO, a princípio.

Depois, destacou-se na Exposição de Ciência, Inovação e Tecnologia Educacional de Rondônia - Expocitec. A Expocitec consiste em um evento que pretende organizar e promover uma exposição estadual de ciência, inovação e tecnologia educacional, contendo uma culminância dos projetos educacionais das áreas de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação - TDICs , Recursos Educacionais Digitais - REDs e Robótica Educacional. Nessa última etapa, o produto educacional conseguiu vencer um prêmio, premiando-o por seu mérito e inovação.

Como resultado da I Expocitec-RO, o projeto foi selecionado para a IV Feira de Empreendedorismo, Ciência, Engenharia e Tecnologia (Fecet), realizada entre os dias 27 e 30 de agosto, em Cascavel, no Paraná. Lá, o projeto conquistou o segundo lugar na categoria Engenharias e ainda garantiu uma credencial para representar Rondônia no London International Youth Science Forum (LIYSF), em Londres. Considerada uma das maiores feiras de ciências juvenis do mundo, o evento acontecerá em julho de 2026.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, o resultado do trabalho coletivo e da criatividade de 25 discentes da EEEFM Migrantes – Mirante da Serra/RO, o xilofone inteligente consiste em um projeto inovador que pode servir de exemplo para outras escolas aderirem a uma nova forma de pensar a relação entre educação e tecnologia em um país em processo de democratização do acesso à educação.

Ao juntar música, tecnologia e sustentabilidade, o projeto permite vislumbrar o potencial da educação STEAM em preparar os estudantes para um futuro profissional cada vez mais interdisciplinar. A ideia inovadora aqui apresentada pode ser replicada em outras escolas, contribuindo para a democratização da educação e do acesso à tecnologia.

Entre as sugestões para novos trabalhos, podem ser exploradas a seguintes possibilidades: Aumentar o número de garrafas para aumentar o número de notas musicais (também poderiam ser incluídos os semitonos) . Em vez de utilizar as mãos para acionar as notas do xilofone, utilizar sensores de movimento para acioná-las de forma automática.

REFERÊNCIAS

BATALHA, Rodrigo Serapião; GANDELMAN, Salomea. Desenvolvimento musical na orquestra de garrafas: um diálogo entre a experiência educacional e a pesquisa acadêmica. In: CADERNOS DO COLÓQUIO 2009. [S. l.]: [s. n.], 2009. p. 124-144.

ESANDIARI, Y. Parametric study of helmholtz resonator performance and effect of poroacoustic material use in resonator design. 2017. Dissertação – Iowa State University, Iowa, 2017.

FAHY, F. Foundations of Engineering Acoustics, volume 1. [S. l.]: Elsevier Science, 2000.

FERREIRA, J. F.; SILVA, J. F. A importância da música no contexto da educação especial. Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM), [S. l.], ano 13, v. 16, p. 1-15, jan./dez. 2019.

GORDON, E. E. Teoria da aprendizagem musical: competências, conteúdos e padrões. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2000.

GOTO, M. Física e música em consonância. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 2307, 2009.

HELMHOLTZ, Hermann. On the Sensations of Tone. Tradução de Alexander Ellis. Nova Iorque: Dover Publications, 1954.

KINSLER, L. E. et al. Fundamentals of acoustics. 4. ed. Hoboken: Wiley-VCH, 1999.

KRIEGER, E. Descobrindo a música – ideias para a sala de aula. Porto Alegre: Sulina, 2007.

LI, Y. et al. Control of low-frequency noise for piping systems via the design of coupled band gap of acoustic metamaterials. Physics Letters A, Amsterdã, v. 380, n. 29-30, p. 2322-2328, 2016.

LUPEA, Iulian. Considerations on the Helmholtz Resonator Simulation and Experiment. Proceedings of the Romanian Academy, Series A, Bucareste, v. 13, n. 2, p. 118-124, 2012.

MONTEIRO JÚNIOR, Francisco Nairon; CARVALHO, Washington Luiz Pacheco de. O Ensino de Acústica nos livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a Física e o mundo do som e da Música. Holos, São Paulo, v. 1, n. 27, p. 137-154, 2011.

MUSSI, R. F. F. et al. Pesquisa Quantitativa e/ou qualitativa: distanciamentos, aproximações e possibilidades. Revista Sustinere, Rio de Janeiro, v. 7, n. 7, p. 414-430, jul./dez. 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, F. L. DE. A música no contexto da Psicopedagogia e a utilização de instrumentos musicais como ferramentas de aprendizagem. Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 20, n. 10, 17 mar. 2020.

SELAMET, Ahmet; LEE, Iljae. Helmholtz resonator with extended neck. The Journal of the Acoustical Society of America, Melville, v. 113, n. 4, p. 1975-1985, abr. 2003. DOI: 10.1121/1.1558379.

SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

YU, G. Acoustic resonators for noise control in enclosures: modelling, design and optimization. 2009. Tese – The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 2009.

APÊNDICE

Programação

```
//Sketch: Xilofone automatizado com arduino e Aplicativo Android  
//Eletiva: Robótica Maker  
//EEEFM Migrantes  
//Adaptado por: Emilly Alves Siqueira, Iasmin Eduarda de Paiva Silveira, Adivaldo João da Silva Santos do código "E-Parimba"(DEHBARBOSA,2024)  
//Otimizações realizadas:  
// - Adicionado linhas para conexão e comunicação bluetooth;  
// - Adicionado 5 músicas com arranjo musical de contribuição voluntáriado Prof. de Música Fernando Lima da cidade de Nova União - RO  
// (Jingles Bells, Asa Branca, Asa Branca, Cai cai Balão e Maria tinha um Cordeirinho);  
#include <SoftwareSerial.h> //Biblioteca para fazer a comunicação com bluetooth  
SoftwareSerial bluetooth(12, 13); // TX do modulo no pino D12 e RX do modulo no pino D13  
// Definir os pinos para os MOSFETS (conectados às solenoides)  
const int mosfet1 = 2; // Dó = 262  
const int mosfet2 = 3; // Ré = 294  
const int mosfet3 = 4; // Mi = 330  
const int mosfet4 = 5; // Fá = 349  
const int mosfet5 = 6; // Sol= 392  
const int mosfet6 = 7; // Lá = 440  
const int mosfet7 = 8; // Si = 494  
const int mosfet8 = 9; // Dó5= 523  
const int mosfet9 = 10; // Ré5= 587  
const int mosfet10 = 11; // Mi5= 659
```

```

//Defini Variáveis

int duracao = 300;

unsigned long int tempoAnterior = 0;

//Definir pino para o buzzer

#define pinBuzzer A0 // conectar buzzer no pino A0, este item serve apenas
para calibração do sistema

// Configuração do tempo de ativação (em milissegundos)

int tempoAtivacao = 60; // Aumentei o tempo de ativação para 1 segundo

int tempoPausa = 200; // Aumentei a pausa para 0.5 segundo

//Função para tocar uma nota (ativar/desativar o MOSFET correspondente)

void tocarNota(int mosfet){

    digitalWrite(mosfet, HIGH); // Ativar solenóide (MOSFET liga)

    delay(tempoAtivacao); // Aguarda o tempo da nota

    digitalWrite(mosfet, LOW); // Desativar solenóide (MOSFET desliga)

    delay(tempoPausa); // Pausa após a nota

}

// Função para tocar a música com a sequência de notas

void tocarMusica(String musica){

    for (int i = 0; i < musica.length(); i++) {

        char nota = musica[i];

        switch (nota) {

            case 'D': // Dó

                tocarNota(mosfet1);

                tone(pinBuzzer, 262, 200);

                break;

            case 'R': // Ré

                tocarNota(mosfet2);

                tone(pinBuzzer, 294, 200);

        }
    }
}

```

```
break;

case 'M': // Mi
    tocarNota(mosfet3);
    tone(pinBuzzer, 330, 200);
    break;

case 'F': // Fá
    tocarNota(mosfet4);
    tone(pinBuzzer, 349, 200);
    break;

case 'S': // Sol
    tocarNota(mosfet5);
    tone(pinBuzzer, 392, 200);
    break;

case 'L': // Lá
    tocarNota(mosfet6);
    tone(pinBuzzer, 440, 200);
    break;

case 'I': // Si
    tocarNota(mosfet7);
    tone(pinBuzzer, 498, 200);
    break;

case 'd': // Dó5
    tocarNota(mosfet8);
    tone(pinBuzzer, 523, 200);
    break;

case 'r': // Ré5
    tocarNota(mosfet9);
    tone(pinBuzzer, 587, 200);
```

```

        break;

    case 'm': // Mi5
        tocarNota(mosfet10);
        tone(pinBuzzer, 659, 200);
        break;

    case ' ': // Pausa (espaço na cifra)
        delay(tempoPausa);
        break;
    }

}

}

}

}

void setup() {
    bluetooth.begin(9600);
    Serial.begin(9600);

    // Configurar os pinos dos MOSFETs como saída
    pinMode(mosfet1, OUTPUT);
    pinMode(mosfet2, OUTPUT);
    pinMode(mosfet3, OUTPUT);
    pinMode(mosfet4, OUTPUT);
    pinMode(mosfet5, OUTPUT);
    pinMode(mosfet6, OUTPUT);
    pinMode(mosfet7, OUTPUT);
    pinMode(mosfet8, OUTPUT);
    pinMode(mosfet9, OUTPUT);
    pinMode(mosfet10, OUTPUT);

    //Configurar o pino do BUZZER como saída
    pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);
}

```

```

// Desligar todos os MOSFETs no início
digitalWrite(mosfet1, LOW);
digitalWrite(mosfet2, LOW);
digitalWrite(mosfet3, LOW);
digitalWrite(mosfet4, LOW);
digitalWrite(mosfet5, LOW);
digitalWrite(mosfet6, LOW);
digitalWrite(mosfet7, LOW);
digitalWrite(mosfet8, LOW);
digitalWrite(mosfet9, LOW);
digitalWrite(mosfet10, LOW);

}

void loop() {
    if (bluetooth.available() > 0) {
        if (millis() - tempoAnterior >= 100) {
            tempoAnterior = millis();

            String musica, musica1, musica2, musica3, musica4, musica5, musica6;
            //Ciranda Cirandinha - ok

            musica1 = "MSSMFSSSLSFMR LLLLILSSMSFFMRM MFSSMFSSSSLFMR
LLLLLILSSSMSFFMRD";
            //Jingle Bells - ok

            musica2 = "M M M  M M M  M S D R M  F F F F F M M M M M R R M R S";
            //Asa Branca - ok

            musica3 = "dLISLFSMFRMDRDD dLISLFSMFRMDRDD  DRM S S M F F DRM
S S F M  DDRM S  SFMD F  FMRR M  RRDD"; //Contribuição Fernando Lima
            //Parabens pra voce - ok

            musica4 = " SSL S d I  SSL S r d d MMS M D I L FFM D R D D"; //Contribuição
            Fernando Lima
            //Cai cai balão - ok

```

```

musica5 = "S S F M S S F M S L S F M R  RMFRMFRMF S L S F M R D"; //
Contribuição Fernando Lima

//Maria tinha um cordeirinho

musica6 = "MRDRMMMRM MSS MRDRMMMRM RD"; //Contribuição
Fernando Lima

//Parte do código que recebe e processa os comandos do AplicativoXilofone
fazendo manual ou playlist

char comando;
comando = bluetooth.read();
Serial.println(comando);
switch (comando) {
    case 'a':
        Serial.println("Tocando Musica1");
        tocarMusica(musica1);
        break;
    case 'b':
        Serial.println("Tocando Musica2");
        tocarMusica(musica2);
        break;
    case 'c':
        Serial.println("Tocando Musica3");
        tocarMusica(musica3);
        break;
    case 'd':
        Serial.println("Tocando Musica4");
        tocarMusica(musica4);
        break;
    case 'e':
        Serial.println("Tocando Musica5");

```

```
tocarMusica(musica5);
break;
case 'f':
Serial.println("Tocando Musica6");
tocarMusica(musica6);
break;
case 'h': // Dó
tocarNota(mosfet1);
tone(pinBuzzer, 262, duracao);
break;
case 'i': // Ré
tocarNota(mosfet2);
tone(pinBuzzer, 294, duracao);
break;
case 'j': // Mi
tocarNota(mosfet3);
tone(pinBuzzer, 330, duracao);
break;
case 'k': // Fá
tocarNota(mosfet4);
tone(pinBuzzer, 349, duracao);
break;
case 'l': // Sol
tocarNota(mosfet5);
tone(pinBuzzer, 392, duracao);
break;
case 'm': // Lá
tocarNota(mosfet6);
```

```

tone(pinBuzzer, 440, duracao);
break;
case 'n': // Si
tocarNota(mosfet7);
tone(pinBuzzer, 498, duracao);
break;
case 'o': // Dó5
tocarNota(mosfet8);
tone(pinBuzzer, 523, duracao);
break;
case 'p': // Ré5
tocarNota(mosfet9);
tone(pinBuzzer, 587, duracao);
break;
case 'q': // Mi5
tocarNota(mosfet10);
tone(pinBuzzer, 659, duracao);
break;
default:
tocarMusica(musica);
//tone(pinBuzzer,LOW);
break;
}
}
}
}

```