



A MELODIA DO BEM-TE-VI COMPONDO SABERES NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA EM UMA ABORDAGEM STEAM

THE BEM-TE-VI MELODY COMPOSING KNOWLEDGE IN SCIENCE EDUCATION IN A STEAM APPROACH

LA MELODÍA DEL “BEM-TE-VI”, COMPARTIENDO CONOCIMIENTOS CON LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA USANDO EL ENFOQUE STEAM

Geslane Figueiredo da Silva Santana



Doutorado em Educação em Ciências e Matemática (UFMT)
Professora da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
geslanef@hotmail.com

Chiara Maria Seidel Luciano Dias



Doutorado em Educação em Ciências e Matemática (UFMT)
Professora da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT/Campus de Sinop)
chiara.maria@unemat.br

Edna Lopes Hardoim



Doutorado em Ciências (UFSCar)
Professora Pesquisadora Associada
Docente nos PPG Educação em Ciências e Matemática (REAMEC/UFMT), PPG Ensino de Ciências Naturais e PPG Ensino de Biologia (UFMT)
hardoimel@gmail.com

Mazílio Coronel Malavazi



Doutor em Matemática (Unicamp)
Professor da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Docente no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática (UFMT)
mazilio@hotmail.com

Resumo

Este artigo compartilha uma ação educativa fundamentada na abordagem STEAM, a qual articula Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática sob a perspectiva da melodia do pássaro *Pitangus sulphuratus*, o popular bem-te-vi. O cenário e ambiente de aprendizagem é o Parque Mãe Bonifácia, em Cuiabá (MT). O objetivo consiste em desenvolver propostas de atividades a partir da abordagem STEAM. A problemática caracterizou-se em como elaborar a abordagem STEAM a partir de um hóspede natural local do parque, o bem-te-vi. Alinhando-se com essa ideia, com respaldo em uma perspectiva de Educação Científica, entrelaçam-se cinco áreas em dois conceitos estruturantes: a Bioacústica e o Biomimetismo. Assim, apresenta-se a articulação de conceitos imersos nesse conjunto de ideias para a contribuição de processos que potencializem, nos estudantes, as habilidades, visando a uma participação crítica e consciente em relação ao conhecimento, a partir do hóspede natural do Parque, o bem-te-vi.

Palavras-chave: Educação STEAM. Espaços de Aprendizagem. Biomimetismo. Bioacústica.

Recebido em: 14 de abril de 2021.

Aprovado em: 24 de setembro de 2021.

Como citar esse artigo (ABNT):

SANTANA, Geslane Figueiredo da Silva *et al.* A melodia do bem-te-vi compoendo saberes na Educação Científica em uma abordagem STEAM. **Revista Prática Docente**, v. 6, n. 3, e076, 2021. <http://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n3.e076.id1103>



Abstract

This article shares an educational action based on the STEAM approach, which articulates Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics from the perspective of the melody of the bird *Pitangus sulphuratus*, the popular bem-te-vi. The setting and learning environment is the Parque Mãe Bonifácia, in Cuiabá (MT). The objective is to develop proposals for activities based on the STEAM approach. The issue was characterized in how to elaborate the STEAM from a local natural guest of the park, bem-te-vi. Lined up with this idea, supported by a Scientific Education perspective, five areas are intertwined in two structuring concepts: Bioacoustics and Biomimicry. Thus, it is presented the articulation of concepts immersed in this set of ideas for the contribution of processes that enhance, in students, skills, aiming at a critical and conscious participation in relation to knowledge, from the natural guest of the Park, the good -I saw you.

Keywords: STEAM Education. Alternative Learning Spaces. Biomimicry. Bioacoustics.

Resumen

Este artículo comparte una acción educativa basada en el enfoque STEAM, que articula Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas desde la perspectiva de la melodía del pájaro *Pitangus sulphuratus*, el popular bem-te-vi. El escenario y entorno de aprendizaje es el Parque Mãe Bonifácia, en Cuiabá (MT). El objetivo es desarrollar propuestas de actividades basadas el enfoque STEAM. El problema se caracterizó en cómo desarrollar el enfoque STEAM a partir de un huésped natural del parque, el papamoscas. Alineándose con esta idea, apoyada en una perspectiva de Educación Científica, se entrelazan cinco áreas en dos conceptos estructurantes: Bioacústica y Biomimética. Así, la articulación de conceptos inmersos en este conjunto de ideas se presenta para la contribución de procesos que potencien, en los estudiantes, las habilidades, apuntando a una participación crítica y consciente en relación al conocimiento, a partir del huésped natural del Parque, el papamoscas.

Palabras clave: Educación STEAM. Espacios de aprendizaje. Biomimetismo. Bioacústica.



*...E no meio daquela floresta,
do pouco verde que ainda resta,
um bem-te-vi espiava-me.
E eu, observando, tentando me esconder...
Enquanto ele, meio que brincando,
a sorrir parecia me dizer:
bem-te-vi! bem-te-vi!
(Dinho Kamers)*

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em um recorte contemporâneo, a Educação Científica tem sido tecida, estabelecendo relação entre ciência, arte, sociedade e cultura, e ampliando a compreensão nas discussões sobre tecnologia, cidadania, ambiente e economia nos ambientes de aprendizagem. Deste modo, a dimensão educativa das ciências promove horizontes para a divulgação do conhecimento científico em diversos espaços de aprendizagem.

Essa dinâmica contemporânea da Educação Científica promove repercussões nas formas de educação em espaços de aprendizagem não escolarizados. Para além desse panorama, quando aliada a algumas metodologias e abordagens de ensino e de aprendizagem, tende a desenvolver produção de saberes que se encontram em diversos campos disciplinares de modo articulado, estabelecendo interfaces com a complexidade¹.

E, para reforçar o diálogo teórico entre Educação Científica, espaços de aprendizagem e metodologias de ensino, fundamentados no protagonismo dos estudantes, mostram-se como possibilidade de desenvolver práticas de ensino a partir da abordagem STEAM, a qual reúne domínios do conhecimento bem específicos, descritos na própria sigla, Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics). O objetivo consiste em desenvolver propostas de atividades a partir da abordagem STEAM. A problemática caracteriza-se em como elaborar a abordagem STEAM a partir de um hóspede natural local do parque, o bem-te-vi.

A STEAM constitui uma possibilidade robusta de pesquisa, ensino e aprendizagem, abrange diversas competências específicas e habilidades em Matemática e suas tecnologias e pode ainda oportunizar uma formação mais sólida, se associada à visitação, em espaços não formais.

¹ Para Morin (2003), existe complexidade quando os componentes que constituem um todo são inseparáveis e existe um tecido interdependente, interativo e inter-retroativo entre as partes e o todo, o todo e as partes.



O Parque Mão Bonifácia (PMB) é uma das quinze unidades de conservação localizadas na cidade de Cuiabá (MT). A visitação a esse local foi motivada pela busca de elementos que pudessem propiciar a abordagem STEAM. E, nesse cenário de observação, o protagonista foi o pássaro *Pitangus sulphuratus* (Aves: Tyrannidae), popularmente conhecido como bem-te-vi².

A partir desse hóspede natural do PMB, cujas vocalizações estão presentes na paisagem sonora³ do lugar, compôs-se uma abordagem de ensino fundamentada na não fragmentação do conhecimento, a fim de oferecer ao campo teórico da Educação uma contribuição a partir desta organização de ensino que contempla olhares diversos acerca do mesmo objeto e, por meio dessas lentes, anunciar significados distintos, porém complementares. Oriunda dos Estados Unidos, na década de 1990, a STEAM é um acrônimo em inglês para Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), e parte da averiguação de que há desinteresse por parte dos estudantes pelas Ciências Exatas. Johnson (2015, p. 18) menciona que:

Essa tendência reflete uma mudança na forma como as disciplinas escolares estão sendo vistas; as escolas estão relacionando assuntos que têm sido tradicionalmente isolados uns dos outros — ciência, matemática e arte — em favor de uma aprendizagem profunda e interdisciplinar. [...] Enquanto esse novo movimento está sendo discutido no contexto da educação, as suas raízes estão embutidas em quase todos os setores. Em muitos aspectos, a tecnologia é o tecido conjuntivo. [...] O reconhecimento crescente de uniões importantes entre diferentes habilidades está pavimentando o caminho para STEAM nas escolas.

Essa propositura estimula situações de aprendizagem munidas de propostas potencialmente significativas, promovendo a articulação entre assuntos abordados, conceitos e planejamentos. Todos esses elementos devem estar estrategicamente bem engajados, a fim de que não haja perdas ou equívocos conceituais para as diversas interpretações de um objetivo.

Nesse sentido, articulam-se as áreas em dois fios estruturantes, a Bioacústica e o Biomimetismo. Esses dois conceitos entrelaçaram-se e deram sustentação à abordagem apresentada. Na Seção 2 — Desenhando as Trilhas Metodológicas da Melodia —, apresenta-se uma breve descrição do caminho metodológico e descreve-se como foi idealizada a combinação dos cinco campos do conhecimento para a organização de uma proposta de ensino.

² Caracteriza-se por ser uma ave de pequeno porte, com aproximadamente 23,5cm de altura, de coloração amarela no ventre e uma faixa branca no alto da cabeça. Seu canto mais comum originou seu nome popular e se assemelha à expressão trissilábica “bem-te-vi”; ao passo que o nome científico provém de sua denominação indígena, em tupi-guarani, *Pitanga Guassu*, e *sulphuratus* provém da cor de seu ventre que é amarelo como enxofre. (CAVALCANTE, 2009).

³ A paisagem sonora pode ser um indicador de condições sociais e culturais, e entendemos que a transição da vida rural para a vida urbana conferiu modificações neste cenário. Deste modo, os parques são espaços que proporcionam aos ambientes urbanos o resgate da paisagem natural.



Em Ciências e Tecnologias, utilizou-se a Bioacústica, promovendo a aproximação entre dois momentos distintos: o da observação no parque, pela aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação Móveis e sem Fio (TIMS), e o do uso da linguagem gráfica, representada por tecnologias de comunicação por meio do software livre Audacity. Em Artes e Engenharia — a interface entre ciência, tecnologia, ambiente e sociedade —, o conceito estruturante que subsidia a articulação Artes/Engenharia é o Biomimetismo, sugerindo a construção de um abajur em formato de ninho de pássaro.

Na Modelagem Matemática, os dados da representação gráfica, feita no Audacity, foram inseridos no aplicativo GeoGebra, e isso tornou possível encontrar uma fórmula algébrica, explorar os conceitos como período, translação, reflexão, continuidade, semelhança e amplitude de funções, bem como ajuste de curvas, pontos de máximo e mínimo, entre outros.

Para além do panorama interdisciplinar, a abordagem STEAM, quando aliada a algumas metodologias e abordagens de ensino e de aprendizagem, tende a desenvolver produção de saberes que se encontram em diversos campos disciplinares de modo articulado, estabelece interfaces com a complexidade⁴ e tece habilidades e potencialidades a partir deste contexto.

2 DESENHANDO AS TRILHAS METODOLÓGICAS DA MELODIA: CAMINHOS PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Ao problematizar ou formular situações de aprendizagem inspiradas pelos aspectos da natureza e seus fenômenos, fazem-se necessários subsídios que sustentem a discussão do ponto de vista teórico e metodológico. A abordagem STEAM é uma proposta de ensino integrada, a qual se desenvolve por meio de atividades que requerem soluções multidisciplinares.

A partir da conexão entre Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, os estudantes são estimulados a questionamento, observação e investigação. A abordagem STEAM, portanto, oportuniza o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias para as pessoas lidarem com os desafios da nossa sociedade com base em informação altamente tecnológica. O planejamento de ações educativas a partir dessa abordagem requer uma organização estruturada do trabalho docente, bem como da escolha de conceitos e conteúdo a serem explorados.

Além disso, “[...] grande quantidade de fatores precisa se harmonizar de forma criativa e apropriada, juntamente com a base teórica e as aplicações de forma sistemática” (LOPES *et*

⁴ Como Morin (2003) introduz, no sentido de criar uma consciência capaz de enfrentar complexidades.



al., 2017, p. 310). O percurso metodológico compôs-se apoiado no objetivo principal, o qual consiste em desenvolver propostas de atividades a partir da abordagem STEAM. No primeiro momento, foram realizadas discussões apoiadas em leituras bibliográficas pertinentes. Após os estudos, realizou-se a visita ao PMB, onde foram coletados dados para elaboração da proposta.

Posteriormente à escolha do objeto de estudo e da situação problematizada, a ênfase nas áreas específicas iniciou-se, sempre dialogando entre as cinco e lançando mão das ferramentas apropriadas e disponíveis para aprimoramento da pesquisa. A situação-problema fortaleceu a integração entre Ciências, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática. Certamente esse trabalho exigiu uma boa pitada de criatividade, iniciativa e pensamento investigativo.

A composição e sistematização desses elementos são apresentados nesta seção, para que se compreenda de que modo se idealizou a combinação de cinco campos do conhecimento na organização de uma proposta de ensino, por meio da abordagem STEAM, entendendo que seus componentes tecem a estrutura geral da situação estudada.

O caminhar pelo PMB oportunizou vislumbrar várias alternativas que possibilitariam a abordagem STEAM, desde o parquinho com o coreto na entrada do parque, passando pela pista de caminhada até o córrego do Caixão. Foi pela observação da paisagem sonora que a problemática caracterizou-se em como elaborar a abordagem STEAM a partir de um hóspede natural local do parque, o bem-te-vi.

Sob essa perspectiva, a ideia foi sendo aprofundada e refletida no sentido de não apresentar algo como uma “aula” pronta ou um modelo cristalizado, mas sim na direção de que as questões aqui abordadas se adequem às especificidades da região geográfica, nível de escolaridade, conhecimentos prévios apresentados, condições físicas, culturais e regionais, entre outros elementos que se estabelecem de explícito ou subjacente ao exercício do ensino. A seguir, apresenta-se como foi estruturada a relação entre as áreas do conhecimento.

2.1. CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

A relação do ser humano com a natureza, em atitudes que vão desde a simples contemplação ao olhar mais observador, foi naturalmente o despertar do pensamento científico. Desde as civilizações antigas, na intenção de compreender os fenômenos naturais, os humanos produziram instrumentos que pudessem interpretá-los em suas diversas manifestações e comportamentos.

Durante o percurso pela pista de caminhada, com o olhar dividido entre a contemplação e a observação, ouve-se o som de um pássaro que, a princípio, não foi possível identificar.



Contudo, a melodia já era um convite natural para se aproximar. Então, foi coletado o som e a imagem do pássaro com o aparelho celular, ou seja, fazendo uso das Tecnologias da Informação e Comunicação Móveis e sem Fio (TIMS). Considerando as características da ave, por meio dos sons e imagens, foi possível identificá-la com o auxílio de um biólogo ornitólogo. Trata-se, então, do popular bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), e o som gravado (sua vocalização) representava a *chamada*.

A “chamada” (call note) é principalmente constituída por notas monossilábicas ou dissilábicas, nunca em número superior a quatro ou cinco notas. A chamada aparece na coordenação de comportamento do jovem, do bando e da família durante as atividades de manutenção, como alimentação, migração, bando e resposta a predadores. (SANTOS, 1994, p. 27).

A comunicação sonora das aves estabelece-se pelas representações específicas de cada som emitido, possuindo significados e funções bem definidos. Esses sinais sonoros que possibilitam a troca de informações entre o emissor e o receptor são objetos de estudo da Bioacústica⁵ e esse estudo, aliado à Ornitologia, contribui à medida que investiga o som e o comportamento das aves em suas diversas características, funções, frequências, amplitudes similares, produção, propagação e recepção.

O canto de *chamada* do *Pitangus sulphuratus* é diferente do som similar à expressão trissilábica “bem-te-vi”; por isso é comum uma pessoa leiga não reconhecer o som de *chamada*.

Santos (1994, p. 72) destaca:

O canto é uma série de notas, geralmente de mais de um tipo, emitidas em sucessão e relacionadas entre si formando uma sequência de sons bem reconhecidos, e tem características complexas de ritmos e de modulação, estando basicamente sobre controle dos hormônios sexuais, relacionam-se com a época da reprodução, bem como para estabelecimento e defesa do território e ainda com a manutenção do par (macho e fêmea).

Considerando os sinais sonoros, pode-se então atentar ao conceito físico de frequência que, pela unidade de medida hertz (hz), descreve as ondas. Ao compreender que o som gravado no PMB era caracterizado como *chamada*, buscou-se representá-lo em uma representação gráfica adequada para compor relações entre Ciências e Matemática.

No entanto, no contexto dos parques urbanos, a paisagem sonora distingue-se da paisagem sonora silvestre, à medida que é influenciada por outros fatores próprios do complexo urbano, como os ruídos de carros e máquinas. Segundo Tolentino (2015, p. iii), “muitas espécies

⁵ A Bioacústica engloba estudos do comportamento e de todo tipo de comunicação dos animais por meio de sinais sonoros (TOLENTINO, 2019).



de aves têm a capacidade de ajustar seus sinais sonoros aos elevados níveis de ruído aumentando a frequência dos sinais e emitindo sons com menor duração e com menos notas”.

A gravação realizada no PMB continha esses ruídos e, na tentativa de modelar graficamente a *chamado* do bem-te-vi, buscou-se o site Xeno-canto: Compartilhando sons de aves do mundo todo⁶ (MITIDIERI, 2017), de onde foi permitido baixar um som de *chamada* mais nítido e com interferências imperceptíveis, a fim de não comprometer a modelagem.

Em síntese, a ideia de se trabalhar com o xeno-canto surgiu a partir da necessidade de se obter um canto similar ao gravado no PMB, porém mais nítido, tendo em vista que o som gravado possuía pequenas interferências, típicas da paisagem sonora do local. Na sequência, fez-se uso do recurso tecnológico software livre Audacity⁷. Com apoio nesse recurso, editaram-se as amostras digitais baixadas do xeno-canto. Com isso, o programa forneceu uma representação denominada de Espectro de Frequência.

O Espectro de frequência diz respeito à visualização do tipo espectrograma. O espectrograma escaneará o áudio (o máximo, contudo é de aproximadamente 23 segundos) e mostrará a relação gráfica das frequências e amplitudes máximas de todo o trecho selecionado. No eixo vertical, temos a amplitude em dB. No eixo horizontal, temos a faixa de frequências que constituem nossa capacidade de audição: 20 Hz – 20.000 Hz. (NOCKO, 2010, p. 28).

A partir disso, o último recurso tecnológico utilizado foi o programa GeoGebra⁸, pois as representações geométricas apresentadas por meio do Audacity indicaram um possível tratamento matemático que é apresentado mais adiante. Tal recurso foi fundamental para descrição da melodia do bem-te-vi em termos de funções matemáticas.

A ciência é o produto da evolução mental-emocional-social da humanidade sendo, pois, um fenômeno acumulativo natural. A ciência como conhecimento acumulado, depende de codificações e símbolos associados às representações orais ou visuais de comunicações (ação comum para entender, explicar e manejar a realidade), dando origem à linguagem e representação gráfica. (BASSANEZI, 2014, p. 17)

Ao conferir à Ciência sua dimensão educacional, percebeu-se que esta sinaliza a oportunidade de se discutir o ensino em uma perspectiva ampliada, trazendo contextos locais que se expressam em temáticas sociais e culturais. A tecnologia, nesse cenário, apresenta-se

⁶ Recurso idealizado para compartilhar as gravações dos sons de aves em todo o mundo, utilizando a internet para veiculação com o objetivo de popularizar, proporcionar mais acessibilidade e ampliar o conhecimento em relação aos sons das aves.

⁷ Software livre para edição de áudio, cuja licença do código fonte pertence à General Public License (GNU). Além de editar áudio, o Audacity permite gravar, reproduzir, importar e exportar arquivos de áudio nos formatos WAV, AIFF, MP3 e OGG.

⁸ Software livre de matemática dinâmica para todos os níveis de ensino que reúne Geometria, Álgebra, Planilha de Cálculo, Gráficos, entre outras representações e ferramentas de desenvolvimento. É atualmente líder na área de softwares de matemática dinâmica, apoiando o ensino e a aprendizagem em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática.



como aliada no sentido de proporcionar linguagens de comunicação que minimizam dificuldades e, de certo modo, auxiliam os processos inclusivos.

Nessa investigação, o conceito que permitiu estruturar essas pontes e conexões foi o da Bioacústica, promovendo a aproximação entre dois momentos distintos: o da observação no parque e o do uso da linguagem gráfica representada por tecnologias de comunicação. Sob esse mesmo ponto vista, também explicamos abaixo a conexão entre Artes e Engenharia.

2.2. ARTES E ENGENHARIA:

Segundo Pougy e Vilela (2017, p. iv), “como área do conhecimento, a arte abarca o fazer e o pensamento artísticos, que se caracterizam como um modo particular de dar sentido à vida, pois esse pensamento e esse fazer relacionam-se à experiência estética ou à experiência que vivemos ao apreciar e produzir beleza⁹”. As manifestações artísticas estão presentes nos contextos culturais e sociais, tornando-se, por vezes, um referencial que identifica movimentos, tendências, épocas e povos. Assim, as práticas artísticas expressam elaborações do pensamento imersas em cenários sociais, culturais, políticos, filosóficos e religiosos que anunciam uma identidade cultural.

Mas, para além das práticas, ao se considerarem as manifestações artísticas observáveis na natureza (*in nature*), é possível reconhecer padrões, como, por exemplo, simetrias e proporções as quais sugerem ser o ambiente natural um espaço propício para as práticas educativas, potencializando o ensino não formal de modo multidisciplinar e interdisciplinar e promovendo educação e cultura científica. Por meio dessas possibilidades, a Arte se reforça enquanto fio que entrelaça o ensino em um contexto interdisciplinar ao combinar habilidades artísticas com outros modos de percepção dos objetos.

O diálogo que aqui se estabeleceu com a Arte se materializa por meio da comunicação sonora das aves, característica da própria natureza e que se torna inspiração para a arte musical, poética e visual. Sobre a linguagem e o canto dos pássaros, Schafer (2001, p. 53) destaca que “[...] nenhum som da natureza tem estado mais ligado tão afetivamente à imaginação humana quanto as vocalizações dos pássaros”.

A fotografia também se expressa como um elemento artístico que contribui para o ensino, pois, quando aliada a outros conectivos, potencializa percepções, como a subjetividade e a intuição. Além disso, por meio de elementos presentes na fotografia, conceitos relativos às

⁹ O termo beleza refere-se a um valor atribuído às coisas do mundo, que possuem uma relação direta com aquilo que agrada nossos sentidos.

Artes podem ser abordados a partir da leitura da imagem que descreve linhas, cores e formas. A Figura 1 apresenta o *Pitangus sulphuratus*.

Figura 1 - Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) alimentando-se do fruto da goiabeira num quintal de Cuiabá



Foto: Acervo pessoal de Professor Doutor Dalci Mauricio Miranda.

Neste panorama, que tem como tema central o *Pitangus sulphuratus*, o debate da (re)conexão das Artes com as Engenharias nesse contexto integra diversas áreas do conhecimento. Nessa interface entre ciência, tecnologia, ambiente e sociedade, o conceito estruturante que subsidia a articulação Artes/Engenharia será o Biomimetismo.

Andrade (2014) explica que o termo Biomimetismo (*Biomimicry*) foi dado pela cientista americana Janine Benyus (1958 –), a qual propôs uma expansão dos conceitos clássicos de Biomimética e Biônica por meio de três abordagens: a natureza como modelo, a natureza como medida e a natureza como mentora. Nesta última abordagem, a autora ainda cita que aquela não se refere a “o que podemos extrair dela”, mas sim, a “o que podemos aprender com ela”.

O próprio conceito, então, sugere aspectos relativos à discussão de sustentabilidade. Nesse viés conceitual, os padrões geométricos, matemáticos e funcionais de vários elementos da natureza são imitados no design e funcionalidade de várias produções e engenhosidades, o que também se apresenta enquanto futuras soluções sustentáveis que podem protagonizar uma transição dos sistemas simplesmente industriais para sistemas ecológicos, com o intuito de evoluir por meio de ciclos não mais viciosos e sim virtuosos, como menciona Ferreira (2017).

Um caso clássico de Biomimetismo é o do avião o qual foi idealizado, inicialmente, em analogia ao voo das aves. Na indústria, a criação do velcro foi planejado com base na estrutura dos carrapichos. Nessa perspectiva, podem-se abordar vários exemplos que contemplaram o



Biomimetismo e assim trazer também à luz princípios que possibilitem compreensão acerca do processo científico e suas implicações para a sociedade.

Mais recentemente, o Estádio Nacional de Pequim, na China, obra finalizada em 2008, foi construído análogo a um ninho de ave. Esse estádio destacou-se por suas estruturas de ferro e aço expostas de modo a se cruzarem e se entrelaçarem. Assim, se por um lado o canto do *Pitangus sulphuratus* oportunizou algumas interpretações; por outro e de modo geral, o ninho das aves pelo viés do Biomimetismo convida a uma atividade no sentido literal de “mãos à obra”, porque, para o âmbito educacional, o elemento Engenharia remete a um processo de produção e/ou criação que envolve materiais, ambiente, mão de obra e um método.

Os elementos que promovem a conexão entre Artes e Engenharia podem ser potencializados por meio de conceitos de razão áurea e de construção de objetos, como abajures cuja forma imita um ninho de pássaro, entre outras possibilidades. Esta última, como atividade artesanal, reforça mais ainda o diálogo entre Engenharia e Arte, sendo que esta mobiliza observação, imaginação e criatividade, e aquela incentiva a invenção, a construção e a busca por melhorias em estruturas, de modo geral. Para tal atividade, os estudantes podem utilizar materiais, como palitos, régua, tesoura, bola, cola, lâmpada, soquete, fio, interruptor e *plug*.

No entanto, para que tal atividade se efetive, é interessante que o(a) professor(a) apresente para os alunos o abajur construído por ele(a), como sugestão, tendo em vista que o processo da produção já terá oportunizado entender o que pode ou não ter êxito. Assim será possível ter, minimamente, uma visão realista de quais recursos são necessários para a produção artesanal, a fim de auxiliar melhor o trabalho dos estudantes. É interessante também sugerir que o trabalho final possa ser divulgado nos murais (fotos) escolares e nas feiras de ciências, visando valorizar a ação bem como permitir acesso e promover pertencimento.

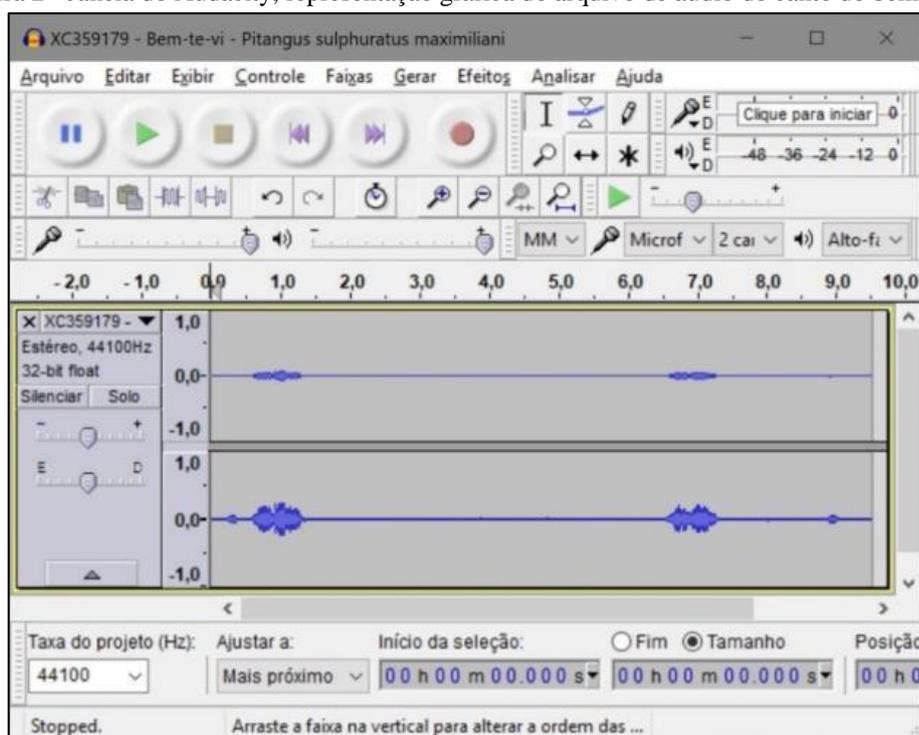
2.3. MODELAGEM MATEMÁTICA:

A modelagem matemática foi outra abordagem permitida nesta ação. Para Bassanezi (2014, p. 24 *apud* PETRY *et al.*, 2020, p. 6), “A Modelagem consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos, cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual”. Sobre os alcances da Modelagem Matemática e suas etapas, ainda com base em Bassanezi (2014), Petry *et al.* (2020, p. 6) dizem:

As etapas da modelagem, conforme o autor, dividem-se em cinco: experimentação (obtenção dos dados); abstração (formulação dos modelos matemáticos); resolução; validação (processo de validação ou não do modelo proposto) e modificação (quando na validação ocorreu a rejeição dos modelos).

O programa Audacity possibilita a plotagem da representação gráfica do som do *Pitangus sulphuratus* correspondente à faixa “Great Kiskadee (*Pitangus sulphuratus maximiliani*)”, do álbum xeno-canto, de autoria de Ricardo José Mitidieri (2017), disponível no site Xeno-canto: Compartilhando sons de aves do mundo todo, o qual pode ser visualizado na Figura 2. O áudio, acessado do referido site, tem 9,535 milésimos de segundo, e o som da chamada toca duas vezes.

Figura 2 - Janela do Audacity, representação gráfica do arquivo de áudio do canto do bem-te-vi



Fonte: Audacity.

Os dois canais de áudio são representados no quadro central da Figura 2; o canal esquerdo, aquele cujo auscultador deve ser colocado no ouvido esquerdo, é representado na parte superior do quadro; e o direito, cujo auscultador deve ser posto no ouvido direito, na parte inferior do quadro. Para essa modelagem, optou-se por trabalhar com o canal direito, pois esse apresenta maior amplitude do som. Assim, utilizou-se o recurso *Separar Faixas Estéreo* do aplicativo Audacity e selecionar apenas o canal direito. Posteriormente, selecionou-se um dos trechos do arquivo correspondente à chamada do bem-te-vi, de acordo com a Figura 3.

Figura 3 - Janela do Audacity: representação gráfica da seleção do trecho com a chamada do bem-te-vi



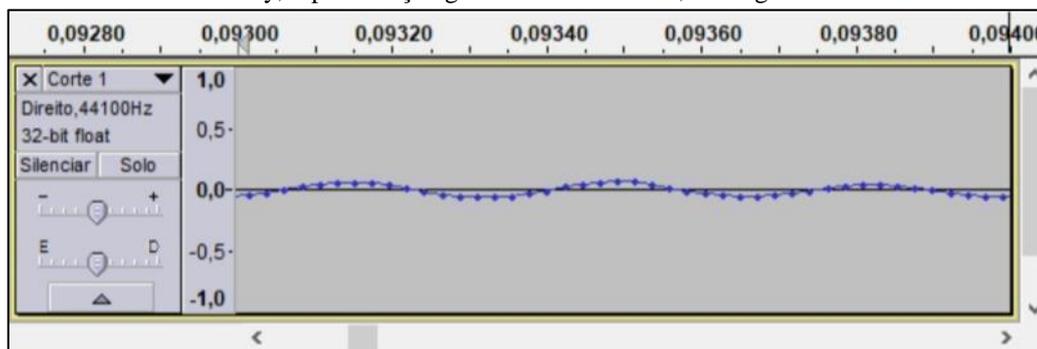
Fonte: Audacity.

O trecho selecionado possibilitou, sem perder a melodia original, ter um áudio em um período mais curto, 0.73 segundos, e, por consequência, uma representação gráfica menor. Esse trecho foi exportado, utilizando o recurso *Exportar Áudio Selecionado* do Audacity e, a seguir, salvo como um novo arquivo de áudio.

2.3.1. PRIMEIRA MODELAGEM:

Na primeira etapa, utilizou-se a ferramenta zoom do software Audacity. Esse recurso permitiu constatar que, para um zoom alto, pode-se observar o movimento de onda da representação gráfica da chamada do bem-te-vi. Então, selecionou-se, de forma aleatória, 1 milissegundo ($1\text{ ms} = 10^{-3}\text{ s}$) desse áudio, entre o tempo de 0,093s e 0,094s do arquivo, conforme mostra a Figura 4:

Figura 4 - Janela do Audacity, representação gráfica do trecho de 0,001 segundo da chamada do bem-te-vi



Fonte: Audacity.

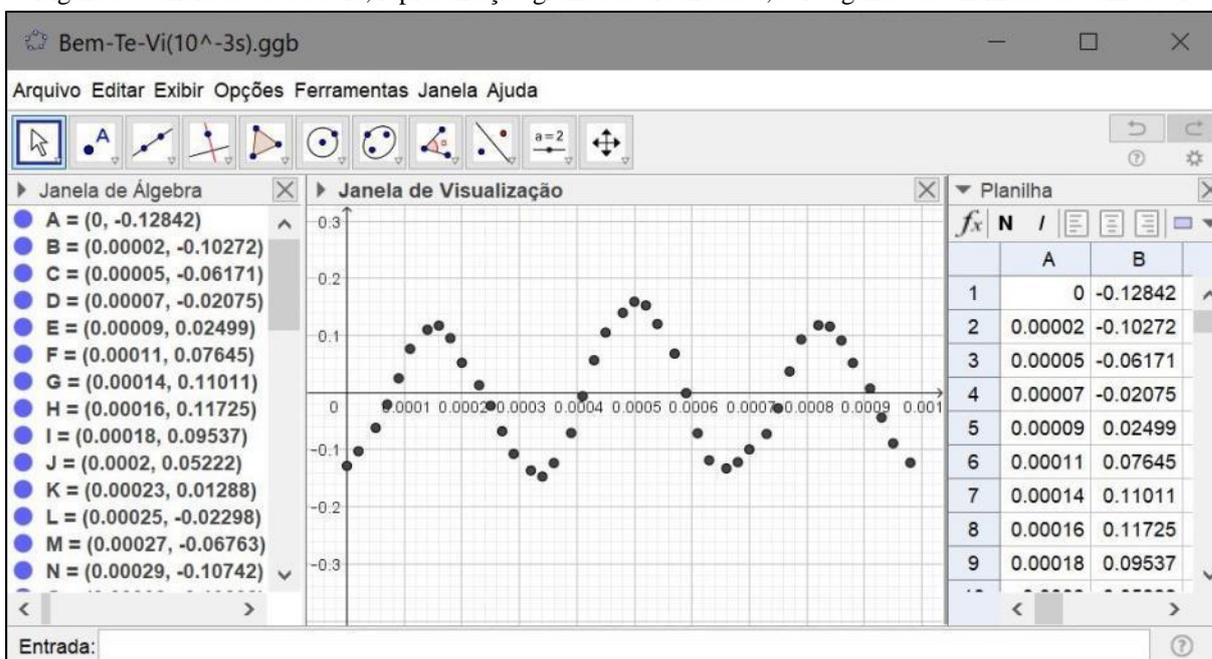
A partir dessa representação gráfica (Figura 4), o professor pode socializar vários conhecimentos matemáticos, em especial conceitos relacionados à Função. Com o auxílio do GeoGebra, é possível encontrar uma fórmula algébrica que se aproxime da curva e, na sequência, podem ser explorados conceitos, como período, translação, reflexão, continuidade,

semelhança e amplitude de funções, bem como ajuste de curvas, pontos de máximo e mínimo entre outros.

Utilizando o recurso *Sample Data Export*, o Audacity, foram exportadas as coordenadas dos pontos destacados na Figura 4 para um arquivo de texto, com extensão *txt*. Abre-se esse arquivo de texto e copia-se seu conteúdo.

Posteriormente, abre-se o aplicativo GeoGebra, e coloca-se o conteúdo copiado no ambiente Planilha do GeoGebra, selecionando as linhas e colunas da planilha com os dados colados e utilizando o recurso do GeoGebra *criar lista de pontos*, o que nos permitiu obter uma lista de pontos no GeoGebra com 40 pontos (Figura 5), correspondente à lista de pontos apresentada no Audacity inicialmente.

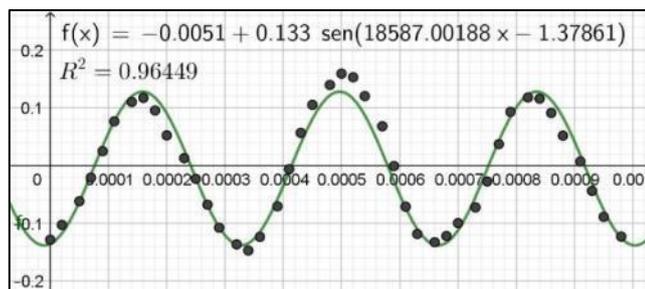
Figura 5 - Janela do GeoGebra, representação gráfica do trecho de 0,001 segundo da chamada do bem-te-vi



Fonte: Audacity.

Como o GeoGebra disponibiliza diversas ferramentas prontas de regressão, então foram testadas as mais diversas opções, buscando um bom ajuste à lista de pontos. Vale destacar que, em um processo de modelagem, é comum não obter um resultado adequado nas primeiras tentativas, O primeiro ajuste considerado bom foi o que utilizou o recurso *Regressão Sinusoidal*, que faz tal regulagem utilizando como base a função Seno.

Figura 6 - Janela do GeoGebra, representação gráfica do ajuste Sinusoidal do trecho de 0,001 segundo da chamada do bem-te-vi



Fonte: GeoGebra.

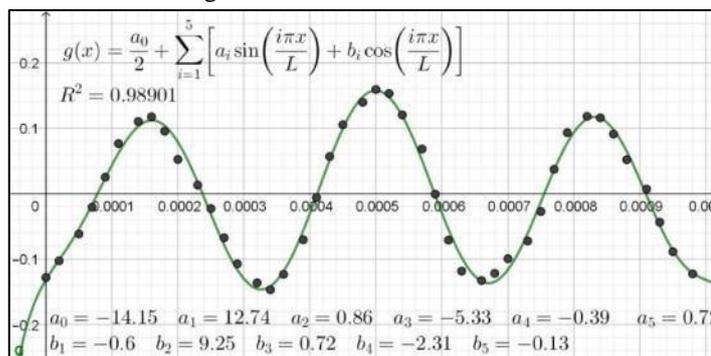
Esse ajuste, representado pela função f , cujo gráfico corresponde aos pontos do traçado na cor verde, teve um R^2 de 0,96. É válido destacar que o R^2 é uma medida da assertividade do ajuste efetuado e que, quanto mais próximo de 1, seu valor está melhor e foi esse o ajuste do modelo aos pontos. Nesse caso, pode-se considerar o ajuste como bom, porém observou-se que os picos e vales do modelo, ou seja, do gráfico da função f , são sempre constantes, o que não se reflete no comportamento da lista de pontos.

Assim, a fim de melhorar o modelo e sabendo que a Série de Fourier é amplamente utilizada no estudo de fenômenos ondulatórios e que o GeoGebra possibilita efetuar a Regressão utilizando uma família de funções indexadas por um conjunto finito de parâmetros, resolveu-se utilizar a Série de Fourier como modelo geral, a ser ajustado, da família de funções dadas pela Série de Fourier de uma função periódica:

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{+\infty} \left(a_i \operatorname{sen} \left(i \frac{\pi x}{L} \right) + b_i \operatorname{cos} \left(i \frac{\pi x}{L} \right) \right)$$

É importante chamar a atenção para o fato de que, para fazermos a regressão, é necessário o truncamento da Série de Fourier, a fim de obter apenas um número finito de parâmetros a_i e b_i . Nesse caso, truncou-se em $i = 5$, e o resultado pode ser observado na Figura 7:

Figura 7 - Janela do GeoGebra, representação gráfica do ajuste por Série de Fourier truncada do trecho de 0,001 segundo da chamada do bem-te-vi



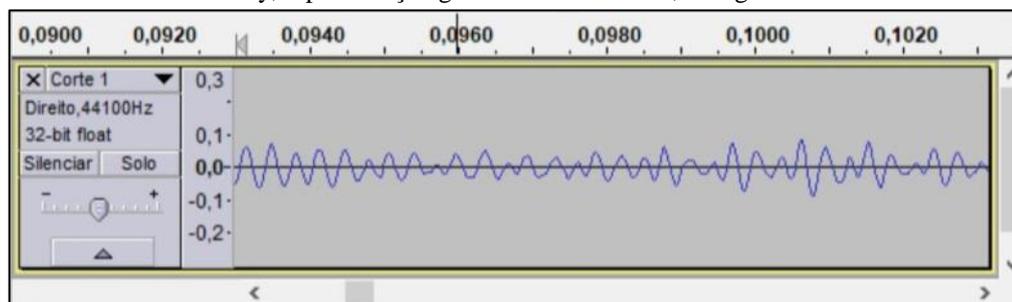
Fonte: GeoGebra.

Observa-se que o valor de R^2 para esse ajuste é maior que o valor obtido no ajuste do modelo anterior, ou seja, o ajuste foi melhor. Além disso, esse ajuste consegue capturar a variação dos vales e dos picos que se observa na lista de pontos. A Série de Fourier é a principal ferramenta matemática no estudo de funções periódicas e, como se constatou nesse ajuste, a família de funções da Série de Fourier truncada é adequada para a modelagem de fenômenos ondulatórios, característica apontada no início do processo de modelagem, ao observar o canto do bem-te-vi no Audacity.

2.3.2. SEGUNDA MODELAGEM:

O objetivo, a partir desse ponto, é considerar um trecho maior da chamada do bem-te-vi. Por isso, amplia-se o trecho do canto a ser considerado em 10 vezes, ou seja, para 0.01 segundo ($10\text{ ms} = 10^{-2}\text{ s}$), entre o tempo de 0,093s e 0,103s do arquivo, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Janela do Audacity, representação gráfica do trecho de 0,01 segundo da chamada do bem-te-vi

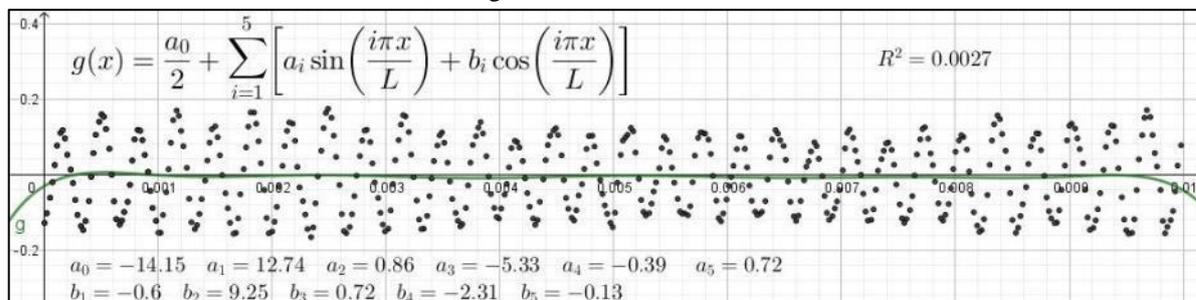


Fonte: Audacity.

Análogo ao processo executado na Primeira Modelagem, utilizando o recurso *Sample Data Export* do Audacity, exportam-se as coordenadas dos pontos para um arquivo de texto os quais foram copiadas para o ambiente Planilha do GeoGebra. Posteriormente, cria-se uma lista

com esses 441 pontos no GeoGebra; finalmente, efetua-se o ajuste de curva, utilizando a Série de Fourier truncada em $i = 5$, obtendo- e, dessa forma, obtém-se o resultado apresentado na Figura 9:

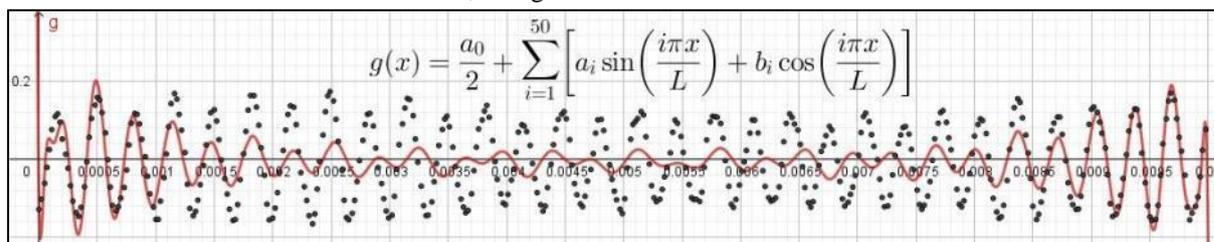
Figura 9 - Janela do GeoGebra, representação gráfica do ajuste por Série de Fourier truncada com $i=5$ do trecho de 0,01 segundo da chamada do bem-te-vi



Fonte: GeoGebra.

Aqui se observa que a ordem da expansão da série não é suficiente para capturar o fenômeno ondulatório de uma quantidade tão grande de pontos. Ou seja, o gráfico do ajuste efetuado com auxílio da família de funções da Série de Fourier truncada em $i = 5$ não corresponde a um bom modelo representativo para esse conjunto de pontos. Então, gradativamente, foi-se aumentando a ordem da expansão da Série de Fourier para $i = 10, 20, 30, 40, 50$ e, em cada um, observa-se um aumento gradativo do valor do R^2 ; portanto, um modelo cada vez melhor. Para $i = 50$, o resultado pode ser observado na Figura 10.

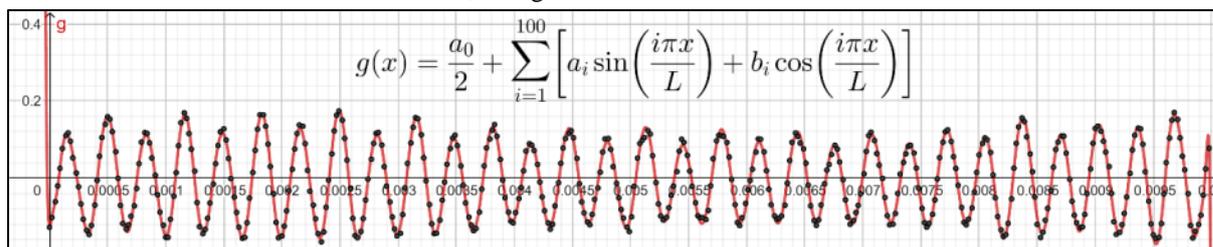
Figura 10 - Janela do GeoGebra, representação gráfica do ajuste por Série de Fourier truncada com $i=50$ do trecho de 0,01 segundo da chamada do bem-te-vi



Fonte: GeoGebra.

Notadamente, esse ajuste ainda é insatisfatório. Então, aumentando-se os termos da Série de Fourier para $i = 100$ obteve-se o resultado apresentado na Figura 11:

Figura 11 - Janela do GeoGebra, representação gráfica do ajuste por Série de Fourier truncada com $i=100$ do trecho de 0,01 segundo da chamada do bem-te-vi



Fonte: GeoGebra.

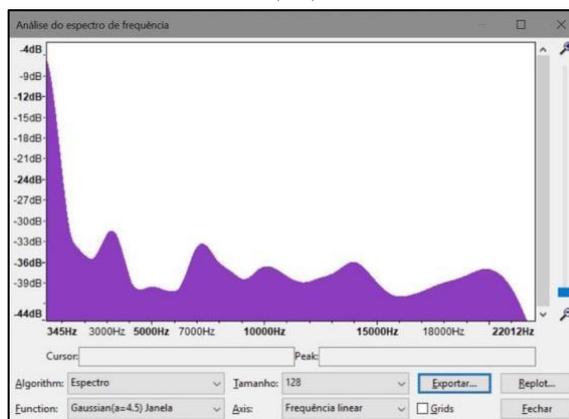
Essa é uma boa representação dos pontos, pois, descreve bem o canto do bem-te-vi nesse intervalo de tempo. O objetivo era descrever o canto completo do bem-te-vi; no entanto, o intervalo de tempo do canto considerado é de 0,74 segundos, ou seja, 74 vezes o tempo utilizado na modelagem anterior. Isso leva, utilizando o Audacity, a um conjunto de mais de 32 mil pontos o que inviabiliza a modelagem no GeoGebra.

A intenção era observar que o som do bem-te-vi e o som de forma geral estão relacionados com gráficos que apresentam essa característica. Portanto, para a modelagem da Série de Fourier, é fundamental destacar a importância do conteúdo de funções trigonométricas para a Educação Básica e para as Ciências em geral.

2.3.3. TERCEIRA MODELAGEM

É pertinente destacar a importância da análise de frequência, tanto para criar notas musicais quanto para editar um áudio. Diante disso, surge a necessidade de saber quais são os pontos de máximo e de mínimo. A esse respeito, o Audacity fornece, por meio da *Análise do Espectro de Frequência*, a representação gráfica que, conforme Nocko (2010, p. 28): “São bastante úteis porque auxiliam na edição, oferecendo recursos como a visualização em espectrograma e a marcação dos cliques, ou seja, dos trechos em que o som chegou ao máximo possível de amplitude”.

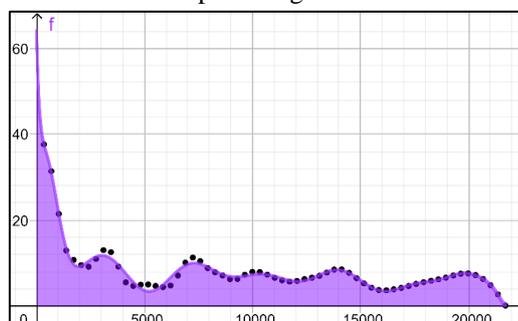
Figura 12 - Programa Audacity, espectrograma do som do *Pitangus sulphuratus*, intensidade (dB) Vs. frequência (Hz)



Fonte: Audacity.

Por meio dessa representação gráfica, utilizando o recurso *Exportar* do Audacity e levando os dados para o GeoGebra, é possível encontrar uma fórmula algébrica, explorar os conceitos já citados e ainda desenvolver o cálculo da área da região limitada pelas curvas, usando assim conceitos do Cálculo Diferencial e Integral, tais como estimativa de áreas, taxa de variação, ponto de inflexão da curva e inclinação da reta tangente.

Figura 13 - Janela do GeoGebra, representação geométrica polinomial de grau 21 de um período do espectrograma e sua área dada pela integral de f no intervalo $[0, 21.700]$ Hz



Fonte: GeoGebra.

No GeoGebra, foi possível fazer algumas aplicações e ajustes de curvas que apenas contemplam fins educacionais, propiciando um espaço relevante para a aprendizagem. Também podem ser explorados conteúdos, como representação decimal baseada nas questões referentes às medidas de tempo, por exemplo.

Existem diferentes programas e softwares, além de vários outros recursos tecnológicos. Contudo, enfatizou-se que os recursos utilizados neste projeto servem apenas como auxiliares nas análises ou no processo de produção de dados. Cabe ao professor, por meio da análise crítica e criativa, proporcionar ações de ensino efetivas. Isto é, os recursos facilitam algumas tarefas,



mas o trabalho docente e suas experiências configuram-se como a essência de toda atividade de ensino.

Petry *et al.* (2020, p. 6) dizem que “a Modelagem Matemática perfaz o caminho da pesquisa científica por meio de estímulos que proporcionam a aprendizagem, tais como, investigação, criatividade, senso crítico, autonomia entre outros”. No desenvolvimento de atividades que articulam diferentes áreas do conhecimento, necessita-se compreender os fenômenos de maneira ampliada, para entender como é possível a inter-relação dessas áreas e, para além disso, compreender de que modo é possível transpor os conhecimentos mais específicos para conhecimentos escolares.

As questões aqui anunciadas conduzem à reflexão de que a dimensão educativa do conhecimento científico oferece, subjacente à prática docente, a oportunidade de entender o desenvolvimento de áreas diversas do conhecimento como constructos de homens e mulheres tecidos em diversos contextos históricos e sociais.

3 CONSIDERAÇÕES

Ao retomar a problemática inicial, anuncia-se como é possível elaborar uma proposta pedagógica fundamentada na abordagem STEAM, a partir de um hóspede natural local do parque, o bem-te-vi, e à medida que a recomendação foi buscar nos elementos que entrelaçam à imagem do pássaro (canto, estrutura física, comportamento, entre outros), significados em diversas lentes, aqui representadas pela Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática.

Essa ação criativa faz emergir sentidos e habilidades diversas que se complementam, tecendo a complexidade do existir e experienciar. Certamente, esse trabalho exigiu uma boa pitada de criatividade, iniciativa e pensamento investigativo; a ideia principal é construir algo junto com os estudantes, utilizando as ferramentas e possibilidades disponíveis.

Uma grande dificuldade foi selecionar, no parque, o objeto de estudo que contemplaria a composição e sistematização das cinco áreas da STEAM, considerando que devam ser desenvolvidas de acordo com o objeto de estudo e com a situação problematizadora escolhida, após a coleta de dados. Para o professor pesquisador que deseja trabalhar com a metodologia STEAM, é importante considerar as limitações (físicas, geográficas, custos etc.), e as pedagógicas, bem como as relativas ao estudante e sua identidade cultural, interesses, entre outros.

Neste sentido, a pesquisa obteve êxito, pois diante do objetivo exposto, apresentam-se propostas de atividades a partir da STEAM, a qual traz uma promissora abordagem



metodológica para o contexto da educação. Sendo assim, espera-se contribuir com a prática de atuais e futuros professores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Gabriela Rabelo. **Biomimétrica no design**: abordagens, limitações e contribuições para o desenvolvimento de produtos e tecnologias. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Design). — Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em:

<https://doczz.com.br/doc/169208/biomim%C3%A9tica-no-design--abordagens--limita%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 9 ago. 2021.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. 4 ed. São Paulo: Contexto, 2014.

CAVALCANTE, Krisdany Vinícius Santos de Magalhães. **Avaliação acústica ambiental de habitats de passeriformes expostos a ruídos antrópicos em Minas Gerais e São Paulo**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) — Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/353M.PDF>. Acesso em: 25 mar. 2021.

FERREIRA, Carlos Gonçalves Félix. **Perguntar à natureza — biomimicry thinking**: O biodesign como solução para a escassez de água. 2016. 179 f. Dissertação (Mestrado em Design de Equipamento; Especialização em Design de produto) — Faculdade de Belas-Artes, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/handle/10451/28499?locale=pt_PT. Acesso em: 9 ago. 2021.

JOHNSON, Larry; ADAMS BECKER, Samantha, ESTRADA, Victoria; FREEMAN, Alex. **NMC Horizon Report**: Edição Educação Básica 2015. Tradução do Relatório para Português: Colégio Bandeirantes. Austin, Texas: The New Media Consortium., 2015. Disponível em: <https://ppgtic.ufsc.br/files/2015/11/2015-nmc-horizon-report-k12-PT.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

LOPES, Tiago Beirigo; CANGUSSU, Everton Soares; HARDOIM, Edna Lopes; GUARIMNETO, Germano. Atividades de Campo e STEAM: Possíveis Interações na Construção de Conhecimento em Visita ao Parque Mãe Bonifácia em Cuiabá-MT. **Revista REAMEC**, Cuiabá v. 5, n. 2, jul./dez. 2017. <https://doi.org/10.26571/2318-6674.a2017.v5.n2.p304-323.i5739>

MITIDIERI, Ricardo José. XC359179 *bem-te-vi* (*Pitangus sulphuratus maximiliani*) call.

Xeno-canto: compartilhando sons de aves do mundo todo. Gravado em Rio Bonito de Baixo, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil, 3 dez. 2017. [Leiden]: Xeno-canto Foundation and Naturalis Biodiversity Center, [2005]. Disponível em: <https://www.xeno-canto.org/359179>. Acesso em: 9 ago. 2021.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Tradução de Eloá Jacobina. 8 ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2003.



NOCKO, Caio Manoel. **Softwares Livres de Produção**. Curitiba: SEED, 2010. (Audacity. Versão 1.3.5. Editor de Áudio. Volume 1). Disponível em: <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/tutoriais/audacity1.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2017.

PETRY, Polyanna Possani da Costa; MEDEIROS, Kátia Maria de; HARDOIM, Edna Lopes; MANSILLA, Débora Eriléia Pedrotti. A modelagem matemática como uma metodologia investigativa e crítica nas aulas de Matemática. **Revista Educação Matemática Debate**, Montes Claros (MG), Brasil, v. 4, p. 1–25, 2020. DOI: 10.46551/emd.e202037. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/emd/article/view/2225/3066>. Acesso em: 9 ago. 2021.

POUGY, Eliana; VILELA, André. **Projeto Ápis: Arte**, 3º ano (Manual do Professor). 1. ed. São Paulo: Ática, 2017.

SANTOS, Antonio Silveira Ribeiro dos. A importância da vocalização na identificação das aves. **Boletim n. 10**. São Paulo: CEO (Centro de Estudos Ornitológicos), jul. 1994. p. 27–34. Disponível em: <http://www.ceo.org.br/bolet/bolceo10.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

SCHAFER, Raymond Murray. **A afinação do mundo** – Uma exploração pioneira pela história e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora. Tradução de Marisa Trench Fonterrada. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

TOLENTINO, Vitor Carneiro de Magalhães. **Repertório vocal e variações no canto de aves em diferentes áreas florestais no cerrado sensu lato**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) — Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13417>. Acesso em: 25 mar 2021.

TOLENTINO, Vitor Carneiro de Magalhães. **Bioacústica como ferramenta para estudo da influência do ruído antrópico nas aves**. 2019. 168 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) — Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24925>. Acesso em: 25 mar. 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Professor Doutor Dalci Mauricio Miranda Oliveira, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), ornitólogo de referência nacional, por nos auxiliar com sugestões sobre os programas que poderiam contribuir com as análises de nossos dados biológicos e também por nos fornecer, de seu acervo pessoal, a foto do bem-te-vi.