

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O CONHECIMENTO SOBRE AVES SILVESTRES: O USO DE BICOS E PÉS EM MODELOS DE PROTOTIPAGEM

Victória Ribeiro Silvestre¹

Sheila Canavese Rahal²

Gabriel Franco Bilche³

Maria Jaqueline Mamprim⁴

Bruno Agostinho Hernandez⁵

Edson Antonio Capello Sousa⁶

Eliana Cordeiro Curvelo⁷

Resumo: Este estudo teve por objetivo utilizar a prototipagem de bicos e pés de aves da fauna silvestre para serem apresentados nos diferentes níveis de ensino, em contextos de educação formal e não formal, com vistas às aprendizagens sobre o conhecimento e o combate ao tráfico, maus-tratos e comércio ilegal de animais silvestres. Para a confecção dos protótipos foram utilizados animais que vieram a óbito, mediante autorização pelos comitês responsáveis. Foram aplicados questionários sobre as percepções e o conhecimento das espécies com profissionais e estudantes da área veterinária, bem como com alunos da educação básica. O uso de protótipos nas atividades de Educação Ambiental possibilitou aos alunos identificarem e estabelecerem relações com as imagens apresentadas, contribuindo para a assimilação das espécies e a compreensão da importância da conservação dos animais em seus ambientes naturais.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Saúde Única; Medicina Veterinária; Aprendizagem Significativa.

¹ Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: victoria.silvestre@unesp.br

² Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: sheila.canavese-rahall@unesp.br

³ Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: g.bilche@unesp.br

⁴ Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: jaqueline.mamprim@unesp.br

⁵ Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: bruno.agostinho@unesp.br

⁶ Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: edson.capello@unesp.br

⁷ Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: eliana.curvelo@unesp.br

Abstract: This study aimed to use prototypes of beaks and feet of wild birds as educational tools across different levels of education, in both formal and non-formal contexts. The goal was to promote learning about wildlife conservation and to raise awareness about the issues of trafficking, mistreatment, and illegal trade of wild animals. The prototypes were created using deceased animals, with authorization from the appropriate regulatory committees. Questionnaires assessing perceptions and knowledge about the species were carried out with professionals and students in the veterinary field, as well as with primary and secondary school students. The use of prototypes in environmental education activities enabled students to identify and relate to the species represented, facilitating the assimilation of knowledge and enhancing their understanding of the importance of conserving animals in their natural habitats.

Keywords: Environmental Education; One Health; Veterinary Medicine; Meaningful Learning.

Introdução

O conceito de *One Health* ou Saúde Única, embora amplamente utilizado trata-se de conceito antigo. A origem científica desse termo remonta ao médico humano Rudolf Virchow e ao médico veterinário William Osler, que demonstraram a interdependência entre a saúde humana e a saúde animal. Destaca-se também a contribuição do Dr. Calvin Schwabe, que estabeleceu o termo *One Medicine*. Esses e outros cientistas, no final do século XIX e início do século XX, evidenciaram por meio de suas pesquisas as interações entre o ser humano, os animais e o ambiente que, na atualidade, foram assimiladas pelo senso comum (Carneiro; Pettan-Brewer, 2021).

Apesar de sua importância, a aplicação desse conceito em iniciativas e ações foi subutilizada durante muitos anos. Com a intensificação da globalização e a revitalização do conceito sob a denominação *One Health* - Saúde Única, sua relevância foi restaurada, especialmente diante do surgimento de doenças zoonóticas que demandam esforços conjuntos de médicos, médicos veterinários, cientistas da pesquisa biomédica, translacional e da saúde pública (Carneiro; Pettan-Brewer, 2021). Reconhece-se, assim, que:

Em todo o mundo, [...] o rápido movimento de indivíduos e produtos pela globalização, uma demanda crescente [...] destruição de habitats, aumento de contato entre humanos e animais, mudança climática, migração e crescente resistência antimicrobiana, entre outros desafios que influenciam direta ou indiretamente a saúde. (Carneiro; Pettan-Brewer, 2021, p.221).

Tornou-se, mais do que nunca, necessário atuar em diferentes frentes para restabelecer o equilíbrio do planeta. Nesse sentido, o conceito de Saúde Única é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de conhecimentos

Revbea, São Paulo, V. 20, Nº 3: 503-517, 2025.

interdisciplinares que subsidiem a formulação de políticas públicas. As interconexões entre a saúde humana, animal e ambiental, por meio de abordagens interdisciplinares e transdisciplinares, podem ser utilizadas para enfrentar a complexidade dos problemas que afetam a todos, em níveis local e global.

Buscando abordagens científicas e interdisciplinares, têm sido formadas parcerias e grupos de pesquisa voltados para a promoção da saúde global – abrangendo pessoas, animais e o meio ambiente. Dentro desse contexto, os médicos veterinários desempenham um papel importante na preservação e conservação ambiental. Os preceitos da relação entre humanos e animais se coadunam, sobretudo, pelos efeitos positivos associados aos animais de companhia. No entanto, também existem estudos que evidenciam a violência praticada por humanos contra animais domésticos e selvagens.

Os ambientes urbanos e o desenvolvimento das cidades são fatores que influenciam a continuidade da vida de animais silvestres, mas existem outros fatores, como a exploração, a captura e o comércio ilegal. No Brasil, país de dimensões continentais e com grande diversidade de biomas, inúmeras espécies são capturadas e comercializadas como animais de estimação. O processo de captura e confinamento, muitas vezes inadequado, causa maus-tratos aos animais. Existem mais de quatrocentas espécies de aves em diferentes habitats no país, das quais aproximadamente 295 são comercializadas ilegalmente, sendo as pertencentes às famílias Emberizidae, Psittacidae, Thraupidae e Icteridae entre as mais afetadas pelo tráfico ilegal (Alves; Lima; Araújo, 2013). Além disso, com base em 45 publicações, foi elaborada uma lista das principais espécies de aves traficadas no Brasil, das quais, entre as 343 espécies citadas, a ordem mais acometida foi a dos Passeriformes, com 45,2%, seguida pelos Psittaciformes, com 16,6% dos pássaros apreendidos em resgates realizados no combate ao tráfico de animais (Costa *et al.*, 2018).

Para combater o tráfico ilegal de animais, medidas legais e educativas são frequentemente realizadas em todo o país, com o intuito de diminuir o impacto desse comércio na preservação e conservação das espécies mencionadas. Segundo um estudo sobre o uso de animais em projetos de Educação Ambiental voltados à sociedade, atividades pedagógicas que envolvem a participação de pessoas em diferentes faixas etárias e níveis de ensino auxiliam e promovem mudanças significativas na percepção da importância do cuidado com os animais silvestres, tornando-se fundamentais para a preservação dos ecossistemas e da biodiversidade. Além disso, o conhecimento científico, quando traduzido para o senso comum, cria elos de comunicação que contribuem para a proteção das espécies locais (Oliveira; Régis; Francos, 2020).

Nesse sentido, seguindo os preceitos de Freire (2013), é preciso despertar “uma presença curiosa do sujeito em face do mundo” para que se possa ter uma “ação transformadora sobre a realidade” (Freire, 2013, p. 16). Dessa forma, o desenvolvimento de atividades de Educação Ambiental deve ter

como princípio o estímulo à curiosidade e ao conhecimento, com a finalidade de transformar a realidade — neste caso, promovendo uma mudança de pensamento em relação à captura de animais silvestres. O desenvolvimento da habilidade de um pensamento ecologista, que está alinhado ao conceito de Saúde Única, deve permear as propostas de atividades pedagógicas na Educação Ambiental, pois:

O pensamento ecologista carrega, desde suas origens, a marca de tentar estabelecer esta relação de diálogo e de pertencimento entre os seres humanos e os demais seres vivos[...]. O sistema educativo, cada vez mais, está sendo questionado justamente pela falta de diálogo e de pertencimento solidário e planetário. (Barcelos, 2005, p. 10).

Portanto, para mobilizar os indivíduos em relação à Educação Ambiental, é necessário criar alternativas de ensino, dentre as quais se destaca o uso de aves silvestres. O emprego de animais resgatados e em recuperação devido a maus-tratos pode ser explorado em seu processo de refaunação, utilizando-se a apresentação de espécimes taxidermizados, fotografias de aves na natureza e em pesquisas, além de ilustrações científicas, como alguns dos métodos aplicáveis.

Recentemente, a tecnologia tem proporcionado novas formas de assimilação do conhecimento, como o uso da inteligência artificial e da prototipagem rápida (ou manufatura aditiva), com o objetivo de produzir modelos e objetos sólidos em 3D a partir de imagens em formato digital (Marro; Bandukwala; Mak, 2016; Mishra, 2016). A impressão tridimensional possui diversas aplicações. Na área médica, por exemplo, essa tecnologia tem sido utilizada na criação de modelos anatômicos para planejamento cirúrgico, no desenvolvimento de implantes personalizados, moldes para próteses, guias cirúrgicos, bem como no ensino de anatomia em nível de graduação, oferecendo possibilidades contínuas de inovação (Abouhashem *et al.*, 2015; Bozkurt; Karayel, 2021; Marro; Bandukwala, 2016; Tack *et al.*, 2016). Há também potencial para sua aplicação em outros níveis de ensino. Fundamentalmente, o processo de prototipagem rápida consiste em três etapas: aquisição de dados, processamento de imagens e impressão em 3D (Memarian *et al.*, 2022). Esta última ocorre por meio da adição de camadas de materiais como plástico, cerâmica, resina, metal, ou ainda pela combinação dessas matérias-primas, resultando na replicação volumétrica do objeto ou modelo desejado (Bozkurt; Karayel, 2021; Mishra, 2016; Wilhite; Wölfel, 2019).

Como mencionado inicialmente, o conceito de Saúde Única tem sido gradualmente assimilado pela sociedade na busca por soluções para os desafios enfrentados pelo planeta. Esse conceito reforça que todos são responsáveis pelos desequilíbrios ambientais e, por isso, torna-se essencial desenvolver uma consciência voltada à preservação e conservação dos animais e dos ambientes.

Revbea, São Paulo, V. 20, Nº 3: 503-517, 2025.

Atualmente, apenas uma pequena parcela dos profissionais da medicina veterinária atua no desenvolvimento de protótipos anatômicos de aves resgatadas vítimas de maus-tratos, com a finalidade de utilizá-los no próprio processo de reabilitação dos animais. Ressalta-se que a tecnologia de prototipagem tem sido incorporada no ensino e aprendizagem em diversos contextos educativos, permitindo, em atividades de Educação Ambiental, demonstrar os danos sofridos por animais aprisionados pelo comércio ilegal. Diante desse cenário, é de suma importância promover a inter-relação de saberes, utilizando a tecnologia de prototipagem no desenvolvimento de modelos voltados ao ensino em nível de graduação, bem como à Educação Ambiental, ao evidenciar os processos científicos envolvidos na proteção e reabilitação de animais silvestres impactados pela ação humana.

A apresentação do papel das aves na preservação dos ecossistemas deve ser enfatizada na Educação Ambiental, por meio de um processo educativo que permita aos participantes refletirem e agirem em defesa dos animais e no combate ao tráfico de espécies silvestres. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de protótipos de bicos e pés de três espécies de aves, pertencentes a diferentes famílias, para uso na formação de profissionais e estudantes da área veterinária. Busca-se demonstrar a correlação entre o formato dos bicos e dos pés e sua relação com os hábitos alimentares, o porte físico e as adaptações ao ambiente (Oliveira, 2018). Destaca-se que este estudo contou com a participação de profissionais e estudantes da área de medicina veterinária, com o intuito de avaliar a qualidade dos protótipos, além de estudantes do ensino fundamental – anos iniciais –, com a intenção de verificar a apropriação de conceitos relacionados à anatomia das aves em contextos de Educação Ambiental. Em ambos os casos, a meta principal foi avaliar se o ensino com o uso de protótipos contribui para a mudança de percepção sobre a importância e a proteção dos animais silvestres.

Materiais e métodos

Como verificado, as tecnologias de tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) são fundamentais na produção de modelos para prototipagem, realizados por meio de softwares de modelagem 3D. A TC é considerada o principal instrumento de escolha devido ao seu alto índice de contraste para a observação de estruturas ósseas (Wong, 2016). Além disso, as imagens obtidas por TC são consideradas mais adequadas para esse tipo de aplicação, pois os bicos — compostos pelo *rostrum maxillare* e *rostrum mandibulare* — são cobertos por uma bainha queratinizada, e os pés — formados pelo tarsometatarso e pelos ossos dos dígitos — também exigem maior definição óssea (König; Korbel; Liebch, 2016; Wong, 2016). As informações adquiridas por TC foram exportadas para a renderização e criação de malhas 3D, passando por um processamento adicional para conversão dos dados em arquivos STL (linguagem de tesselação de superfície). Em seguida, os arquivos STL foram

importados para um software compatível com a impressora 3D. O modelo 3DSlicer foi escolhido por ser de código aberto.

As técnicas de impressão 3D baseiam-se em processos de polimerização (como estereolitografia, jateamento de areia com fotopolímero e processamento digital de luz), em processos de união ou em métodos de fusão (como fusão a laser, fusão por feixe de elétrons e sinterização a laser) (Bozkurt; Karayel, 2021; Hespel; Whilite; Hudson, 2014; Wilhite; Wölfel, 2019; Wong, 2016). A impressora FDM (Fused Deposition Modeling, ou Modelagem por Fusão e Deposição) é uma das mais utilizadas na produção dos modelos apresentados neste estudo, devido ao seu baixo custo, e opera depositando material de filamento derretido em camadas finas e sucessivas até formar a peça completa (Bozkurt; Karayel, 2021; Hespel; Wilhite; Hudson, 2014; Wilhite; Wölfel, 2019; Wond, 2016). Por vezes, a precisão dos modelos 3D pode ser comprometida em diferentes etapas do processo, como na segmentação de imagens DICOM, no processamento dos dados em formato STL, na geração do G-code e na escolha do tipo de impressora 3D (Hespel; Whilite; Hudson, 2014; Marro; Bandukwala; Mak, 2016).

Os animais utilizados neste estudo para a produção dos modelos de prototipagem tiveram sua aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da UNESP (CEUA: 0106/2022) e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (SISBIO: 83367). Os exemplares de aves, que vieram a óbito por causas não relacionadas ao estudo, foram selecionados para a pesquisa, sendo utilizados os bicos e pés de três aves das seguintes famílias: Ramphastidae, com *Ramphastos toco* (tucano-toco); Psittacidae, com *Amazona aestiva* (papagaio-verdadeiro); e Cariamidae, com *Cariama cristata* (seriema-de-patas-vermelhas).

Essas aves foram armazenadas por meio de preservação para evitar a decomposição, em temperatura de -20°C (vinte graus Celsius negativos). O processo de descongelamento foi realizado em temperatura ambiente (aproximadamente 27°C). Para o registro das imagens de TC, as aves foram posicionadas em decúbito dorsal, e imagens axiais sequenciais da base até a ponta do bico, bem como do tarsometatarso até as falanges dos dedos, foram adquiridas com um tomógrafo computadorizado helicoidal de fatia única (Shimadzu SCT-7800CT).

Os parâmetros de escaneamento foram 120 kVp, 100 mA, fatias com 1,0 mm de espessura, pitch 1 e 1 segundo por rotação. Após a aquisição, as imagens axiais de TC foram transferidas e analisadas utilizando o sistema de visualização de imagens médicas *Radiant Dicom Viewer*. Em seguida, as imagens foram processadas com o software 3D Slicer e impressas usando uma impressora FDM, no modelo Ender 3-Pro. A seguir, foram obtidos os modelos de prototipagem.

Metodologia

O objetivo do presente estudo foi obter modelos acessíveis, mas com qualidade e precisão suficientes para possibilitar a manipulação tátil, especialmente voltada à identificação por alunos da educação básica. Inicialmente, os modelos foram apresentados a profissionais da área veterinária e, posteriormente, às crianças que frequentam o Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS) da FMVZ – UNESP, por meio de atividades pedagógicas com o propósito de ensinar sobre a importância do cuidado e da preservação da vida silvestre.

Para que a aprendizagem se torne significativa, é necessário valorizar os conhecimentos prévios dos estudantes e incentivar a formulação de hipóteses e ideias sobre os objetos em estudo. Especificamente, ao observar e manipular os modelos produzidos em 3D, os alunos são estimulados a comparar as imagens e, por meio de perguntas orientadoras, assumir um papel ativo no processo de aprendizagem. Eles são convidados a refletir sobre suas percepções e conhecimentos relacionados aos hábitos alimentares das aves, buscando identificar como a forma do bico e dos pés está relacionada à preensão e deglutição dos alimentos. Além disso, são questionados sobre a qual animal pertencem o bico e os pés analisados, bem como sobre os habitats desses animais.

Quanto ao método utilizado para analisar a percepção e a compreensão sobre a prototipagem no ensino e na aprendizagem, optou-se pela pesquisa qualitativa. Esse tipo de abordagem permite “ter acesso a experiências, interações [...] de uma forma que dê espaço às suas particularidades e aos materiais nos quais são estudados” (Flick, 2009, p. 9), caracterizando o impacto da interação e do reconhecimento dos modelos de prototipagem apresentados aos participantes deste estudo.

Para a realização do estudo, considerou-se que a participação humana em qualquer pesquisa deve promover tanto o compartilhamento do conhecimento produzido pelos pesquisadores quanto o respeito às vivências e saberes dos participantes. Isso implica compreender as subjetividades envolvidas e favorecer a comunicação, conforme as diretrizes estabelecidas na Resolução nº 510/16. Além disso, foi tomado o cuidado de não identificar os participantes que responderam ao formulário elaborado para coletar informações sobre as percepções em relação ao uso da prototipagem no ensino e na aprendizagem. Para os profissionais e estudantes do ensino superior, foi preparado um formulário simples, contendo apenas duas questões, com o propósito de identificar suas percepções sobre a prototipagem, conforme descrito a seguir:

1. Como você classificaria a confiabilidade do protótipo?
2. Você tem alguma sugestão para melhorar o protótipo?

Na primeira questão foi utilizada a Escala *Likert*, com três respostas alternativas; e a outra, do tipo fechada – “sim” e “não”, com a possibilidade de respostas para sugestões de possibilidades na melhoria dos modelos de prototipagem. O formulário acima foi realizado com vinte (20) estudantes em nível de graduação e vinte (20) médicos veterinários. O formulário foi aplicado juntamente com os protótipos de Ácido Polilático (PLA) na Figura 1. Os protótipos foram produzidos em diferentes cores sem conexão entre os bicos e e pés da mesma espécie, com a finalidade de avaliar o conhecimento e as percepções dos indivíduos sobre as espécies.

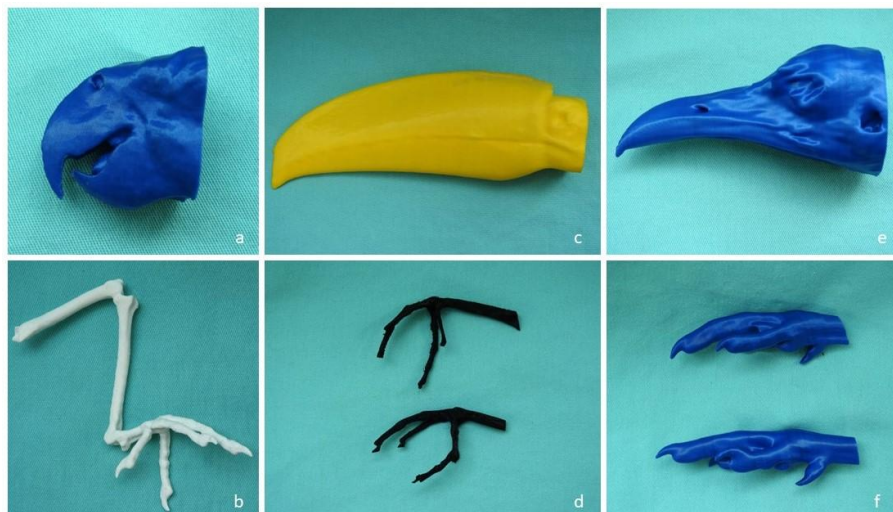


Figura 1: Impressão 3d dos bicos e pés de aves. Bico (a) e pé (b) do Papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*); bico (c) e pés (d) do Tucano-toco (*Ramphastos toco*); bico (e) e pés (f) da Seriema-de-patas-vermelhas (*Cariama cristata*)

Os modelos apresentados aos profissionais da área veterinária foram considerados importantes e excelentes para o ensino e a aprendizagem. Esses profissionais também sugeriram melhorias para aperfeiçoar os modelos de prototipagem, visando sua aplicação em diferentes contextos educacionais, tanto em espaços de Educação Ambiental não formal quanto em ambientes de educação formal, especialmente no ensino de disciplinas das áreas biológicas.

Posteriormente, após a validação dos protótipos impressos em 3D pelos profissionais da área veterinária, os modelos foram apresentados a noventa e seis (96) alunos da educação básica, com idades entre 6 e 10 anos, de duas escolas, durante atividades de Educação Ambiental no CEMPAS. Inicialmente, as imagens de cada pássaro e os protótipos em 3D foram dispostos de forma desorganizada sobre uma mesa, e foi solicitado às crianças que associassem as imagens aos bicos correspondentes, visando registrar suas percepções e conhecimentos prévios. Após essa etapa, observou-se que o uso dos protótipos pode ser potencialmente significativo para a aprendizagem das crianças. Em seguida, os mesmos modelos foram reorganizados, agrupando bicos, pés e imagens de forma estruturada, para que as crianças pudessem estabelecer novas relações e assimilar corretamente o conteúdo.

Resultados

Com os modelos de prototipagem dispostos sobre uma mesa, apresentados primeiramente a 20 estudantes de graduação e, posteriormente, a profissionais veterinários, foram obtidas respostas que, em sua totalidade, classificou a confiabilidade dos protótipos como excelente. Entretanto, 30,77% dos participantes sugeriram melhorias na apresentação dos modelos, tais como: utilizar materiais mais leves na impressão 3D, empregar materiais e instrumentos que aprimorem a qualidade dos protótipos, e produzir bicos e pés em cores correlacionadas à mesma ave, visando facilitar a diferenciação e associação no processo de ensino e aprendizagem em todos os níveis educacionais. Reconhecendo a parcialidade dos resultados, pode-se observar que há confiabilidade nos protótipos, que representam mais um recurso a ser utilizado para o conhecimento sobre os animais, contribuindo para a educação no ensino superior e oferecendo possibilidade de aplicação também no ensino médio.

Para as crianças, como mencionado anteriormente, após a identificação entre as imagens e os protótipos, os modelos das três aves foram dispostos de forma organizada, acompanhados de seus respectivos bicos, pés e imagens das aves correspondentes. Além disso, foram oferecidas explicações sobre os conceitos básicos de cada ave, para que pudessem identificar e relacionar as informações com os modelos, conforme ilustrado na Figura a seguir.



Figura 2: Apresentação dos modelos em 3D de bicos e pés para estudantes do ensino fundamental – anos iniciais.

Dos 96 participantes da educação básica, os alunos identificaram corretamente o bico do tucano-toco com 100% de acerto, o bico da seriema-de-patas-vermelhas com 92,71% de acerto, e o bico do papagaio-verdadeiro também com 92,71%. Em relação aos modelos 3D dos pés, as taxas de acerto foram de 70,84% para o tucano-toco, 45,84% para a seriema-de-patas-vermelhas e 41,67% para o papagaio-verdadeiro.

A taxa de acerto foi maior para os protótipos de bico do que para os de pés. Foi apresentado às crianças como os hábitos alimentares das aves influenciam o formato do bico, pois estes são usados na apreensão e preparação dos alimentos (McLelland, 1990; Nishida *et al.*, 2018). O tucano-toco possui um bico grande e leve, utilizado para apanhar frutas, ovos de outras aves e, ocasionalmente, insetos (König; Korbel; Liebch, 2016; Nishida *et al.*, 2018). O tamanho do bico dessa ave foi evidentemente atrativo e de fácil identificação em comparação aos bicos das outras duas aves (Cornelissen; Ritchie, 1994; Nishida *et al.*, 2018). A taxa similar de acerto para os bicos da seriema-de-patas-vermelhas e do papagaio-verdadeiro demonstra uma pequena dificuldade na diferenciação entre os bicos dessas aves. Portanto, na atividade pedagógica, foi ressaltado que as seriemas possuem um bico curvo, usado para rasgar a carne da presa, pois são onívoras, insetívoras e carnívoras (Hallager; Johnson, 2013). Já o papagaio-verdadeiro apresenta um bico curvo desenvolvido para se alimentar de nozes, frutas e bagas, entre outros alimentos; além disso, os bicos de papagaio também são utilizados como auxílio na locomoção (Harcourt-Brown, 2009; Lumeji, 1994).

Em relação aos pés, no caso do tucano-toco, a taxa de acerto foi 1,5 vezes maior do que a das outras aves. Foi explicado que essa ave agarra o alimento utilizando a ponta do bico, enquanto os pés são usados para comprimir itens alimentares maiores (Cornelissen; Ritchie, 1994). Os pés de tucanos e papagaios são do tipo zigodáctil (com dois dedos direcionados para frente e dois para trás) e são utilizadas para escalar e segurar (Coles, 2007). Já as seriemas possuem pés com três dedos voltados para frente e um dedo traseiro menor e elevado, o que dificulta o uso dos pés para capturar presas; por isso, elas utilizam suas garras afiadas para segurar o alvo (Hallager; Johnson, 2013). Essas especificidades das espécies de aves são mais difíceis de serem identificadas, considerando a faixa etária dos estudantes em processo de aprendizagem (Coles, 2007; Hallager; Johnson, 2013).

Segundo a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, é importante desenvolver atividades que promovam a aprendizagem combinatória por meio dos processos de diferenciação progressiva (conceitos que auxiliam na identificação) e de reconciliação integradora (que demonstram as relações) (Cool *et al.*, 2000, p. 235), para que os alunos possam assimilar os conceitos apresentados na atividade. Dessa forma, as explicações, aliadas aos materiais potencialmente significativos, proporcionaram às crianças a assimilação por meio da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa (Moreira, 2023, p.146). Assim, considera-se significativa a apropriação dos conceitos apresentados pelas crianças que participaram da atividade de Educação Ambiental.

Discussão

As atividades de Educação Ambiental preparadas no CEMPAS – UNESP são embasadas na Teoria da Aprendizagem Significativa, com adequações conforme as faixas etárias. Para Ausubel (Salvador *et al.*, 2000):

A aprendizagem significativa implica, como um processo central, a interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o material ou conteúdo da aprendizagem. Essa interação traduz-se em um processo de modificação mútua tanto da estrutura cognitiva inicial como do material que é preciso aprender, constituindo o núcleo da aprendizagem significativa, o que é crucial para entender as propriedades e a potencialidade. (Salvador, *et al.*, 2000, p. 233).

O entendimento da potencialidade na aprendizagem pode ser observado pelos índices de acerto em relação aos bicos. Mesmo com níveis de conhecimento menores sobre os pés percebe-se que aprendizagens mecânicas — realizadas principalmente na escola — influenciam a observação dos modelos e a comparação com as imagens, evidenciando a fragilidade e a dificuldade na assimilação dos conceitos apresentados. A partir dessa constatação, será necessário determinar novos organizadores prévios e hierarquias conceituais para uma aprendizagem significativa, visando ampliar os índices de aprendizagem sobre as aves nas atividades de Educação Ambiental realizadas nos espaços educativos.

É importante ressaltar que “a Educação Ambiental objetiva educar os cidadãos para exercer a cidadania, construindo possibilidades e responsabilidades pelo mundo que almejam habitar” (Grandisoli *et al.*, 2021). Não se pretende restringir a Educação Ambiental a um único formato, mas sim considerar a importância da interdisciplinaridade em diversos contextos educacionais, concordando que:

Atualmente há uma diversidade de nomenclaturas complementares à Educação Ambiental e algumas correntes sobre a concepção e a intenção de EA. Philippi Junior *et al.* (2000) apontam reflexões sobre esse modo de ensino e aprendizagem, a interdisciplinaridade, e a indicam como um caminho para se entender e trabalhar a complexidade nas questões ambientais. Silva Thiesen (2008) defende que para se entender melhor a relação entre seu todo e as partes, é fundamental a constituição de um olhar interdisciplinar sobre a realidade. (Grandisoli *et al.*, 2021, p.328).

Neste sentido, o trabalho desenvolvido levou em conta as macrotendências de Educação Ambiental (Layrargues; Lima, 2014), destacando a tendência crítica no desenvolvimento das atividades e a problematização, na

qual todas as ações visam à entrega do saber (Freire, 2011). Para além, a Força-Tarefa da Saúde Única propõe a importância de disseminar o conceito de Saúde Única por meio de atividades:

Baseadas principalmente na colaboração entre diferentes áreas e relacionadas com a colaboração da medicina e da medicina veterinária: saúde pública, zootecnia (animais domésticos, fauna e meio ambiente) e meio ambiente. Como resultado [...] uma evidente melhora na saúde por ser alcançada em todo o mundo. (Carneiro; Pettan-Brewer, 2021, p.228).

Com base nas fundamentações teóricas, no processo de produção dos protótipos, no desenvolvimento das atividades, nos questionamentos provenientes dos formulários e nas percepções de cada participante durante a realização da atividade descrita neste estudo, buscou-se proporcionar aprendizagens em Educação Ambiental de forma crítica, nos espaços não formais de ensino, como é o caso do CEMPAS. Ainda há muito a ser feito para ampliar os conhecimentos sobre Educação Ambiental e o conceito de saúde única para a sociedade como um todo. Contudo, acredita-se que o processo está em andamento e atendendo às prerrogativas necessárias para o enfrentamento das consequências ambientais que afetam a todos em escala planetária (Morin, 2020).

Conclusões

As atividades de Educação Ambiental foram estruturadas com o objetivo de identificar formas e métodos de ensino e aprendizagem que possam ser aplicados em diversos níveis e espaços de educação formal e não formal, considerando as formas cognitivas e os processos de assimilação dos partícipes, bem como o cuidado na apresentação dos conceitos científicos traduzidos para o senso comum. Esse cuidado é especialmente importante em relação às crianças, cujo principal objetivo é o ensino da conservação das aves silvestres, demonstrando a importância de preservá-las em seus habitats, livres da captura e do comércio ilegal, preparando desde o início da escolarização uma formação cidadã e transformadora (Freire, 2013).

O uso da tecnologia permite que os partícipes visualizem e toquem nos bicos e pés dos animais, sem a necessidade de aprisionar aves para observação. Além disso, com os modelos de prototipagem, é possível compreender como as aves se alimentam e como as espécies evoluíram para garantir sua sobrevivência. Nesse sentido, a atividade também proporciona a incorporação do conceito de Saúde Única, contribuindo para a compreensão das interligações e inter-relações entre o ser humano, os animais e o ambiente.

Todo processo de ensino e aprendizagem é longo e necessário, devendo ser desenvolvido com base nos conhecimentos produzidos pela humanidade,

Revbea, São Paulo, V. 20, Nº 3: 503-517, 2025.

adotando perspectivas interdisciplinares e transdisciplinares que interliguem todos os saberes. Isso visa promover uma educação crítica e consciente, preparando os partícipes para atuar na prevenção e no cuidado da sociedade planetária, religando os saberes de todos para promover transformações significativas e emergenciais, essenciais para a sobrevivência humana e para a conscientização da nossa humanidade, garantindo a continuidade da nossa existência (Morin, 2000, 2003, 2020).

O diálogo entre todos os saberes pode nos aproximar da compreensão de que o planeta precisa, mais do que nunca, dos encontros humanos nos diversos espaços de ensino e aprendizagem.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (<https://www.gov.br/cnpq/pt-br>) para a bolsa PIBIC concedida a VR Silvestre e Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ 305813/2023-4) concedida a SC Rahal; FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos; Projeto 01.12.0530.00) (<http://www.finep.gov.br/>) concedida a SC Rahal e MJ Mamprim; e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Projeto 2020/15735-0) (<https://fapesp.br/>) concedida a EAC Sousa.

Referências

ABOUHASHEM, Y. *et al.* The application of 3D printing in anatomy education. **Medical Education Online**, v. 20, n. 29847, 2015.

ALVES, R. R. N.; LIMA, J. R. F.; ARAÚJO, H. F. P. The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. **Bird Conservation International**, v. 23, n. 1, p. 53-65, 2013.

BARCELOS, V. **O mundo como um texto – uma alternativa pedagógica em Educação Ambiental**. Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística de SP – SEMIL. 2005. Disponível em: <https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/cea/GT22_1809.pdf>. Acesso em: jan. 2025.

BOZKURT, Y.; KARAYEL, E. 3D printing technology; methods, biomedical applications, future opportunities and trends. **Journal of Materials Research and Technology**. V. 14, p. 1430-1450, 2021.

CARNEIRO, L. A.; PETTAN-BREWER, C. One Health: conceito, história e questões relacionadas – revisão e reflexão. *In*: MIRANDA, A. M. M. **Pesquisa em Saúde & Ambiente na Amazônia: perspectivas para sustentabilidade humana e ambiental na região**. Editora Científica Digital, 2021. cap. 13, p. 219-240. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210504857.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2024.

COLES, B. H. **Essentials of avian medicine and surgery**. 3. Ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2007.

CORNELISSEN, H.; RITCHIE, B. W. Ramphastidae. *In*: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON, L. R. **Avian medicine: principles and application**. Lake Worth: Wingers Publishing, 1994. p.1277-1283.

COSTA, F. J. V. et al. Espécies de aves traficadas no brasil: uma meta-análise com ênfase nas espécies ameaçadas. **Revista Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 2, 2018.

FLICK, U. **Desenho da Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

GRANDISOLI, E.; CURVELO, E.C.; NEIMAN, Z. Políticas públicas de Educação Ambiental: História, formação e desafios. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 321-347.

HALLAGER, S.; JOHNSON, S. **Red-legged seriema (*Cariama cristata*) Care Manual**. Silver Spring: Association of Zoos and Aquariums, 2013. Available from: <[https://assets.speakcdn.com/assets/2332/red legged seriema care manual 2013.pdf](https://assets.speakcdn.com/assets/2332/red_legged_seriema_care_manual_2013.pdf)>. Access in: jan. 2025.

HARCOURT-BROWN, N. H. Psittacine birds. *In*: TULLY, T. N.; DORRESTEIN, G. M.; JONES, A. K. **Handbook of avian medicine**. 2. ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2009. p. 138-168.

HESPEL, A-M.; WHILITE, R.; HUDSON, J. Invited review – Applications for 3D printers in veterinary medicine. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 4, p. 347-358, 2014.

KÖNIG, H. E.; KORBEL, R.; LIEBICH, H-G. **Avian anatomy**. 2. ed. Stuttgart: 5M Publishing, 2016.

LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. C. As macrotendências político-pedagógicas da Educação Ambiental brasileira. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. XVII, n. 1, p. 23-40, 2014.

LUMEJI, J. T. Gastroenterology. *In*: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON, L. R. **Avian medicine: principles and application**. Lake Worth: Wingers Publishing, 1990. p. 482-521.

MARRO, A.; BANDUKWALA, T.; MAK, W. Three-dimensional printing and medical imaging: A review of the methods and applications. **Current Problems in Diagnostic Radiology**, v. 45, n. 1, p. 2-9, 2016.

MCLELLAND, J. **A colour atlas of avian anatomy**. London: Wolfe Publishing, 1990.

MEMARIAN, P. et al. Active materials for 3D printing in small animals: current modalities and future directions for orthopedic applications. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 3, p. 1045, 2022..

Revbea, São Paulo, V. 20, Nº 3: 503-517, 2025.

- MISHRA, S. (2016). Application of 3D printing in medicine. **Indian Heart Journal**, v. 68, n.1, p. 108-109, 2016.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.
- MORIN, E. **É hora de mudarmos de via: lições do coronavírus**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.
- MORIN, E. **Educar para a era planetária**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez Editora - Unesco, 2000.
- NISHIDA, S. M. *et al.* **Guia de aves: Botucatu e São Manuel**. Botucatu: FUNDIBIO, 2018.
- OLIVEIRA, F. A. O.; RÉGIS, M. M.; FRANCOS, M. S. O uso de animais como ferramenta para Educação Ambiental: uma revisão sistemática. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 13, n. 30, p. 69-82, 2020.
- OLIVEIRA, K. P. **Hábito Alimentar e história evolutiva moldam a forma do bico dos passeriformes da Mata Atlântica**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Área Biodiversidade Animal) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- SALVADOR, Cesar Coll; ALEMANY, Isabel G.; MARTÍ, Eduard; MAJÓS, Teresa M.; MESTRES, Mariana M.; GOÑI, Javier O.; GALLART, Isabel S.; GIMÉNEZ, Enric. Valls. **Psicologia do Ensino**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- TACK, P. *et al.* 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. **Biomedical Engineering Online**, v.1 5, n. 1, p. 115, 2016.
- WILHITE, R.; WÖLFEL, I. 3D Printing for veterinary anatomy: An overview. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 48, n. 6, p. 609-620, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31702827/>. Access in: 22 jan. 2025.
- WONG, K. C. 3D-printed patient-specific applications in orthopedics. **Orthopedic Research and Reviews**, v. 14, n. 8, p. 57-66, 2016.