

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

A ELABORAÇÃO DE MODELOS EM 3D COMO
FERRAMENTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO SOBRE
SERPENTES A PESSOAS COM DEFICIÊNCIAS VISUAIS

LIVIA CRISTINA AMBROSIO

Botucatu – SP

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**A ELABORAÇÃO DE MODELOS EM 3D COMO
FERRAMENTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO SOBRE
SERPENTES A PESSOAS COM DEFICIÊNCIAS VISUAIS**

LIVIA CRISTINA AMBROSIO

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens para obtenção de título de Mestre.

Orientadora: Profa. Assoc. Lígia Souza Lima
Silveira da Mota.

Coorientador: Prof. Titular. Luís Carlos
Paschoarelli.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: MARIA CAROLINA A. CRUZ E SANTOS-CRB 8/10188

Ambrósio, Livia Cristina.

A elaboração de modelos em 3D como ferramenta pedagógica para o ensino sobre serpentes a pessoas com deficiências visuais / Livia Cristina Ambrósio. - Botucatu, 2023

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Lígia Souza Lima Silveira da Mota

Coorientador: Luís Carlos Paschoarelli

Capes: 20406010

1. Pessoas com deficiência visual. 2. Livros didáticos.
3. Morfologia. 4. Vertebrados.

Palavras-chave: Deficiência visual; Modelo didático adaptado; Morfologia; Vertebrados.

Nome do autor: **Livia Cristina Ambrosio**

**TÍTULO: A ELABORAÇÃO DE MODELOS EM 3D COMO FERRAMENTA
PEDAGÓGICA PARA O ENSINO SOBRE SERPENTES A PESSOAS COM
DEFICIÊNCIAS VISUAIS**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Assoc. Lígia Souza Lima Silveira da Mota.

Orientadora

Departamento de Ciências Químicas e Biológicas do Instituto de Biociências (IBB),
UNESP de Botucatu.

FMVZ – UNESP – BOTUCATU

Prof. Assoc. José de Anchieta de Castro e Horta Júnior

Departamento de Biologia Estrutural e Funcional (Setor de Anatomia) do Instituto de
Biociências (IBB), UNESP de Botucatu.

Prof^a. Assoc. Cristina do Carmo Lucio Berrehil el Kattel

Departamento de Design e Moda do Centro de Tecnologia (CTC), UEM de Cianorte.

Data da Defesa: 07 novembro de 2023.

Aos meus pais Lilia e Luiz, minhas maiores fontes de amor e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho, sentir a sua presença me ajudou a superar as maiores dificuldades e, assim permitir que eu vencesse mais uma etapa e por todas as bênçãos em minha vida! Gratidão, Senhor por sempre ser meu **REFÚGIO** e **FORTALEZA**.

Gratidão a toda minha família, em especial aos meus pais, amada irmã, irmão e sobrinho muito obrigado por me ensinarem que o amor deve estar em tudo o que fazemos, pelo apoio e suporte emocional durante a minha jornada acadêmica. A minha querida Tia Maria José, que nos deixou em 2021, mas que sempre foi minha incentivadora e fez tanto por mim ao longo da sua vida. E minha amada avó Amabilie (in memorian) umas das maiores entusiastas de cada conquista. Amo vocês!

A minha orientadora, Prof.a Ass. Lígia Souza Lima Silveira da Mota, pela oportunidade de crescimento, incentivo e orientação que a senhora proporcionou. Escrevo essas palavras de coração, pois chegando até aqui eu me sinto uma pessoa mais madura e disciplinada e, com certeza, sem a tua ajuda eu não teria aproveitado ao máximo meu potencial, eu realmente me dediquei completamente de coração nesta pesquisa.

Meu muitíssimo obrigado ao Prof. Titular. Luís Carlos Paschoarelli, meu co-orientador que, ao se deparar com meu e-mail me atendeu de forma tão acolhedora, paciente e atencioso visto que mesmo em meio de multitarefas aceitou o desafio de me auxiliar a construir o caminho que percorri desde a idealização até a concretização deste projeto, o que fez toda diferença no meu trabalho, foi justamente ter a oportunidade de frequentar o Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI) da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru.

Ao amigo Mauro discente de iniciação científica do curso de *Design* que desde o começo deste trabalho contribuiu com a produção dos materiais didáticos em 3D, através do seu tempo, dedicação. Agradeço a sua presença nas reuniões e a partilha de conhecimentos na área do design.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos aos colaboradores da Instituição Toledo de Ensino, professor Alexandre Stein por sua contribuição valiosa na teoria e na prática do mundo da tecnologia 3D. Sua expertise e apoio foram fundamentais para o meu aprendizado. Também desejo expressar meu agradecimento à coordenadora Mariana Wagner, cuja colaboração tornou possível a construção dessa parceria enriquecedora. E ao estudante de Engenharia de Produção, Felipe Santos, por sua

dedicação incansável em atender todas as demandas e por proporcionar um processo de impressão 3D mais simplificado e moderno. Sua contribuição foi essencial para o sucesso deste projeto.

As Dras. Ângela Daou Paiva, Bianca Della Libera e a Eliane Cunha profissionais dedicadas dos Institutos de defesa dos direitos das pessoas com deficiência visual como a Laramara, Benjamin Constant e a Fundação Dorina Nowill, que mesmo distantes esclareceram as minhas dúvidas e contribuíram com minha formação na área da acessibilidade pedagógica, muito obrigada pela atenção dispensada.

Minha eterna e mais sincera gratidão a Dra. Virgínia Menezes, minha mentora intelectual sobre a temática da audiodescrição e, sobretudo, uma querida e grande amiga, a senhora é a pessoa mais inteligente, simpática, e divertida que já conheci em toda a minha vida. Seu jeito carinhoso e a sua força marcaram todas as nossas reuniões por ligação telefônica, foi incrível como a senhora tinha sempre as palavras certas em todas as situações para tornar o roteiro ajustado e acessível. Obrigada novamente pela sua dedicação, que a fez, por muitas vezes, deixar de lado seus momentos de descanso para me ajudar, o seu papel como consultora foi fundamental para promover a acessibilidade e a inclusão no projeto.

A professora especialista em educação especial Márcia Daroz, coordenadora pedagógica Raissa Regis de Campos, e a toda equipe da Escola Estadual Pedro Torres, meu sincero obrigado pelos ensinamentos e parceria. Em especial quero agradecer a todos os alunos que aceitaram participar desta pesquisa, por trazerem considerações tão preciosas e que contribuíram para o enriquecimento desta dissertação.

Ao grupo de pesquisa do Departamento de Ciências Químicas e Biológicas do Instituto de Biociências de Botucatu, que tornaram meus amigos e que enriqueceram minha jornada acadêmica, expresso minha profunda gratidão. Os momentos compartilhados e as discussões que ocorreram durante nossas reuniões desempenharam um papel essencial no meu desenvolvimento acadêmico. A turma de mestrado, em Animais Selvagens 2021-2023, pela amizade, aprendizado e companheirismo durante todos as disciplinas.

Ao Prof. Titular. Benedito Barraviera, Prof. Titular. Rui Seabra Ferreira Junior e a Pesquisadora Dra. Luciana Curtolo de Barros, do Centro de Estudos de Venenos e Animais Peçonhentos (CEVAP) agradeço a autorização de utilizar os materiais biológicos e as serpentes que pertencem a coleção científica de herpetologia, sendo que foi fundamental para o andamento do projeto.

Gratidão aos animais, principalmente as serpentes que são criaturas magníficas e que vão sempre trazer um significado em minha vida. Sou apaixonada pela vida de cada animal, e é uma honra para mim preservá-los.

A Dra. Maria José Pereira, pela imensa paciência e apoio nos dias mais complicados da minha vida, pelo carinho e compreensão, agradeço de todo meu coração, por me ensinar a trilhar o meu caminho com positividade, confiança, sabedoria e assim criando uma realidade mais leve, simples e harmoniosa.

A todos meus amigos (as) e principalmente a Gaby, Jacqueline, Fernanda e Clóvis agradeço pela amizade, pelo conhecimento compartilhado, risadas e bons momentos que estiveram presentes e me ajudaram durante o Mestrado, com um gesto de carinho ou uma palavra amiga. É muito bom saber que tenho vocês sempre comigo, meus bons e velhos amigos. A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, minha eterna gratidão.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens da Faculdade Medicina Veterinária Zootecnia (FMVZ) – Campus Botucatu, e a todos os docentes.

Em especial, agradeço à Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação e da Defesa: a Prof^a. Colab. e Pesq. Lucilene Delazari dos Santos; Prof. Assoc. Livre Doc. Fausto Orsi Medola; Prof. Assoc. José de Anchieta de Castro e Horta Júnior e a Prof^a. Assoc. Cristina do Carmo Lucio Berrehil el Kattel.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. E aos outros órgãos públicos como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo: 2021/08651-7, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processos: 120746/2021-2 e 117571/2022-9 e a PROAP da CAPES - AUXPE nº 1548/2020 Edital PROPG 18/2021 de Apoio aos Projetos de Desenvolvimento Acadêmico, pelos recursos que também propiciaram desenvolvimento desta pesquisa.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Malhas geradas no escaneamento 3D.	80
QUADRO 2. Problemas que surgiram mediante a análise das malhas 3D.....	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Parâmetros básicos usados na primeira impressão dos modelos 3D.....	67
TABELA 2. Parâmetros básicos usados na segunda impressão dos modelos 3D dos crânios ampliados.	70
TABELA 3. Dados detalhados aos ajustes realizados nos crânios ampliados.....	70
TABELA 4. Parâmetros com valores distintos na segunda impressão dos modelos 3D das cabeças, pele e guizo da cascavel.	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Infográfico explicando sobre deficiência visual e as suas causas.....	23
FIGURA 2. Infográfico sobre um breve histórico da Tecnologia de impressão 3D.....	36
FIGURA 3. Estruturas cranianas, as diferentes denticões e o guizo da cascavel.	43
FIGURA 4. Serpentes. (a): <i>Boa constrictor amarali</i> ; (b): <i>Philodryas olfersii</i> ; (c): <i>Crotalus durissus terrificus</i> ; (d): <i>Bothrops jararaca</i>	44
FIGURA 5. Serpentes utilizadas na confecção das peças cranianas.	45
FIGURA 6. Preparação dos crânios. (a): Cabeça da serpente; (b): Materiais utilizados.	45
FIGURA 7. Montagem das peças anatômicas.	46
FIGURA 8. Equipamento <i>Ein Scan-SE Elite Desktop 3D Scanner</i>	47
FIGURA 9. Escaneamento 3D das peças.	48
FIGURA 10. Captura da imagem 3D.	49
FIGURA 11. Aplicação do pó revelador.	50
FIGURA 12. Escaneamento 3D do crânio da serpente <i>Boa constrictor amarali</i>	51
FIGURA 13. Testes dos diferentes posicionamentos dos animais.	52
FIGURA 14. Animais utilizados para escaneamento 3D das cabeças e escamas quilhada e lisa.	53
FIGURA 15. Escaneamento 3D das cabeças das serpentes e das escamas quilhada e lisa.	54
FIGURA 16. Reunião e análises das imagens geradas no escaneamento 3D.....	54
FIGURA 17. Ecdise e os animais utilizados do escaneamento 3D das cabeça e caudas.	55
FIGURA 18. Preparo do objeto de estudo.	56
FIGURA 19. Escaneamento 3D da ecdise, cabeça e as caudas das serpentes.	57
FIGURA 20. Edição das malhas 3D.	58
FIGURA 21. Fluxo de trabalho: noções básicas das ferramentas e o uso do <i>Gom Inspect Suite software</i>	59
FIGURA 22. Edições nas malhas 3D empregando o software <i>Gom Inspect Suite</i>	60
FIGURA 23. Utilização de ferramentas no <i>software</i> de edição de malhas 3D.....	60
FIGURA 24. Ferramentas para o tratamento da superfície do guizo.	61
FIGURA 25. Visualização das malhas 3D antes e depois do processo de edição.....	61

FIGURA 26. Reparos manuais na malha 3D.....	62
FIGURA 27. Visualização do resultado do tratamento da malha 3D.....	63
FIGURA 28. Correção dos erros da malha 3D.....	64
FIGURA 29. Impressora de mesa aberta da marca Bigtreetech-modelo BIQU B1.....	65
FIGURA 30. <i>Software Ultimaker Cura</i> e seus comandos básicos.....	66
FIGURA 31. Criação de um suporte em modo “Árvore”.....	66
FIGURA 32. Divisão digital no centro do crânio da cobra-verde utilizando o <i>software CAD Meshmixer</i>	68
FIGURA 33. A implementação de orifícios para o encaixe de pequenos pinos quadrados na base dos crânios..	69
FIGURA 34. Textos ampliados impressos em uma folha A4, gramatura 150 g/m2.	75
FIGURA 35. Pré-teste dos modelos em 3D. (a): Escola Estadual Professor Pedro Torres; (b): Núcleo de Atendimento Pedagógico Especializado Alcir de Oliveira (NAPE).	76
FIGURA 36. Limpeza mecânica. (a): Retirada de estruturas biológicas; (b): Remoção da pele; (c): Remoção do tecido muscular; (d): Extração do sistema nervoso.....	78
FIGURA 37. Diferentes tipos de suportes de apoio.....	78
FIGURA 38. Malhas 3D geradas exibindo o antes e depois da edição dos arquivos digitais.....	85
FIGURA 39. Imagem computacional mostrando atualização em tempo real.	86
FIGURA 40. Peças impressas das espécies não peçonhentas.....	87
FIGURA 41. Peças impressas das espécies peçonhentas.....	88
FIGURA 42. Modelos 3D, crânio da <i>Philodryas olfersii</i> (cobra-verde).	88
FIGURA 43. Modelos 3D dos crânios das serpentes em escala ampliada.....	90
FIGURA 44. Modelos 3D das cabeças das serpentes em escala real.....	91
FIGURA 45. Modelos 3D da cabeça, pele e guizo da cascavel em escala diversificada.....	92
FIGURA 46. Modelos 3D das caudas da jararaca, cascavel e a pele da cobra-verde na escala real.....	93
FIGURA 47. Modelagem inorgânica no <i>software Fusion 360</i> dos quatro tipos de trajetos.....	94
FIGURA 48. Estudante 1, Escola Estadual Professor Pedro Torres.....	95
FIGURA 49. Estudante 2, Escola Estadual Professor Pedro Torres.....	96
FIGURA 50. Participante 3, Núcleo de Atendimento Pedagógico Especializado Alcir de Oliveira (NAPE).	96

FIGURA 51. Estudante 4, Escola Estadual Professor Pedro Torres.....	97
FIGURA 52. Estudante 5, Escola Estadual Professor Pedro Torres.....	97
FIGURA 53. Estudante 6, Escola Estadual Professor Pedro Torres.....	98
FIGURA 54. Texto Texto ampliado com audiodescrição em Qr Code tátil.. ..	99
FIGURA 55. Estudante com baixa visão tentando realizar a leitura.	99
FIGURA 56. <i>Design</i> final das placas em Braille.	101
FIGURA 57. Os participantes conhecendo as características morfológicas das serpentes.	103
FIGURA 58. Pergunta do item A do questionário sobre modelos 3D: descrição das respostas dos participantes 1 e 2 sobre as cabeças das quatro espécies de serpentes... ..	104
FIGURA 59. Pergunta do item A do questionário sobre modelos 3D: descrição das respostas dos participantes 3 e 4 sobre as cabeças das quatro espécies de serpentes... ..	105
FIGURA 60. Pergunta do item A do questionário sobre modelos 3D: descrição das respostas dos participantes 5 e 6 sobre as cabeças das quatro espécies de serpentes... ..	107
FIGURA 61. Pergunta do item B do questionário sobre modelo 3D: a localização da fosseta loreal e narina por meio do tato.	109
FIGURA 62. Pergunta do item B sobre audiodescrição: a localização da fosseta loreal e narina por meio do conteúdo sonoro.....	111
FIGURA 63. Pergunta do item B do questionário sobre modelo 3D: como é a pele e o formato dos anéis no guizo da cascavel por meio do tato.	112
FIGURA 64. Respostas dos participantes 1 e 2 do item B do questionário modelo 3D: as sensações táteis da pele e guizo da cascavel.....	114
FIGURA 65. Respostas dos participantes 3 e 4 do item B do questionário modelo 3D: as sensações táteis da pele e guizo da cascavel.....	116
FIGURA 66. Respostas das participantes 5 e 6 do item B do questionário modelo 3D: as sensações táteis da pele e guizo da cascavel.....	118
FIGURA 67. Pergunta do item B do questionário sobre audiodescrição: como é pele e o formato dos anéis no guizo da cascavel por meio do conteúdo sonoro.....	120
FIGURA 68. Respostas dos participantes 1 e 2 do item B do questionário audiodescrição: as percepções sonoras da pele e guizo da cascavel.....	121
FIGURA 69. Respostas dos participantes 3 e 4 do item B do questionário audiodescrição: as percepções sonoras da pele e guizo da cascavel.....	123
FIGURA 70. Respostas das participantes 5 e 6 do item B do questionário audiodescrição: as percepções sonoras da pele e guizo da cascavel.....	125

FIGURA 71. Pergunta do item C do questionário sobre modelo 3D: o formato das escamas localizada na cabeça das serpentes por meio do tato.....	127
FIGURA 72. Uso de material complementar acessível para representar o formato de três tipos de escamas: losango, oval e hexágono, com a participação de seis participantes.	128
FIGURA 73. Pergunta do item C do questionário sobre audiodescrição: o formato das escamas localizada na cabeça das serpentes por meio conteúdo sonoro.	129
FIGURA 74. Pergunta do item D do questionário sobre modelo 3D: perceber a grande capacidade que o animal possui para abrir a boca e entender como é a jararaca de veludo por meio do tato.	130
FIGURA 75. Pergunta do item D do questionário sobre modelo 3D: comparação do tamanho do modelo original em relação ao modelo ampliado e assim entender como são as cabeças das serpentes, pele e guizo da cascavel por meio do tato.	132
FIGURA 76. Pergunta do item D do questionário sobre audiodescrição: imaginar na totalidade como são as cabeças das serpentes, pele e guizo da cascavel por meio do conteúdo sonoro.....	133
FIGURA 77. Pergunta do item E do questionário sobre modelo 3D: a relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear as cabeças das serpentes, pele e guizo da cascavel por meio do tato.	135
FIGURA 78. Pergunta do item E do questionário sobre audiodescrição: verificação da qualidade do áudio por meio do conteúdo sonoro.	137
FIGURA 79. Modelos 3D finalizados dos crânios das serpentes.....	138
FIGURA 80. Modelos 3D finalizados das serpentes não peçonhentas.	139
FIGURA 81. Modelos 3D finalizados das serpentes peçonhentas.	139
FIGURA 82. Modelos 3D finalizados das caudas e cabeças.....	140
FIGURA 83. Modelos 3D finalizados dos quatro movimentos das serpentes.	141
FIGURA 84. Características anatômicas dos ofídios.	233
FIGURA 85. Estruturas escaneadas na primeira coleta.....	234
FIGURA 86. Teste de volume máximo.	236
FIGURA 87. Teste de influência da quantidade de <i>takes</i>	236
FIGURA 88. Teste de influência das cores e texturas na duração do escaneamento.	237
FIGURA 89. Teste movimentação brusca entre <i>groups</i>	238
FIGURA 90. Teste de repetição.	239

FIGURA 91. À esquerda, suportes de fixação dos crânios (A). À direita, suporte translúcido (B).	240
FIGURA 92. Remoção das estruturas de suporte.....	241
FIGURA 93. Remoção de ruídos.	241
FIGURA 94. Reparo da Estrutura.	242
FIGURA 95. Fechamento de furos.	243
FIGURA 96. Melhoria da malha.	243
FIGURA 97. Adaptação para impressão.	244
FIGURA 98. Verificação de erros.	245
FIGURA 99. Exportação.	246
FIGURA 100. Malhas obtidas após o tratamento da primeira coleta.	246
FIGURA 101. Protótipos do crânio de Cobra Verde em escalas original e 200%.	247
FIGURA 102. Protótipos da cauda de cascavel.	248
FIGURA 103. Serpentes fixadas em formol e conservadas em álcool.	249
FIGURA 104. Suportes e escaneamento da segunda coleta.	250
FIGURA 105. Malhas obtidas após o tratamento da segunda coleta.	250
FIGURA 106. Torres de temperatura para PLA e ABS.	253
FIGURA 107. Suporte em árvore ao lado do protótipo de cabeça de cascavel (A). Adesão em função Brim com 8mm de espessura (B).	254
FIGURA 108. Orientação e escala de impressão.	255
FIGURA 109. Protótipos impressos das cabeças de Cascavel e Cobra verde, escama de Cascavel, e cauda de Cascavel.	256
FIGURA 110. Método utilizado para desenvolver os materiais.....	257

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3D: Três dimensões

A: Altura

ABS: Acrilonitrila Butadieno Estireno

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

CAT: Comitê de Ajudas Técnicas

C: Comprimento

CEUA: Comissão de Ética no Uso de Animais

CEVAP: Centro de Estudos de Venenos e Animais Peçonhentos

Cm: Centrímetros

D: Diâmetro

FDM: *Fused Deposition Modeling*

G: Gramas

G: Gramatura

G8: Geração 8

H: Hora

ITE: Instituição Toledo de Ensino

L: Largura

LEI: Laboratório de Ergonomia e Interfaces

M: Metros

M²: Metro Quadrado

Min: Minutos

NAPE: Núcleo de Atendimento Pedagógico Especializado Alcir de Oliveira

Nasa: *National Aeronautics and Space Administration*

OMS: Organização Mundial da Saúde

PNS: Pesquisa Nacional de Saúde

PC: Policarbonato

PLA: Ácido Polilático

Qr Code: Código de Barras Bidimensional

SE: *Ein Scan*

SEDH/PR: Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República

STL: *Standard Tessellation Language*

TA: Tecnologia Assistiva

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xvi
SUMÁRIO.....	xvii
RESUMO.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
IMPACTO CIENTÍFICO DO PRODUTO GERADO	xxii
CAPÍTULO I.....	23
1. REVISÃO DE LITERATURA	23
1.1. Deficiência Visual.....	23
1.2. Inclusão social	24
1.3. Tecnologia assistiva: audiodescrição transformando o visual em acessível	30
1.4. Legislação Brasileira e a sua aplicação no Brasil.....	33
1.5. Tecnologia de Impressão 3D	34
1.6. Serpentes.....	37
2. OBJETIVOS.....	41
2.1. Objetivo geral.....	41
2.2. Objetivos específicos	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1. Locais de estudo	42
3.2. Preparação dos materiais biológicos para a realização do escaneamento 3D ..	42
3.3. Construção dos modelos tridimensionais	47
3.3.1. Escaneamento digital das peças.....	47
3.3.1.1. Escaneamento digital das peças: crânios e guizo	47
3.3.1.2. Escaneamento 3D das cabeças, escamas quilhada e lisa	51
3.3.1.3. Escaneamento 3D da ecdise, cabeça da <i>Bothrops moojeni</i> e caudas.....	55
3.3.2. Importação, análise e edição das imagens 3D	57
3.3.4. <i>Software CAD Meshmixer</i> : cortes digitais estratégicos nos crânios das serpentes	67

3.3.5. Planejamento para a manufatura aditiva dos modelos virtuais com a impressora <i>ENDER 3</i>	69
3.3.6. Modelagem 3D dos padrões de locomoção em serpentes utilizando o software <i>Fusion 360</i>	73
3.4. Roteiro da audiodescrição com código de barras bidimensional (<i>Qr Code</i>) tátil e textos impressos ampliados	74
3.4.1. Placas projetadas em Braille.....	75
3.4.2. Validação dos recursos acessível nos espaços educativos.....	75
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.1. Preparo dos crânios para o escaneamento 3D.....	77
4.2. Fixação adequada para o escaneamento 3D.....	79
4.3. Importação, análise e correção das malhas 3D: as limitações e soluções com o <i>Software GOM Inspect Suite</i>	79
4.4. Benefícios da imagem digital em tempo real no escaneamento 3D de serpentes.....	86
4.5. A manufatura aditiva dos modelos virtuais com a impressora <i>BIQU B1</i>	87
4.6. O impacto dos cortes digitais realizado com <i>software CAD Meshmixer</i> e a otimização da prototipagem rápida nos modelos cranianos das serpentes	89
4.7. A manufatura aditiva dos modelos 3D dos modelos virtuais.....	90
4.8. Aplicação e validação dos modelos em 3D e a audiodescrição.	101
4.9. Processo final de <i>Design</i> das placas em Braille	100
4.10. Respostas dos participantes perante a aplicação do questionário	101
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	142
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
APÊNDICE A.....	152
EXEMPLOS DAS AUDIODESCRIÇÕES.....	152
APÊNDICE B.....	161
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	161
APÊNDICE C.....	163
QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DOS MODELOS EM 3D	163
APÊNDICE D.....	184
PLANO DE AULA DOS MODELOS 3D	184
PLANO DE AULA DAS AUDIODESCRIÇÃO	193
APÊNDICE E	200

PLACAS EM BRAILLE	200
PLACAS COM Qr CODE TÁTIL.....	206
APÊNDICE F	224
ARQUIVOS DIGITAIS FORMATO STL.....	224
ARQUIVOS DIGITAIS FORMATO <i>G CODE BIQUI B1</i>	225
ARQUIVOS DIGITAIS FORMATO 3MF E <i>G CODE ENDER 3</i>.....	226
CAPÍTULO II: TRABALHO CIENTÍFICO	227
RESUMO.....	228
ABSTRACT.....	229
1. INTRODUÇÃO.....	230
2. OBJETIVOS.....	231
3. MATERIAIS E MÉTODOS	232
3.1 Características do Estudo e Aspectos Éticos	232
3.2 Objeto De Estudo	232
3.3 Instrumentos.....	233
3.4 Procedimentos - Etapa I.....	234
3.4.1 Compreensão do processo de escaneamento	234
3.4.2 Testes de escaneamento	235
3.4.3 Suportes	239
3.4.4 Edição dos dados.....	240
3.4.5 Malhas obtidas na etapa I	246
3.4.6 Impressão 3D dos crânios e cauda das serpentes.....	247
3.5 Procedimentos - Etapa II	248
3.5.1 Preparação e escaneamento de cabeças e escamas das serpentes	249
3.5.2 Preparação e escaneamento de cabeças e escamas das serpentes	251
3.5.3 Parâmetros de impressão	251
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO	257
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	259
6. AGRADECIMENTOS	259
REFERÊNCIAS	260

AMBROSIO, L. C. A elaboração de modelos em 3D como ferramenta pedagógica para o ensino sobre serpentes a pessoas com deficiências visuais. Botucatu, 2023. 261 p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista (FMVZ – UNESP).

RESUMO

Cerca de 39 milhões de pessoas globalmente possuem deficiência visual total e 246 milhões apresentam baixa visão. A falta de acessibilidade gera barreiras para pessoas com deficiência visual. Educar para incluir demanda materiais adaptados para garantir igualdade na educação. Diante do exposto, o objetivo deste projeto foi a criação de modelos didáticos em impressão 3D adaptados aos estímulos sensoriais, abordando quatro temas centrais sobre as serpentes. Esses temas incluem os formatos de escamas, estrutura dos crânios e cabeças, características de caudas e modos de locomoção desses animais e assim impulsionando uma educação em zoologia, mais inclusiva, acessível e promovendo um aprendizado mais significativo. Com o *scanner* 3D *EinScan-SE*, realizamos a captura digital das serpentes, que estavam mortas. Após a obtenção das malhas 3D, procedemos com as correções utilizando o *software* *Gom Inspect*. Em seguida, preparamos arquivos no *software* *Ultimaker Cura* para as impressoras de mesa aberta, usando PLA (Poliácido Láctico) como material. Validamos algumas das peças 3D, incluindo os recursos como audiodescrição por intermédio de questionários e assim como a produção de placas em Braille para impulsionar a acessibilidade na educação e uma experiência imersiva no estudo das serpentes. Os modelos 3D podem ser utilizados para conscientização sobre a preservação e a convivência responsável com esses animais. Para concluir, a tecnologia de impressão 3D pode ser uma ferramenta valiosa ao garantir a inclusão, especialmente de pessoas cegas e com baixa visão, ao oferecer acesso a materiais adaptados e tecnologias assistivas.

Palavras chave: deficiência visual, morfologia, modelo didático adaptado, vertebrados.

AMBROSIO, L. C. The development of 3D models as a pedagogical tool for teaching snakes to people with visual impairments. Botucatu, 2023. 261 p. Dissertation (Master in Wild Animals), Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Botucatu Campus, Paulista State University (FMVZ – UNESP).

ABSTRACT

About 39 million people globally have total visual impairment and 246 million have low vision. The lack of accessibility creates barriers for people with visual impairments. Educate to include demand adapted materials to ensure equality in education. Given the above, the objective of this project was the creation of didactic models in 3D printing adapted to sensory stimuli, addressing four central themes about snakes. These topics include the shapes of scales, structure of skulls and heads, tail characteristics and modes of locomotion of these animals and thus driving an education in zoology, more inclusive, accessible and promoting more meaningful learning. With the *EinScan-SE 3D scanner*, we digitally captured the snakes, which were dead. After obtaining the 3D meshes, we proceed with the corrections using the *Gom Inspect software*. We then prepare files in the *Ultimaker Cure software* for the open desktop printers, using PLA (Polylactic Acid) as the material. We validated some of the 3D pieces, including features such as audio description through questionnaires and as well as the production of Braille plates to boost accessibility in education and an immersive experience in the study of snakes. The 3D models can be used to raise awareness about the preservation and responsible coexistence with these animals. To conclude, 3D printing technology can be a valuable tool in ensuring inclusion, especially of people who are blind and have low vision, by providing access to adapted materials and assistive technologies.

Keywords: visual impairment, morphology, adapted didactic model, vertebrates.

IMPACTO CIENTÍFICO DO PRODUTO GERADO

Em resumo, o impacto científico dos produtos gerados nesta pesquisa é verdadeiramente imensurável. Ele transcende as fronteiras da educação e mergulha profundamente na área da biologia das serpentes e da inclusão de pessoas com deficiência visual. A chave para essa transformação está na tecnologia de impressão 3D. Ela não apenas viabiliza a criação de modelos adaptados, mas também destaca o crescente impacto dessa tecnologia na pesquisa e divulgação científica. A impressão 3D está se tornando uma ferramenta valiosa em várias áreas científicas e educacionais. Ao educar as pessoas sobre a anatomia e o comportamento das serpentes, este projeto incentiva a adoção de práticas que evitam conflitos entre humanos e serpentes, contribuindo para a preservação desses animais. Além disso, cria oportunidades para futuras pesquisas. Os modelos 3D podem servir como base para estudos adicionais, expandindo o trabalho para outras áreas zoologia, bem como para o aprimoramento da acessibilidade na educação em ciências. Mas, acima de tudo, essa pesquisa estabelece um novo paradigma na educação, ciência e acessibilidade. A criação de modelos didáticos em impressão 3D adaptados para estímulos sensoriais, focados em quatro aspectos fundamentais das serpentes, quebra as barreiras do acesso ao conhecimento. A igualdade na educação é um princípio fundamental, e essas peças impressas, audiodescrição e placas em Braille proporcionam oportunidades de aprendizado mais significativas e inclusivas para estudantes com baixa visão ou cegueira. Este estudo representa uma abordagem inovadora para tornar o conhecimento científico mais acessível e envolvente, contribuindo para a igualdade de oportunidades e para a proteção da vida selvagem.

CAPÍTULO I

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Deficiência Visual

Segundo Fernandes e Costa (2015), a deficiência visual é quando existe a perda ou redução da capacidade de interpretação e compreensão do mundo mediante a capacidade visual, podendo ser uma deficiência total (cegueira) ou a redução da visão chamada de subnormal ou baixa visão, que se trata do comprometimento de 40 a 60% da visão.

De acordo com Turbiani (2019) cerca de 39 milhões de pessoas no mundo possuem deficiência visual total e 246 milhões apresentam baixa visão, sendo que 90% dos casos ocorrem nos países emergentes e subdesenvolvidos (Figura 1). As principais causas da deficiência visual nos adultos ocorrem devido às doenças como glaucoma, atrofia do nervo óptico, retinopatia diabética, degeneração macular e retinose pigmentar. Enquanto, nas crianças, as principais causas são retinopatia da prematuridade, catarata congênita, glaucoma congênito e toxoplasmose ocular congênita (Organização Mundial da Saúde, 2019).



FIGURA 1. Infográfico explicando sobre deficiência visual e as suas causas.

Fonte: Acervo pessoal.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) esclarece que, uma boa parte das deficiências existentes no mundo, poderiam ter sido revertidas ou reduzidas caso o tratamento precoce tivesse sido realizado. Sendo assim, é essencial que os gestores se conscientizem e passem a realizar um atendimento adequado, com tratamentos precoces bem como a criação de programas e serviços especializados para fazer com que as pessoas afetadas possam edificar uma existência autônoma e frutífera.

1.2. Inclusão social

Quando pensamos a respeito do desenvolvimento de metodologias de aprendizagem, bem como a maneira com que são aplicadas aos alunos, nos leva também a refletir na inclusão social. Nos últimos anos, autores têm revelado a carência de pesquisas que incluem os alunos com deficiência visual e o uso de atividades práticas no ensino de ciências. Neste sentido, há urgência em reconhecer e investir em pesquisas científicas e nos profissionais da educação especial (Rule, 2011).

Nas escolas, universidades, museus e zoológicos a linguagem ofertada pela cultura ocidental prevalece a percepção visual, gerando a exclusão das pessoas com deficiências, pois as interações de conhecimento nesses ambientes, muitas vezes, são inacessíveis para pessoas com visão limitada (Sarraf, 2008).

A escassez ou a inexistência de recursos didáticos adaptados para esses ambientes podem provocar diversas barreiras na aprendizagem. No âmbito educativo, o método predominante é o ensino tradicional, fundamentado na abordagem bidimensional da educação. Isso se traduz em práticas que envolvem o uso de quadro branco, retroprojetor e materiais impressos, como livros. Contudo, para as pessoas com deficiência visual são necessários outros recursos mediadores que simbolizem a palavra inclusão social (Gonzaga, 2012).

Conforme Bell e Silverman (2019), nesta perspectiva, é legítimo destacar que as pessoas com deficiência visual enfrentam muitos problemas no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que, ao acessar a grade curricular das diversas áreas do conhecimento, fica evidente a falta de acessibilidade para esta parcela da população. Uma das maiores dificuldades destes alunos é com os materiais didáticos. O acesso não é igualitário e inclusivo sendo que, em algumas ocasiões, os livros em braile são entregues com atrasos em relação aos de seus colegas sendo comum receberem esses recursos pedagógicos contendo diversas discrepâncias e lacunas.

Para inclusão social, as instituições educativas devem ir além do quadro branco e resumo do livro. É possível fornecer uma vasta diversidade de experiências no ensino prático, mas, para isso, é necessário o uso de ferramentas acessíveis para incluir os alunos com deficiências. Como, por exemplo, para os com deficiências visuais temos a utilização de áudio, descrição de imagens ou objetos, elementos naturais como plantas e animais, modelos táteis e materiais didáticos em braile ou ampliados (Silveira, 2010).

A pandemia da COVID-19, causada pelo vírus SARS-COV 2 forçou os professores a reformularem a forma de ensinar e, com isso, tiveram que recorrer às metodologias ativas. Nesse sentido, a tecnologia de impressão 3D se insere nesse cenário já que, por este meio, é possível incitar a criatividade, pensamento crítico, autonomia e a resolução de problemas. Acredita-se que, com o uso da metodologia ativa, os alunos com deficiências visuais poderiam se beneficiar a partir da expansão dos modelos em 3D no âmbito educacional (Santos; Andrade, 2020).

No Brasil, conforme evidenciado pela Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019. De acordo com os dados, aproximadamente 3,4% da população com 2 anos ou mais enfrenta dificuldades significativas ou não consegue enxergar. Esse percentual equivale a cerca de 6,978 milhões de indivíduos, destacando a magnitude desse problema de saúde pública. Segundo Ventrini, Silva e Rocha (2016), indicadores como estes são fundamentais para incentivar novos estudos científicos às pessoas com deficiência visual, pois elas compreendem, organizam e exploram o seu mundo por meio de outros sentidos, como a percepção, sensação, memória, pensamento e linguagem. E assim, possuindo outras formas para desenvolver e construir uma vida independente e produtiva.

Diante desta demanda, o melhor caminho para o desenvolvimento e aprendizagem das pessoas com deficiências visuais é a educação inclusiva, que atua como uma excelente ferramenta para atender esses indivíduos e suas peculiaridades. Segundo Santos e Brito (2019), a experiência da educação inclusiva exige a produção de material adaptado para o favorecimento da diversidade humana, assegurando a visibilidade e o acolhimento das minorias, buscando assim a igualdade e equidade na educação. Em geral, na área da biologia, os recursos didáticos normalmente são inexistentes ou insuficientes para atender esse público nas diferentes instituições.

Na França, Brulé *et al.* (2016) realizaram uma pesquisa em um Instituto especializado na educação de crianças com deficiências visuais. A proposta foi à elaboração de mapas interativos e multissensoriais e, a partir daí, concluíram que são necessárias ferramentas e métodos próprios para que as crianças possam adquirir suas

habilidades. Este estudo também discute a importância de ideias para investigar o processamento do uso da tecnologia assistiva, intervenções e a atenção previamente concedida às crianças com deficiência visual para constituir a base do seu desenvolvimento futuro.

Reynaga-Peña (2015) relata que, no México, ainda que importantes iniciativas de uso dos materiais didáticos na química e na biologia tenham sido empregadas pelos professores, há ainda o que se questionar do que tem sido realizado nos dias atuais de efetivo no ensino de ciências para os discentes com deficiência visual. Em sua pesquisa cita que os materiais educativos bidimensionais estão disponíveis, mas se mostram pouco eficazes na questão tátil e no método de aprendizado ativo. Deste modo, as escolas de educação especializada junto com a família do aluno, necessitam inovar ao criar modelos de forma manual usando texturas como uma característica acessível, já que estas são bastante perceptíveis aos alunos sem visão, garantindo melhor apreensão dos conhecimentos.

Arcand *et al.* (2019) destacam a existência de conhecimento, como no ensino de astronomia, o qual se exhibe uma grande desigualdade no processo de ensino e aprendizagem das pessoas com deficiência visual, já que essa ciência, assim como muitas outras, o aprendizado se faz por meio do método passivo de observação. Esses autores indicam que os modelos em tecnologia 3D são recursos alternativos para ensinar as pessoas com deficiência visual, visando à melhoria no aprendizado, onde assim, eles poderão analisar, assimilar e aprender por conta própria qualquer área da ciência.

Shin *et al.* (2019) relatam que alunos com deficiência visual enfrentam muitos obstáculos no meio escolar, pois os materiais visuais não permitem acessibilidade. Os autores revelam que, nos últimos anos, houve um grande salto na evolução das tecnologias de impressão 3D, tornando uma realidade nas escolas de países desenvolvidos. Desta forma, os educadores produzem e utilizam seus próprios modelos em 3D para trabalhar conteúdos de difícil compreensão nas salas de aulas com os estudantes com deficiência visual, podendo assim absorver o conhecimento facilmente e comprovando que esta estratégia ajuda no rendimento escolar dos alunos por meio dos testes finais. Mas, vale lembrar que, os autores se preocuparam em criar e investigar o melhor *design* dos modelos em 3D de forma a atender, com qualidade, a demanda escolar e, isso foi realizado, por meio de parcerias com professores e outros profissionais qualificados na área da tecnologia, dos Estados Unidos.

Em consonância com essas informações, é necessário prestar mais atenção às pessoas com deficiências visuais, sabendo que as dificuldades e a evasão escolar são elevadas em comparação com os demais, conforme exposto por Santos (2007). Entretanto, é essencial que ocorra melhorias na capacitação de professores e outros profissionais da educação, investimentos em novos estudos relacionados com a elaboração de materiais didáticos adaptados e assim garantir maior efetividade nesse processo de inclusão.

De acordo com Sanches e Macedo (2017) a identificação dos fatores citados anteriormente representa a acessibilidade nos espaços educativos perante todas as limitações nos diversos ambientes da sociedade. É importante que as pessoas com deficiências visuais possam buscar sua aprendizagem, autonomia e o direito de conhecer o mundo, a arte e a ciência.

Sousa (2013) diz que, sendo uma sociedade composta por pessoas com diferentes ideologias, hábitos e costumes, faz-se necessário compreender que a aprendizagem deve acontecer por meio de metodologias distintas uma vez que, “não são todos que têm a mesma motivação para aprender, não são todos que aprendem melhor apenas ouvindo e há os que precisam tocar, sentir, perceber de outras formas, os que precisam ou preferem exercitar e os que preferem falar”.

Neves e Maia (2018) relatam que baseado na percepção sensorial, o tato se torna um fator bastante importante para as pessoas com deficiências visuais, caracterizando-se como uma das formas de “compreender” o seu mundo e, a partir daí, despertar a possibilidade de construir conceito no campo da ciência ou em qualquer outra área.

Segundo Sandberg (2016), na atualidade, o uso da tecnologia de impressão 3D vem sendo muito utilizada como uma ferramenta inclusiva. Por meio desta é possível produzir diversos objetos permitindo que a pessoa com deficiência visual, por meio do tato, possua maior entendimento das aulas de qualquer disciplina que for estudar. Esta tecnologia apresenta flexibilidade na produção, por meio do uso de *scanners*, *softwares* e impressoras 3D, pode-se contribuir consideravelmente na personalização e adaptação dos materiais educativos de acordo com os objetivos pedagógicos e os interesses individuais das pessoas com deficiência visual, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e significativo.

De acordo com Santos e Andrade (2020), a impressão 3D é a tecnologia que apresenta a capacidade de arquitetar diversos modelos com distintas dimensões e formatos, enquanto que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) caracteriza a

tecnologia como uma solução de problemas da sociedade: “o uso e o aprofundamento do conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos, protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam a demandas para a resolução de problemas identificados na sociedade” (Brasil, 2017).

A impressora 3D está sendo muito utilizada em diversos campos da educação como uma ferramenta de aprimoramento de ensino, tendo em vista que oferece produtos com qualidade e que possibilita diversos testes funcionais e reais, com abordagem diferenciada do considerado “normal”, despertando assim, um grande interesse dos alunos (Santos; Andrade, 2020).

Barbosa *et al.* (2021) colocam que as impressoras 3D possibilitam uma prototipagem rápida de objetos personalizáveis fazendo com que os professores possam produzir seus próprios materiais educativos, atendendo assertivamente as demandas que aparecem com as necessidades de inclusão e para facilitar as dificuldades dos alunos verificados em sala de aula.

A "Impressora 3D" é uma tecnologia tão atual quanto à necessidade de metodologias ativas no ensino e pode abranger a aplicação do conhecimento teórico da sala de aula, bem como desenvolver habilidades transversais. Além disso, possibilita a parceria entre diferentes ramos e cursos da universidade, um contato necessário, pois reflete a interdependência entre áreas distintas do conhecimento (Barbosa *et al.*, 2021, p. 6).

Trabalhos relevantes indicam que os materiais didáticos acessíveis ao ensino são um caminho para a inovação educacional, aperfeiçoamento no processo pedagógico, motivacional e comunicativo desses estudantes (Stella; Massabni, 2019). Nessa lógica, recomenda-se introduzir esses modelos adaptados nos diversos conteúdos, inclusive na área das ciências biológicas. Ou seja, podemos ensinar de forma dinâmica, estimulante, lúdica e, ao mesmo tempo, potencializar o ensino e aprendizagem de todos os alunos, levando em consideração a inclusão social (Santos; Baptista, 2019).

Santos e Andrade (2020) explicam que metodologias ativas, são aquelas que possibilitam a produção de conhecimento, sendo essencial para estimular processos cognitivos, bem como explorar problemáticas. Barbosa *et al.* (2021) complementam relatando que a metodologia ativa pode ser caracterizada como uma metodologia que proporciona estimulações aos usuários, auxiliando os mesmos a aprimorarem diversas habilidades, tanto motoras quanto psíquicas.

Yamamoto (2016) relata que as metodologias ativas de aprendizagem tratam-se de

um princípio educacional, já que proporcionam diversas atividades e técnicas pedagógicas para os educadores explorarem em diversas situações de aprendizagem, bem como em procedimentos de inclusão, pois englobam diversas disciplinas e esforços educacionais, tanto informais quanto formais, fazendo com que os aprendizes assumam um papel participativo no processo educacional.

Barbosa *et al.* (2021) a metodologia ativa oferece uma possibilidade de ensino diferenciado, com a aplicação de projetos e soluções de problemas, bem como pode oferecer atividades de ouvir, ver, perguntar, discutir, fazer e ensinar, fazendo com que os alunos compreendam uma maior quantidade de conteúdo, guardando a informação por um período mais longo e com maior qualidade, desenvolvendo seu pensamento crítico e analítico. Com o avanço das tecnologias, os autores enfatizam a importância de oferecer aos alunos novas abordagens para manter o interesse dos mesmos pelo ensino, a metodologia ativa é uma forma muito eficaz de se atingir o engajamento dos usuários, pois proporciona uma educação diferenciada, fazendo os mesmos assimilarem os conhecimentos em diversos âmbitos, já que sua aplicação compreende vários contextos, como superação de dificuldades, aprimoramento em disciplinas das mais amplas áreas (exatas, biológicas, físicas), oferecendo grandes oportunidades em promover uma aprendizagem significativa e engajadora.

Metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida. A compreensão, a escolha e o interesse são condições essenciais para ampliar as possibilidades dos estudantes de exercer a liberdade e a autonomia na tomada de decisões em diferentes momentos do processo que vivência, preparando-se para o exercício profissional futuro (Barbosa *et al.*, 2021, p. 3).

Santos e Andrade (2020) dizem que a metodologia ativa pode ser dividida em cinco etapas distintas, sendo elas: a descoberta, interpretação, ideação, experimentação e evolução. Na primeira etapa, a de descoberta compreende a identificação do problema que se pretende solucionar, bem como compreender todos os desafios que podem ocorrer devido ao mesmo. Na segunda etapa, a fase da interpretação, é necessário procurar significados e inspiração nas ações que serão realizadas. Na etapa de ideação cria-se possibilidades de protótipos com potencial para solucionar os problemas identificados. A fase de efetivação é aquela que se realiza a ação, ou seja, trata-se do desenvolvimento e aplicação dos protótipos. A etapa de evolução compreende o acompanhamento dos

aprendizados que foram efetivados, se atingiram ao proposto e se houve a solução ou melhoria dos problemas.

Yamamoto (2016) destaca algumas características da metodologia ativa: desenvolve pensamento crítico e independente; envolve os alunos em diversas atividades, como exercícios de simulação, discussões, projetos, de forma ativa; cria um instinto investigativo, fazendo com que a pessoa crie um pensamento crítico e responsável; portanto, as metodologias ativas de aprendizagem estão fundamentadas nos princípios de autonomia e do conhecimento crítico, sendo que o aprendizado ocorre mediante o comportamento ativo que esta metodologia oferece ao estudante.

Segundo o Instituto Benjamin Constant (2016) na adaptação ou produção de recursos didáticos, é fundamental seguir critérios rigorosos visando alcançar máxima eficiência em sua utilização. Estes critérios incluem considerações sobre tamanho apropriado, significação tátil, aceitação pelo público-alvo, estímulo visual adequado, fidelidade à representação original, facilidade de manuseio, resistência à utilização frequente e segurança durante o manuseio.

1.3. Tecnologia assistiva: audiodescrição transformando o visual em acessível

Segundo Lopes (2019) o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), instância a qual estuda a tecnologia assistiva para facilitar e garantir igualdade às pessoas com deficiência no âmbito da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR), conceitua a tecnologia assistiva:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. (LOPES, 2019, *apud* BRASIL, 2007, p. 41).

Com isso, compreende-se que a tecnologia assistiva (TA) é algo muito amplo, podendo conter diversos recursos, produtos, possibilidades, estratégias, metodologias e serviços. Portanto, pode-se considerar como TA qualquer ferramenta, adaptação, estratégia, equipamento, dispositivo, método, ou sistema que provenha autonomia à pessoa deficiente ou com limitações.

Em 2015, mediante a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146, de 6 de julho de

2015), estabeleceu no seu art. 74: "É garantido à pessoa com deficiência acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de tecnologia assistiva que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida." (Brasil, 2015).

Segundo Peixoto (2018), a TA pode ser compreendida como um método de conhecimento multidisciplinar, devido ao acesso de diversos recursos, podendo ser com tecnologias avançadas ou de complexidade básica, criados para possibilitar que pessoas com deficiência e/ou dificuldades possam realizar atividades, sem a necessidade de adaptações, sendo destinada as mais diversas deficiências como a motora, visual, auditiva e/ou múltipla. Os recursos de tecnologia assistiva podem ser fabricados em série ou personalizados, bem como de uso permanente ou temporário, conforme a necessidade apresentada pelo usuário.

De acordo com Galvão Filho (2009) a TA pode ser considerada como uma atividade autônoma para a equiparação de oportunidades da pessoa com deficiência na sociedade atual. São mediações instrumentais para dar autonomia a pessoa com deficiência e ampliar sua interação social no mundo.

Galvão Filho (2009) complementa explicando que a TA é uma forma para neutralizar as barreiras ocasionadas pela deficiência, proporcionando ao usuário uma aprendizagem e desenvolvimento cultural de alto teor, ou seja, a mesma proporciona autonomia pessoal e vida independente ao usuário, sendo um grande estímulo e gerador de possibilidades para a pessoa com deficiência se desenvolver, interagir e se relacionar com o meio, trazendo um "empoderamento" para a mesma.

Segundo Lopes (2019), a TA pode ser uma grande aliada para garantir um ensino com inclusão, com desenvolvimento integral, oferecendo autonomia para pessoas com necessidades específicas, impostas pela própria condição. A TA é um método mediador no qual as pessoas possam interagir com recursos adaptados que garantam acessibilidade. O autor complementa dizendo que a TA é relevante para garantir os direitos das pessoas com deficiências, pois compreende os recursos e serviços destinados a facilitar a vida dos usuários, possuindo por objetivo, criar ações práticas que geram resultados funcionais na utilização de tecnologias apropriadas. Ainda, a TA pode ser dividida em 11 (onze) classificações, em conformidade com os seus recursos, sendo eles: auxílio para vida diária (recursos destinados para o usuário executar as tarefas diárias); comunicação aumentativa e alternativa (recursos que possibilitam a comunicação expressiva e receptiva de usuários sem fala, ou com dificuldades ou

limitação da mesma); acessibilidade ao computador (equipamentos que permitem o uso de computador); sistemas de controle de ambiente (sistemas eletrônicos para pessoas com mobilidade reduzida); projetos arquitetônicos para acessibilidade (adaptações realizadas na estrutura física de um ambiente para facilitar a locomoção do usuário); órteses e próteses (membros artificiais ou outros recursos ortopédicos); adequação postural (almofadas especiais, assentos e encostos anatômicos; auxílios de mobilidade (veículos); auxílios para cegos ou com baixa visão (artigos que facilitam e auxiliam os usuários com problemas de visão); auxílios para surdos ou com déficit auditivo (equipamentos) e; adaptações em veículos (acessórios e adaptações que possibilitam a condução do veículo).

Segundo Alves, Teles e Pereira (2011) a audiodescrição é explicada por estes autores como uma ferramenta de TA, ou seja, que permite maior acessibilidade para pessoas com deficiência visual. As definições são inúmeras, mas essa técnica consiste na transformação da informação visual em uma representação em palavras, de forma clara e objetiva expondo com detalhes sobre determinado objeto, imagem ou ambiente.

Conforme Franco (2010), a audiodescrição é um recurso fundamental para superar os obstáculos da linguagem não acessível, assegurando uma ampla e efetiva participação das pessoas com deficiência visual à educação, cultura e lazer da mesma maneira que as pessoas que enxergam.

Inicialmente essa alternativa de comunicação acessível foi pensada e elaborada para as pessoas com deficiência visual, porém, por outro lado, a audiodescrição oferece a possibilidade de beneficiar também outras pessoas, a exemplo das pessoas com deficiência intelectual, idosos, disléxicos entre outros (Motta, 2012).

De acordo com Alves e Araújo (2016) podemos considerar que a audiodescrição é um recurso de inclusão social e que pode fazer parte de vários espaços da sociedade. A depender do seu contexto, o que se percebe é que ela gradualmente está sendo introduzida no cotidiano da sociedade como, por exemplo, no teatro, cinema e TV. Isso permite com que as pessoas cegas ou com baixa visão recebam a informação audiodescritiva de um cenário, personagens, figurinos, ações físicas, quadros, esculturas, vídeos, fotografias, imagens, filmes, slides e materiais didáticos.

Na elaboração de uma audiodescrição faz-se necessário o uso de alguns pré-requisitos, já que o profissional que exerce a função de audiodescritor necessita ter uma boa habilidade de observação, vocabulário neutro e enriquecido, uma fala compreensível, narração pausada e em favorável tom, além de clareza e boa capacidade de resumir. Além

disso, este trabalho pode se desdobrar em diferentes papéis, como o do roteirista, narrador e consultor. Sendo que, este último, é importante que seja realizada por uma pessoa com deficiência visual (Alves, 2021).

Em 1975, o americano Gregory Frazier da Universidade de São Francisco descreve pela primeira vez em sua tese mestrado a técnica de audiodescrição. Embora, tenha sido somente na década de 80 que esse conceito se tornou uma realidade mais consolidada. E foi a partir de Margaret Rockwell e Cuddy Pfanstiehl, que conseguiram fazer avanços produtivos na audiodescrição em suas peças teatrais. Com o tempo, essa técnica espalhou-se para outras partes do mundo, nos setores de cinema e televisão, assim beneficiando a vida de muitas pessoas com deficiência visual (Piety, 2004).

Apesar da audiodescrição ter sido oficialmente introduzida no Brasil em 2003, esse recurso, acessível no final da década de 70, já era estudado e regulamentado em países como os Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Espanha (Costa, 2012).

Em nosso país, o recurso da audiodescrição foi oferecido pela primeira vez em um evento público de exibição de filmes, o Festival Internacional de Cinema “Assim Vivemos”, com a temática sobre deficiência e celebrado a cada dois anos em algumas capitais brasileiras. Entretanto, a 10ª edição de 2020, ganhou o formato totalmente online, permitindo o alcance de muitos. Essa iniciativa pioneira está associada às irmãs Lara e Graciela Pozzobon (CBN Campinas, 2021).

1.4. Legislação Brasileira e a sua aplicação no Brasil

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência descrita no artigo 3.º da Lei de n.º 13.146/2015 descreve que a acessibilidade é a capacidade de dispor os espaços, bens e serviços sociais com segurança, autonomia e liberdade assim promovendo o acesso de pessoas com deficiência (Brasil, 2015).

Os autores Costa, Maior e De Lima (2005) salientam que nos debates políticos a temática da acessibilidade é um assunto recente no país e que, na atualidade, ela se tornou um direito. Assim, é importante reconhecer que a partir da Constituição Brasileira de 1988, os direitos sociais e individuais de todas as pessoas, principalmente a com deficiência, passou a ser assegurado. Foi a partir dela que, se iniciou a trajetória de incorporar leis, normas e decretos visando à acessibilidade, como a Lei de n.º 10.098, publicada somente em 2000, com objetivo eliminar barreiras urbanas, arquitetônicas e de comunicação.

Considerando a necessidade de transmitir mais informações às pessoas com deficiência visual a técnica da audiodescrição no Brasil, foi estabelecida pela portaria de n.º 188, de 24 de março de 2010 onde instituiu que os programas de televisão aberta pudessem, pelo menos por duas horas semanais, tornar acessíveis os conteúdos da sua programação por meio deste recurso (Brasil, 2010).

Gonzalez (2018) destacou que a portaria n.º 188/2010 do então Ministério das Comunicações tinha como objetivo atingir 20 horas até 2020. O plano foi revisto em 2018, ano em que as emissoras televisivas necessitavam implantar 12 horas de conteúdo acessível, de modo que a meta ainda não foi alcançada.

No sistema brasileiro de telecomunicações, as redes de televisão aberta exibem seus programas de entretenimento, sessões de filmes e alguns de reportagens com audiodescrição, cumprindo atualmente, no mínimo, a carga horária de seis horas semanais deste tipo de comunicação (Scoralick, 2017).

Franco e Silva (2010) relatam ainda que, no Brasil, importantes avanços proporcionam as bases legais para que acessibilidade aconteça de fato. Os países da Europa, Estados Unidos e Argentina destacam-se pela atenção dada à acessibilidade e, desta forma, diversos recursos acessíveis como, por exemplo, o da audiodescrição é bastante utilizado nos cinemas, teatros, museus, programas de televisão e DVDs.

1.5. Tecnologia de Impressão 3D

Segundo Takagaki (2012), a impressão 3D trata-se de uma tecnologia que possui métodos próprios, porém, segue o mesmo princípio: a elaboração de objetos físicos em camadas, onde o usuário projeta o modelo tridimensional que pretende imprimir fazendo o uso de ferramentas computacionais.

Almeida (2019) diz que impressão 3D é o ato de fazer objetos em tamanhos, formas e cores variadas, mediante modelos digitais e uso de matéria prima. Seu uso é bem amplo, sendo esta tecnologia empregada em diversas áreas, como educação, manufatura, arquitetura, médico, odontológico, aeroespacial, transportes etc.

Calazans e Martins (2021) complementam relatando que as impressoras 3D fazem com que a imagem digital se solidifique numa fina camada de um determinado material repetidamente, o que possibilita a solidificação de mais camadas, produzindo o objeto impresso em três dimensões. Ainda explicam que a tecnologia 3D teve como precursor oficial Charles Hull, que produziu a primeira impressora em 3D na década de 80. Foi por

meio do uso de luz ultravioleta, empregou a técnica chamada de estereolitografia, a qual trata-se de solidificar camadas de um fotopolímero mediante o uso da luz. Hull, começou a comercializar seu produto quando fundou a empresa 3D Systems Corporation. Em seguida, surgiram diversas empresas no setor ao longo do mundo.

Almeida (2019) relata que em 1988, Scott Crump, criou o Fused Deposition Modelling (FDM), modo de impressão 3D muito utilizado. Em 2000, a ZCorp lançou no mercado a primeira impressora 3D colorida, popularizando a tecnologia para a população e fazendo com que empresas emergissem de diversos segmentos trazendo novas tendências ao mercado.

Calazans e Martins (2021) informaram que a tecnologia 3D pode ser dividida em seis momentos, sendo o primeiro de 1970 a 1980, com a fabricação de protótipos; o 2º entre 1980 e 1990, com o surgimento das três tecnologias de impressão 3D e a criação da primeira empresa do ramo; o 3º entre os anos de 1990 a 2005 onde a tecnologia começou a ser aperfeiçoada pelas empresas privadas, como o surgimento da primeira impressora 3D de nível industrial, a criação da primeira impressora 3D colorida; o 5º momento que ocorreu a partir de 2012/2013 até 2018, onde novas tecnologias surgem, como a criação de *softwares*, que proporcionaram a criação de carro em 3D, primeira casa no Japão, ossos humanos, alimentos e roupas (NASA); e, o 6º momento, de 2018 até os dias atuais, que novas tecnologias passaram a surgir com o apoio do Governo Federal, conforme apresentado na Figura 2.

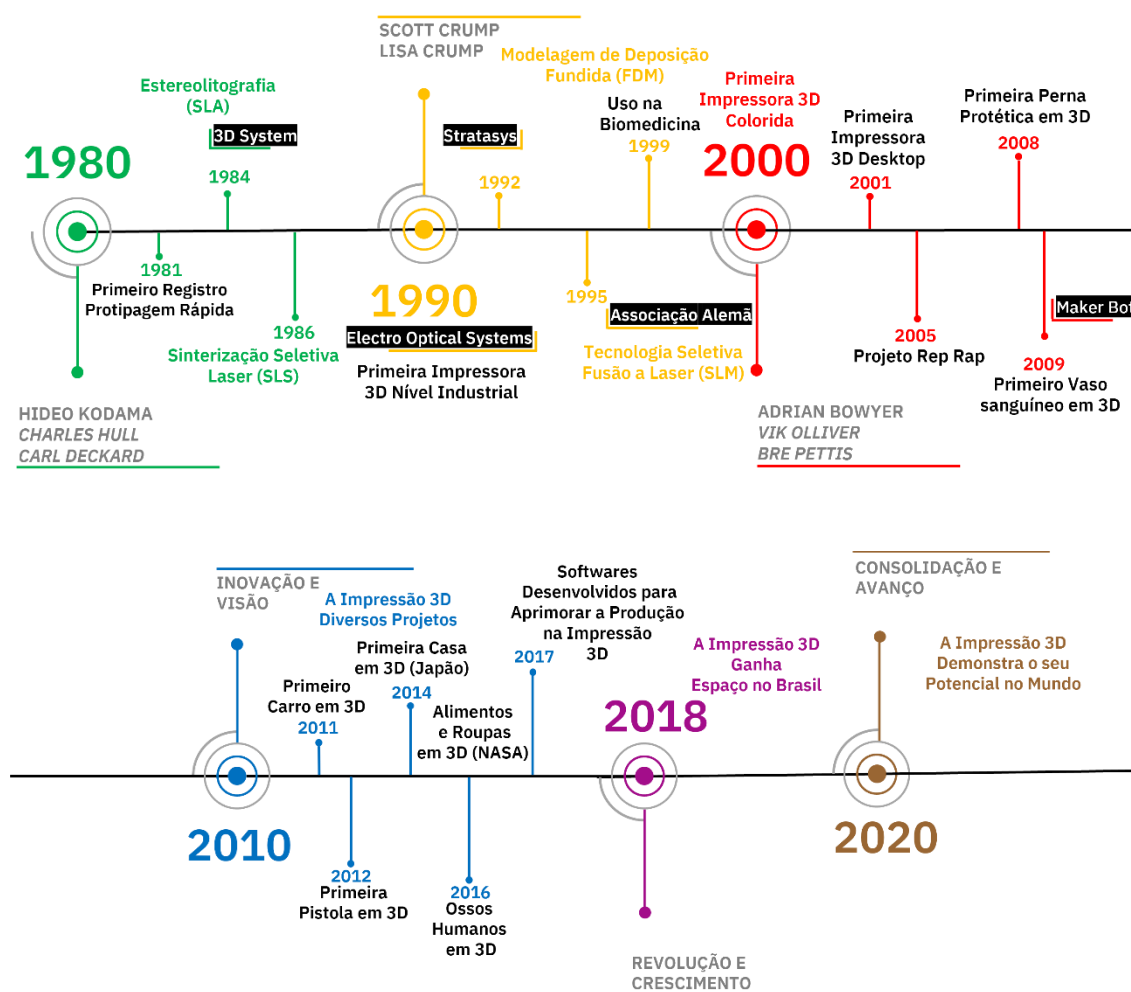


FIGURA 2. Infográfico sobre um breve histórico da Tecnologia de impressão 3D.

Fonte: Adaptado do site Print it 3D.

Reis *et al.* (2021) explicam que a impressora 3D é um maquinário que imprime em três dimensões, de forma parecida a uma impressora comum, porém em camadas. De acordo com Melchels (2012) o objetivo da impressora 3D é produzir objetos em três dimensões. Primeiramente, o objeto deve ser virtual, mediante a modelagem da arte do mesmo por *softwares* específicos e, em seguida, deve-se verificar se o material a ser utilizado condiz com o objeto a ser impresso. A escolha do material é tão importante quanto ao uso do *software*.

Segundo Almeida (2019), a impressão 3D envolve três processos principais. Inicialmente deve-se realizar o pré-processamento da peça, criando o modelo 3D digital, o fatiamento do mesmo no *software* específico, determinando assim o número de camadas e espessura no modelo 3D criado. Na segunda etapa do processo deve-se definir o tipo de material ideal para a impressão da peça, bem como realizar o ajuste prévio na impressora,

para manter a qualidade da peça. A última etapa trata-se do pós-processamento, onde se realiza o acabamento da peça.

Reis *et al.* (2021) esclarecem que a Modelagem por fusão e deposição (fused deposition modeling - FDM) refere-se a uma tecnologia que usa a extrusão no processo de manufatura aditiva. Nesta, o material sofre uma pressão de temperatura e força mediante um bico ou orifício, que é seletivamente depositado. Os materiais mais utilizados pela FDM são o ácido polilático (PLA), o policarbonato (PC) e o Acrilonitrila butadieno estireno (ABS), por conta do custo inferior, bem outras diferenças em suas propriedades químicas, físicas e mecânicas.

Reis *et al.* (2021) complementam explicando que o processo do FDM ocorre com a inclusão de um fio de material fundido numa base, mediante um bico móvel. Em seguida, deve-se aquecer o material a uma temperatura acima do seu ponto de fusão dentro do próprio bico e, posteriormente, o mesmo sofre uma força por um bocal para um substrato e quando se torna frio, se solidifica formando uma camada.

1.6. Serpentes

De acordo com Pierro (2020), a temática sobre as serpentes peçonhentas e não peçonhentas no Brasil deve ser considerada muito importante na divulgação científica uma vez que, nosso país ocupa uma importante posição em relação à riqueza de répteis. O grupo de animais que lidera essa classificação são as serpentes, com aproximadamente 419 espécies, sendo que 163 delas ocorrem exclusivamente no Brasil. Além disso, todos os anos, muitos acidentes ofídicos são notificados e constituem um problema de saúde pública, pois estes representam cerca de 29 mil casos por ano com média de 125 óbitos (Brasil, 2019a).

Souza *et al.* (2020) relata que as serpentes pertencem a uma extensa cadeia alimentar natural, tanto como presas quanto como predadores, apresentando um enorme papel na biodiversidade, que se trata da variação de seres que compreendem a vida na Terra, possuindo um enorme valor natural, genético, econômico, ecológico, científico, sociais, culturais, estéticos, educacionais e recreativos. E complementam a explicação dizendo que um dos motivos que está ocasionando o extermínio da espécie, trata-se da perseguição humana, fato decorrente das histórias, equívocos e mitos referente aos animais, porém o conhecimento da importância das diversas espécies de serpentes deve

ser tema estudado em ciências nas escolas, já que nessa fase que os alunos passam a ter interesse por diversos assuntos, como a vida animal.

Segundo Pontes *et al.* (2017), a compreensão da população em relação às serpentes chega num consenso que as mesmas representam um grande perigo, independentemente da localização, fatores socioeconômicos e idade, o que acaba acarretando num alto número de mortes das mais diversas espécies de serpentes.

Santos *et al.* (2021) dizem que muitos acreditam que esse medo e repulsa que a população apresenta em relação as serpentes ocorra pelo desconhecimento em relação a importância que estes animais exercem em suas comunidades ecológicas e suas contribuições para o bem-estar humano. Para inverter esta situação, é relevante realizar pesquisas que esclareçam as percepções errôneas que a população apresenta quanto as serpentes.

Nascimento (2018) diz que, devido ao alto número de envenenamento por picadas de serpentes peçonhentas em diversas pessoas no mundo, a Organização Mundial de Saúde (OMS) anunciou em 2009 sua inclusão na lista de doenças tropicais negligenciadas, pois este tema ainda é pouco divulgado e pesquisado.

Santos *et al.* (2021) esclarecem que, apesar das serpentes serem caracterizadas de forma negativa por uma boa parte da população, as mesmas possuem um papel vital no equilíbrio dos ecossistemas que estão inseridas, formando teias alimentares complexas, atuando especialmente no controle de espécies, as quais são caracterizadas como “pragas” pelos seres humanos, como os roedores. As serpentes também servem como alimentos para outros animais, como os mamíferos, aves, ou até mesmo outras serpentes.

De acordo com Santos *et al.* (2021), as serpentes envolvem muitas lendas e mitos, porém de forma negativa, sendo associadas como o “mal na Terra”, uma vez que seus atributos anatômicos levaram ao desenvolvimento de diversas simbologias, como repugnância, pecado, adoração, sexualidade, poder, morte e cura, dentre outros. Devido a isso, é importância incluir o estudo das mesmas nas escolas, para que haja uma interação referente ao conhecimento que os discentes apresentam em relação ao animal e o conhecimento científico do mesmo, promovendo atos que geram compreensão do papel ecológico destes animais.

As serpentes fazem parte da nossa biodiversidade, mas infelizmente são reconhecidas popularmente como animais extremamente “maldosos” e “traíçoeiros” não sendo consideradas sua importância na cadeia alimentar e no equilíbrio ambiental (Jeronimo, 2013). Para vencer essa problemática, o Ministério da Saúde no Brasil alerta

que as dicas de prevenção, primeiros socorros e tratamento são extremamente importantes na tentativa de eliminar o preconceito, baseado nas definições errôneas que estão cercadas de estórias, lendas e crenças. Para isso, essas dicas devem ser difundidas para o maior número de pessoas (Brasil, 2019b).

Pontes *et al.* (2017) esclarecem que com o intuito de promover a conservação das serpentes, muitos estudos caracterizados como etnoherpetológicos estão sendo realizados para esboçar o grande valor que estes animais possuem para as comunidades, promovendo uma sensibilização na população, especialmente no âmbito escolar, pois nessa é possível criar uma construção social estratégica, com formação dos indivíduos e de sua identidade social e cultural, pois pensando de forma socioambiental, quanto mais informações os alunos adquirem referente a certo tema, maior será a probabilidade do mesmo compartilhar seus conhecimentos e atitudes dentro do seu convívio social.

Segundo Souza *et al.* (2020) as cobras são responsáveis pelo controle da propagação de diversas espécies, como os ratos, invertebrados e anfíbios evitando, dessa forma, que a alta taxa de reprodução destes prejudicam o equilíbrio ecológico dos ecossistemas, transformem-se em pragas. As serpentes, além de serem predadoras, também servem de alimentos para outros animais, como mamíferos, as próprias cobras e aves, fazendo com que haja a cadeia alimentar e conservação de espécies. Outra funcionalidade para as cobras, é o seu veneno sendo altamente empregado na medicina e farmacologia para a fabricação de medicamentos como, por exemplo, para tratamento de câncer, hipertensão, analgésicos, colas cicatrizantes e soro antiofídico. Constantemente, muitas pesquisas usam o veneno das serpentes para buscar novos medicamentos eficazes no tratamento doenças graves, como o câncer.

O ensino da importância das serpentes, se enquadra na parte de ciências biológicas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em que é destacado que as crianças devem desenvolver habilidades de compartilhamento com outras crianças, referente a momentos de cuidado de animais e plantas nos espaços da instituição e fora dela, bem como em outras atividades referentes observação, identificação e descrição de questões e fenômenos naturais.

Conforme Pontes (2017), considerando que em nosso país a comunicação entre as universidades e a população sobre os animais peçonhentos é uma tarefa desafiante, pretende-se utilizar a ação mediadora de modelos didáticos em impressão 3D para fazer um movimento de conscientização sobre as serpentes. Visto que, esses animais para algumas pessoas, despertam sentimentos negativos onde, às vezes, o encontro entre

homem e serpente infelizmente resulta na matança, levando a um desequilíbrio na diversidade dos grupos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi a produção de um conjunto de modelos didáticos em impressão 3D, placas em Braille com adaptação aos estímulos sensoriais e audiodescrições permitindo que o acesso às informações visuais seja realizado por meio de descrições sonoras, enfatizando quatro temas centrais sobre o estudo de serpentes peçonhentas e não peçonhentas com base em abordagens empíricas. O desenvolvimento destes recursos pode abrir caminho para potenciais processos de patente, impulsionando uma educação em zoologia mais inclusiva, acessível e promovendo um aprendizado mais significativo e estimulante para pessoas com deficiência visual.

2.2. Objetivos específicos

- Construir modelos didáticos por meio da tecnologia de impressão 3D adaptados aos estímulos táteis e auditivos, atribuindo ênfase em quatro aspectos sobre as serpentes, possibilitando o conhecimento e compreensão sobre as principais;
- Proporcionar protagonismo, notabilidade e empoderamento das pessoas com deficiência visual nos espaços formais e não formais de educação;
- Auxiliar os profissionais da educação na introdução dessa temática durante as aulas para todos os alunos, com especial atenção àqueles que possuem alguma deficiência visual;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Locais de estudo

Para a execução das etapas referente ao desenvolvimento dos modelos em impressão 3D incluindo desde a escolha e preparo dos materiais para escaneamento até a impressão propriamente dita, pintura e testes avaliativos, três unidades da UNESP foram envolvidas. Tratam-se do Laboratório de Genética Animal do Departamento de Ciências Químicas e Biológicas do Instituto de Biociências de Botucatu, o Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI) da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru e o Centro de Estudos de Venenos e Animais Peçonhentos (CEVAP) pertencente a Faculdade de Medicina de Botucatu. Além disso, no decorrer do projeto, foi estabelecida uma parceria colaborativa com o Laboratório de Inovação Tecnológica da Instituição Toledo de Ensino (ITE) de Botucatu.

3.2. Preparação dos materiais biológicos para a realização do escaneamento 3D

Todos os procedimentos de manipulação dos materiais biológicos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, sob o protocolo de número 0195/2021.

O preparo dos crânios das serpentes ocorreu no período de outubro de 2021 à janeiro de 2022 empregando materiais fixados em formol 10% e preservados em álcool etílico 70% oriundos de coleções científicas bem como o emprego de animais recém-mortos, mantidos a -20°C e doados pelo CEVAP. O propósito foi mostrar as estruturas cranianas e suas diferentes dentições (áglifa, opistóglifa e solenóglifa) além de incluir uma estrutura de queratina denominada de guizo, localizada na extremidade da cauda de serpentes da espécie *Crotalus durissus terrificus* (cascavel), conforme ilustrado na Figura 3.

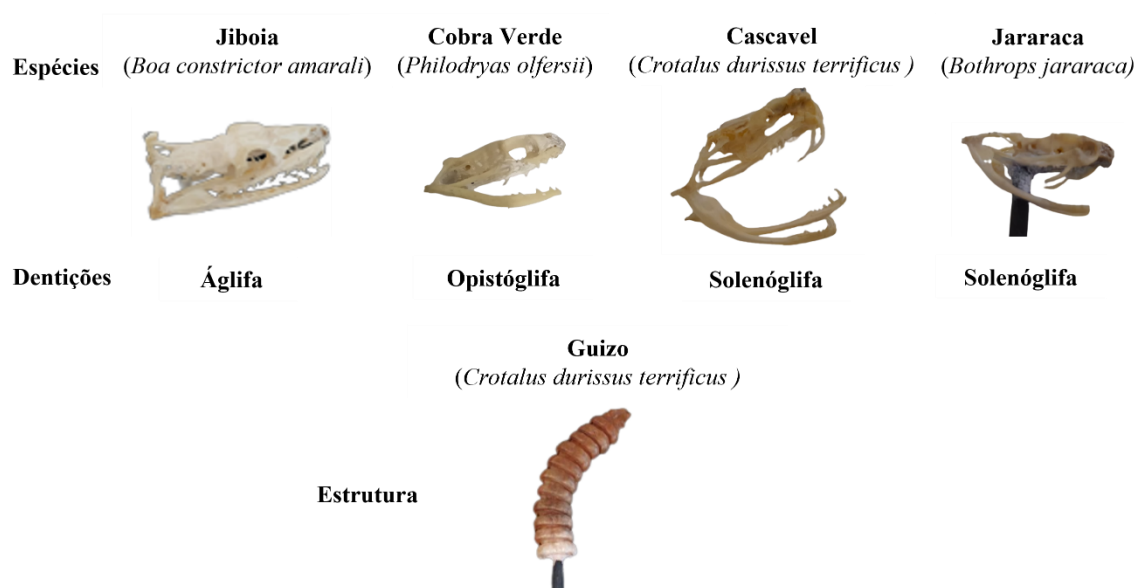


FIGURA 3. Estruturas cranianas, as diferentes dentições e o guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

No preparo dos crânios, foram manipuladas as serpentes das famílias não peçonhentas: *Boidae*, *Boa constrictor amarali*; *Colubridae*, *Philodryas olfersii*, bem como as serpentes das famílias peçonhentas: *Viperidae*, *Crotalus durissus terrificus* e *Bothrops jararaca*, conforme Figura 4.



FIGURA 4. Serpentes. (a): *Boa constrictor amarali*; (b): *Philodryas olfersii*; (c): *Crotalus durissus terrificus*; (d): *Bothrops jararaca*.

Fonte: Acervo CEVAP.

Os crânios das espécies de serpentes foram preparados mediante a técnica proposta por Machado e Peixoto (2014), com adaptações. Primeiramente os animais congelados foram dispostos em bandejas à temperatura ambiente de forma que descongelassem lentamente facilitando assim o seu manuseio. Este processo levou cerca de 3 (três) horas (Figura 5).



FIGURA 5. Serpentes utilizadas na confecção das peças cranianas.

Fonte: Acervo pessoal.

Posteriormente, em cada um dos cadáveres, realizou-se um corte abaixo da região da cabeça (Figura 6) e a remoção dos tecidos remanescentes. O guizo da *Crotalus durissus terrificus* (cascavel) foi retirado mediante incisão na extremidade da cauda. O restante das peças foi acondicionado individualmente em saco plástico de lixo infectante, congelado e destinado à incineração.



FIGURA 6. Cabeça da serpente.

Fonte: Acervo pessoal.

O material da pesquisa foi remanejado para um recipiente plástico com tampa e submerso em água morna de forma a evitar que os ossos e dentes se danificassem. Os crânios permaneceram submersos por 3 (três) dias para a limpeza total das gorduras. Em seguida, as peças foram mergulhadas em solução 1:1 (água pura e água oxigenada 20 volumes) por 24 horas, ocorrendo o clareamento das peças. Além da limpeza do material,

esta etapa permite o uso futuro das mesmas para fins didáticos. A seguir, foi necessário realizar uma raspagem suave dos crânios usando uma escova de dentes de cerda dura e sob água corrente. Deixar o material secar ao sol e repetir o procedimento de escovação a fim de eliminar qualquer resíduo que possa futuramente causar o aparecimento de microrganismos. Para finalizar, as peças cranianas foram revestidas com verniz acrílico brilhante.

Para a montagem dos crânios e do guizo foi necessário o uso de cola instantânea de alta resistência e secagem rápida à base de cianoacrilato, marca comercial *Super Bonder* (*Loctite*) a fim de reforçar todas as articulações maxilares e mandibulares. Em seguida, passamos para a fixação dos crânios e do guizo empregando algodão, massa de *biscuit*, verniz, hastes e base de madeira sendo que, ao final deste processo, obtivemos uma coleção com diferentes tipos de crânios. Esta coleção foi guardada em embalagens de papelão com espuma para proteção durante o transporte, conferindo um ajuste perfeito (Figura 7).



FIGURA 7. Montagem das peças anatômicas.

Fonte: Acervo pessoal.

3.3. Construção dos modelos tridimensionais

A construção dos modelos tridimensionais iniciou-se com as medições tridimensionais das serpentes peçonhentas da Família *Viperidae*, *Crotalus durissus terrificus*, *Bothrops jararaca*, *Bothrops moojeni* e de dois exemplares das famílias não peçonhentas *Boidae* e *Colubridae*, sendo *Boa constrictor amarali* e *Philodryas olfersii*.

3.3.1. Escaneamento digital das peças

3.3.1.1. Escaneamento digital das peças: crânios e guizo

Para capturar as imagens digitais dos crânios de serpentes peçonhentas e não peçonhentas bem como do guizo da cascavel, foi realizado o escaneamento 3D mediante o uso do equipamento da empresa *Shinning 3D* (Figura 8), o qual fez uma leitura digital automática e individual dos materiais mediante giros da mesa rotativa.



FIGURA 8. Equipamento *Ein Scan-SE Elite Desktop 3D Scanner*.

Fonte: Acervo pessoal.

Posteriormente, realizou-se a leitura digital automática, por meio de giros da mesa rotativa a fim de se obter preenchimento e qualidade nos detalhes dos objetos. Desta forma, os crânios e o guizo foram colocados individualmente na mesa giratória para o escaneamento 3D (Figura 9).

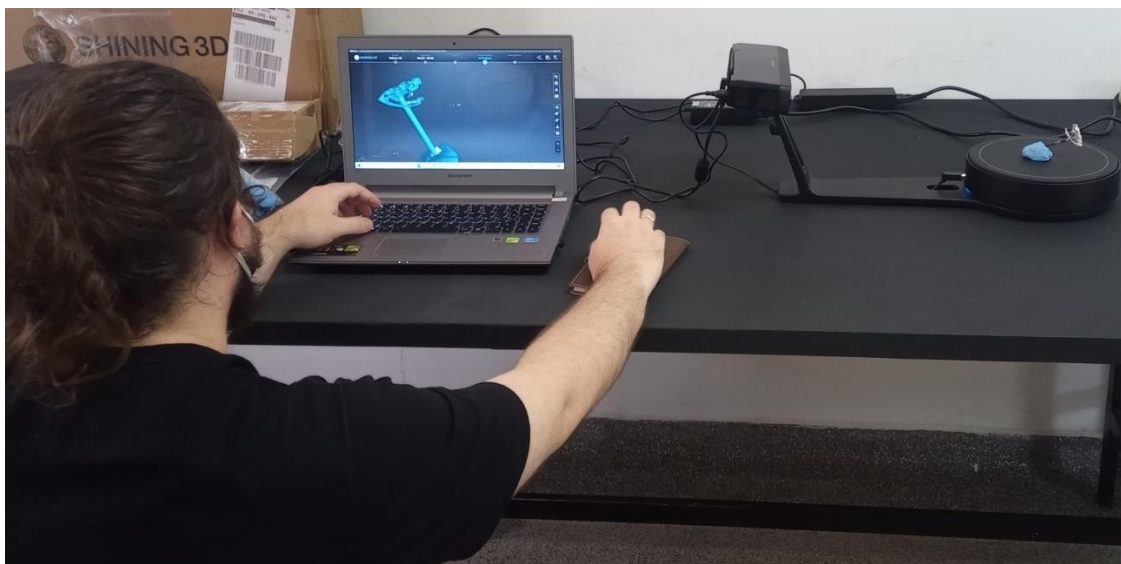


FIGURA 9. Escaneamento 3D das peças.

Fonte: Acervo pessoal.

O *scanner 3D Ein Scan- SE* apresenta um projetor com luz branca visível de *LED* e câmeras fixas nas laterais direita e esquerda com alta resolução em *megapixels*, além de apresentar dois canais de visão para a captura de imagens das superfícies dos objetos escaneados aumentando assim, a precisão na resolução final da transformação das peças anatômicas das serpentes em um modelo virtual de 360° (Figura 10).

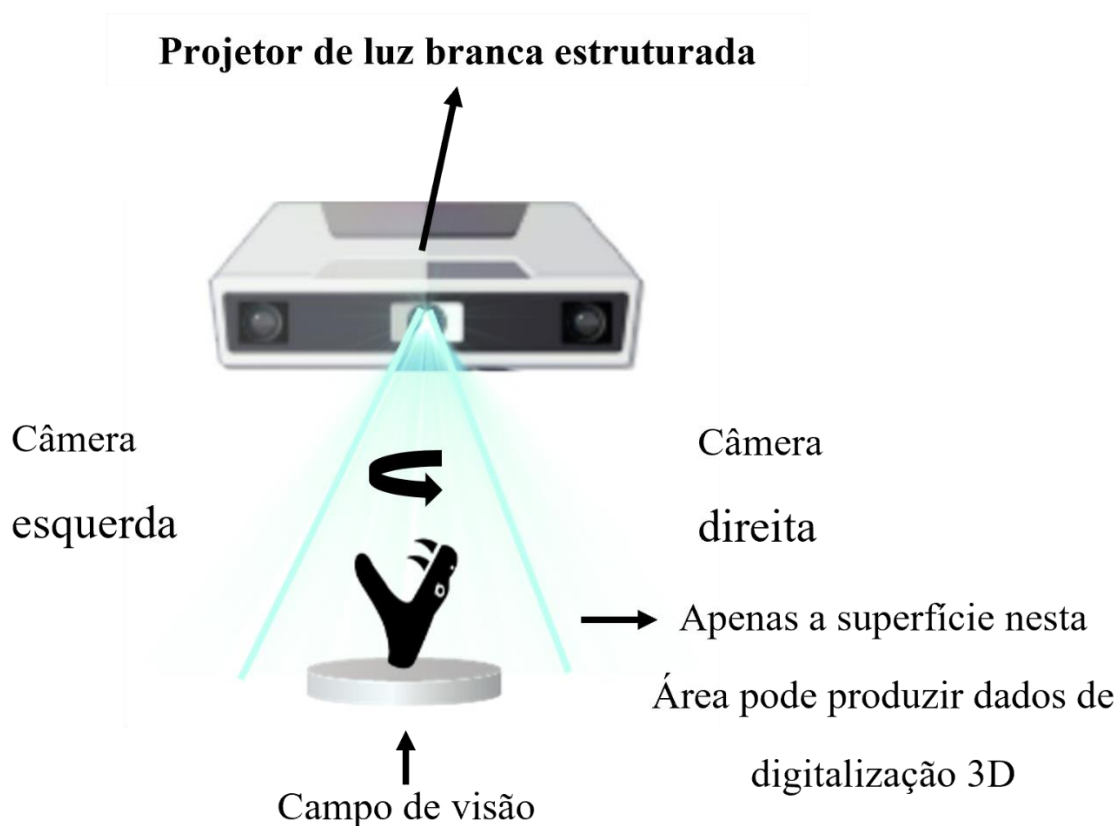


FIGURA 10. Captura da imagem 3D.

Fonte: Adaptado do manual do equipamento do *Scanner*.

A fim de facilitar a captura das imagens 3D nas digitalizações com a luz estruturada do *scanner*, verificou-se a necessidade de aplicar nos crânios, uma camada fina de pó revelador. Optamos pela marca *Spotcheck* de propriedade SKD-S2, pois o mesmo é composto por partículas em tom branco fosco de rápida secagem, o que garante uma boa qualidade na captura das imagens uma vez que elimina os reflexos das superfícies das peças (Figura 11).



FIGURA 11. Aplicação do pó revelador.

Fonte: Acervo pessoal.

Para o escaneamento 3D, os crânios e o guizo foram posicionados para a varredura digital em quatro diferentes ângulos na mesa giratória para a obtenção do preenchimento completo da área e qualidade nos detalhes evitando assim, erros e distorções de preenchimento ao capturar as superfícies (Figura 12).

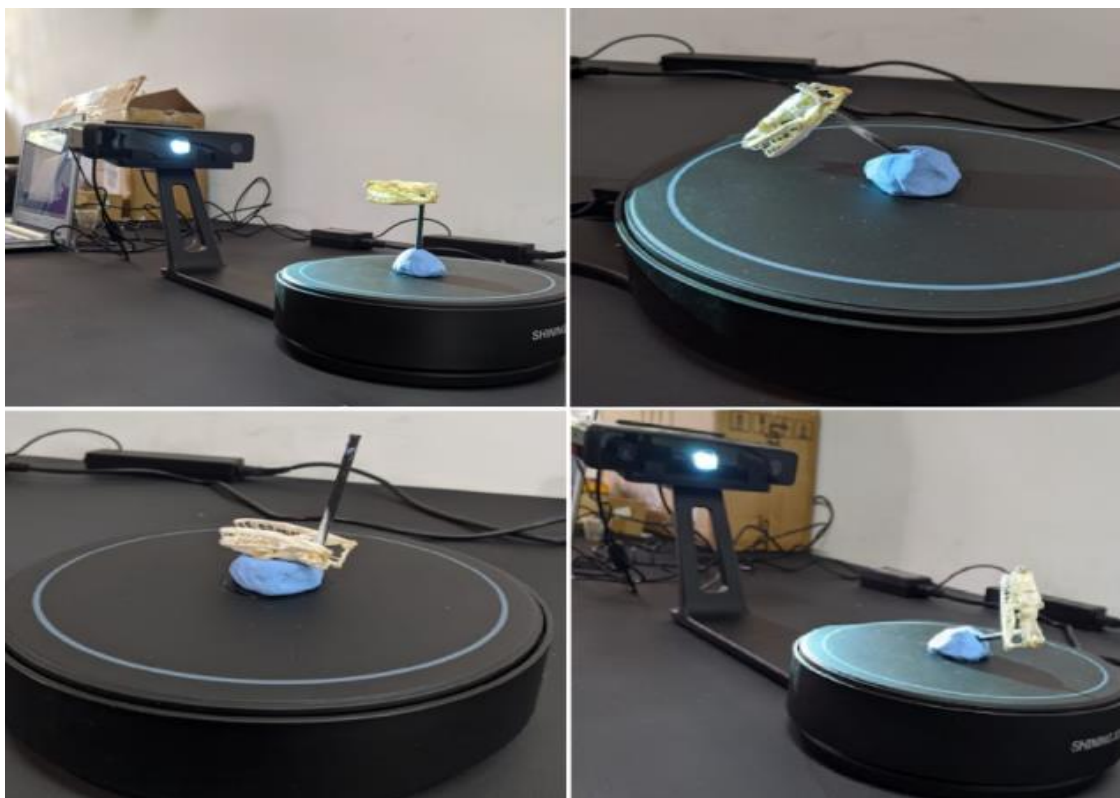


FIGURA 12. Escaneamento 3D do crânio da serpente *Boa constrictor amarali*.

Fonte: Acervo pessoal.

Com o intuito de capturar as imagens das peças a partir de câmeras fixas nas laterais direita e esquerda ao redor de um giro completo, configurou-se o equipamento para 20 rotações com média de 12 segundos a cada passo. Ao final da digitalização, formou-se uma nuvem de pontos que se complementam e possibilitam a visualização do objeto escaneado.

Todas as imagens digitais tridimensionais obtidas dos quatro diferentes planos foram automaticamente alinhadas em um único projeto via *software* do *scanner 3D Ein Scan- SE* e salvas em formato STL (*Standard Tessellation Language*) no *notebook*.

3.3.1.2. Escaneamento 3D das cabeças, escamas quilhada e lisa

Com o intuito de possibilitar um escaneamento de melhor qualidade para essas peças, foram criados dois suportes para apoiar e posicionar os animais no momento do escaneamento 3D. O primeiro foi elaborado com arame de alumínio e plástico de 22x5x5cm (CxLxA), o qual proporcionou sustentação, estabilidade, resistência e

maleabilidade para ser moldado e curvado em conformidade com a necessidade do espécime.

O segundo suporte, foi desenvolvido com arame de alumínio de 26x10x8cm (CxLxA), de forma que acomodasse o corpo da serpente com estabilidade e na posição desejada. O apoio de alumínio dispõe de uma base principal a qual proporciona estabilidade, porém, com a possibilidade de ajustes na altura e ângulo que permitem uma exposição adequada da serpente.

As testagens dos suportes 1 e 2 ocorreram em três visitas ao CEVAP em serpentes fixadas em formol 10% e conservadas em álcool etílico 70%, material este pertencente a coleção científica de herpetologia da instituição para fins didáticos (Figura 13).



FIGURA 13. Testes dos diferentes posicionamentos dos animais.

Fonte: Acervo pessoal.

Posteriormente, foram escaneados em 3D dois exemplares das famílias não peçonhentas *Boidae* e *Colubridae*, *Boa constrictor amarali* e *Philodryas olfersii*, respectivamente e a serpente peçonhenta da Família *Viperidae*, *Crotalus durissus terrificus* (Figura 14).



FIGURA 14. Animais utilizados para escaneamento 3D das cabeças e escamas quilhada e lisa.

Fonte: Acervo pessoal.

Os animais foram posicionados no suporte 1 que permitiu o escaneamento 3D das superfícies das cabeças das serpentes e as escamas quilhada e lisa das serpentes *Crotalus durissus terrificus* (cascavel) e da *Philodryas olfersii* (cobra-verde). No entanto, devido à necessidade de uma solução temporária, foi adequado um terceiro suporte para sustentar a cabeça da *Crotalus durissus terrificus* (cascavel) com a boca aberta. Este suporte foi construído com arame fino de alumínio, formando um arco redondo para acomodar a cabeça garantindo sua estabilidade e, a base, com massa de *biscuit* (Figura 15).



FIGURA 15. Escaneamento 3D das cabeças das serpentes e das escamas quilhada e lisa.

Fonte: Acervo pessoal.

O escaneamento 3D destas peças foi executado com duração de 4 minutos para cada animal com a mesma configuração inicial de 20 rotações e com média de 12 segundos a cada passo ao redor de um giro completo. Ao finalizar a capturas das imagens, a equipe manteve-se reunida para visualização e análise das imagens escaneadas, as quais foram obtidas em três sessões para cada serpente, bem como de alguns arquivos manualmente alinhados em um único projeto via *software* do *scanner* (Figura 16).

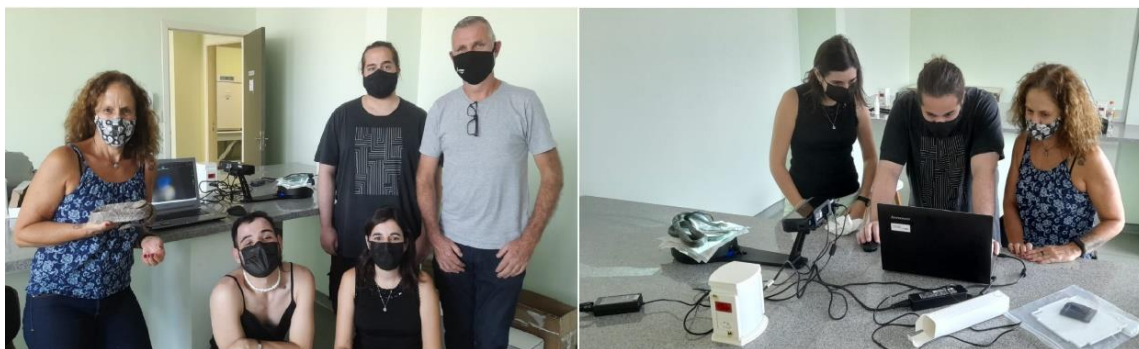


FIGURA 16. Reunião e análises das imagens geradas no escaneamento 3D.

Fonte: Acervo pessoal.

3.3.1.3. Escaneamento 3D da ecdise, cabeça da *Bothrops moojeni* e caudas

Nesta etapa, efetuou-se a leitura tridimensional da ecdise da serpente *Philodryas olfersii*, cabeça da *Bothrops moojeni* e caudas da *Crotalus durissus terrificus* e *Bothrops jararaca* (Figura 17).



FIGURA 17. Ecdise e os animais utilizados do escaneamento 3D das cabeça e caudas.

Fonte: Acervo pessoal.

Anteriormente ao escaneamento 3D da ecdise da serpente *Philodryas olfersii*, foi realizado o preparo da peça de estudo (Figura 19) devido ao seu aspecto brilhante. Então, foi aplicado uma camada de pó revelador, antes e após a inserção no suporte, a fim de garantir a captura de toda superfície da pele, pois o solvente promove um fundo de elevado contraste.



FIGURA 18. Preparo do objeto de estudo.

Fonte: Acervo pessoal.

No processo de escaneamento da ecdise da serpente *Philodryas olfersii*, da cabeça da *Bothrops moojeni* e das caudas das serpentes *Crotalus durissus terrificus* e *Bothrops jararaca* situamos as peças em estruturas de apoio para criação das imagens 3D digitais dos objetos reais para que fossem escaneados em um único ângulo na base giratória, utilizando as mesmas configurações iniciais de comando do *software* e das rotações da plataforma para obtenção dos arquivos STL (Figura 19).

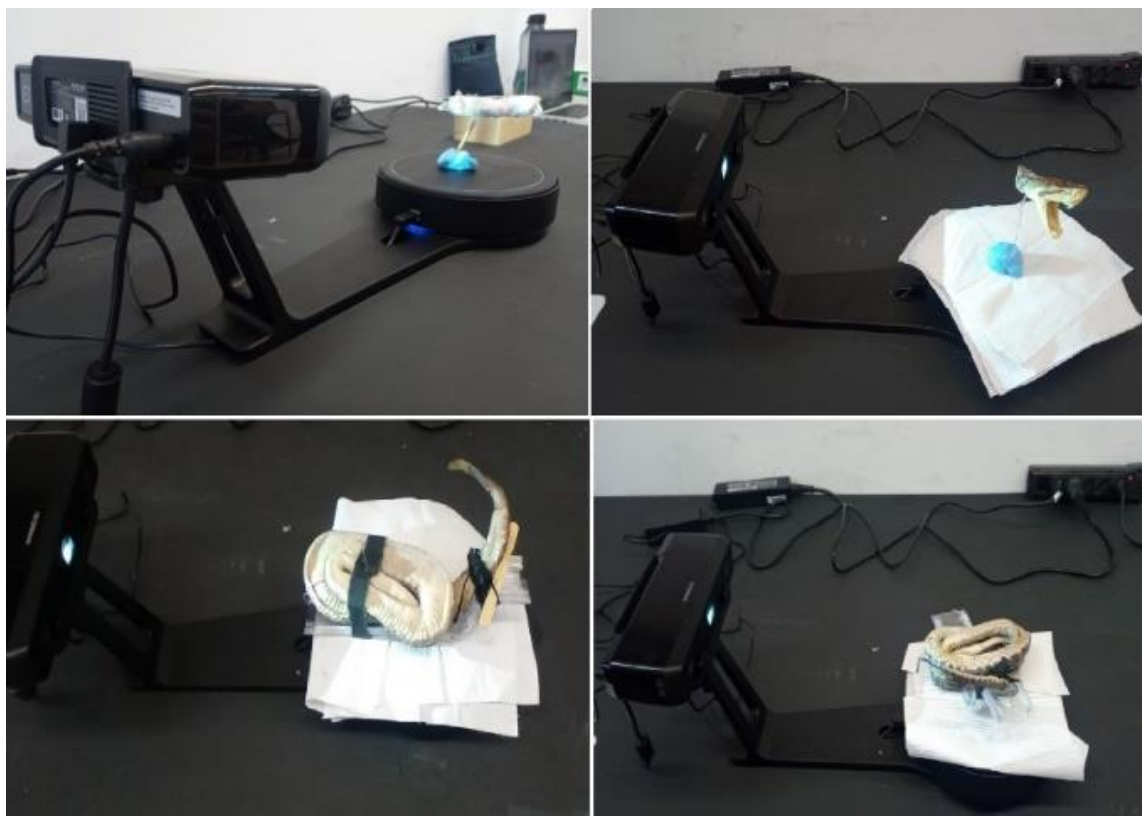


FIGURA 19. Escaneamento 3D da ecdise, cabeça e as caudas das serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

3.3.2. Importação, análise e edição das imagens 3D

Para esta etapa escolhemos usar o programa Gom Inspect Suite, por se encontrar disponível gratuitamente além de abranger grande ações de atividades em modelagem 3D. Para o processamento e edição das malhas tridimensionais empregamos um *notebook* com *Windows 10*, processador *Intel Core i5*, 16 GB de RAM e placa de vídeo 3GB de VRAM (Figura 20).

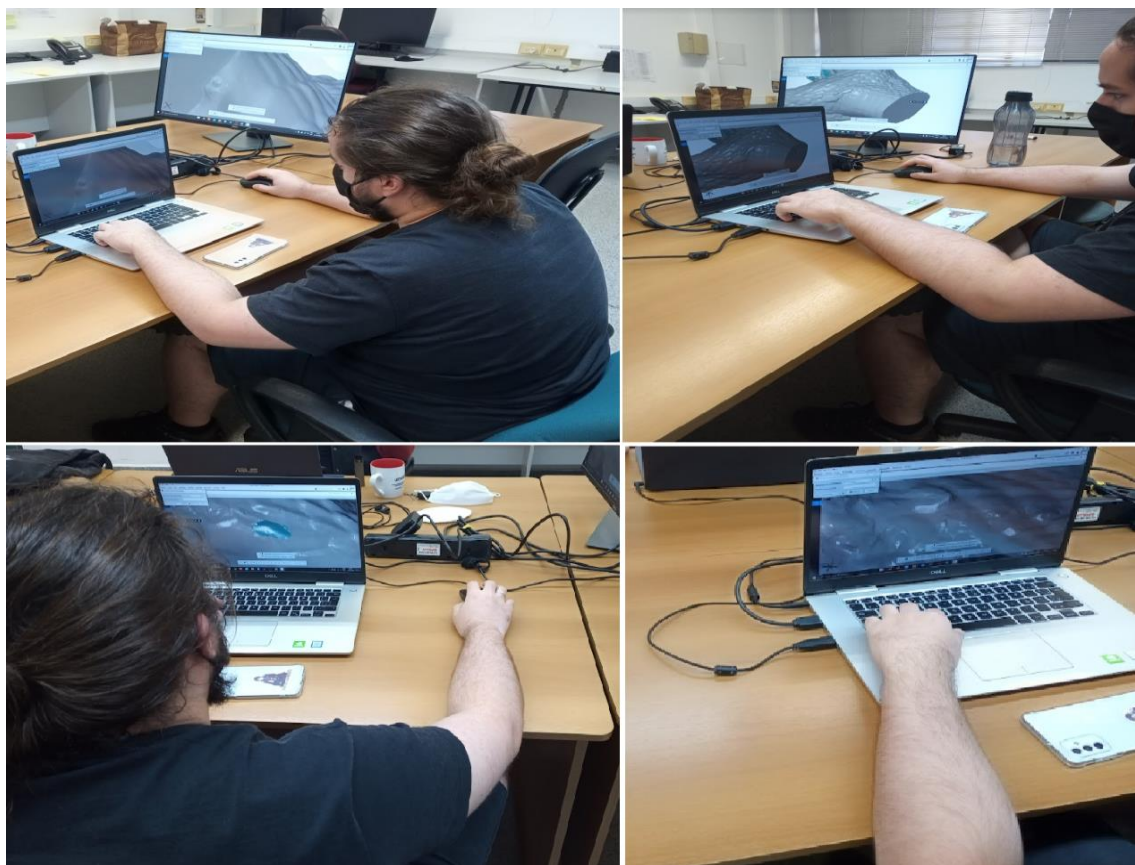


FIGURA 20. Edição das malhas 3D.

Fonte: Acervo pessoal.

Para viabilizar a exploração de abordagens de reparo aplicáveis aos arquivos 3D, um segundo *notebook* com *Windows 10*, *Intel Core i5*, 8GB de RAM e placa de vídeo de 4 GB permitiu a exploração da plataforma *Gom Inspect Suite* (Figura 21).

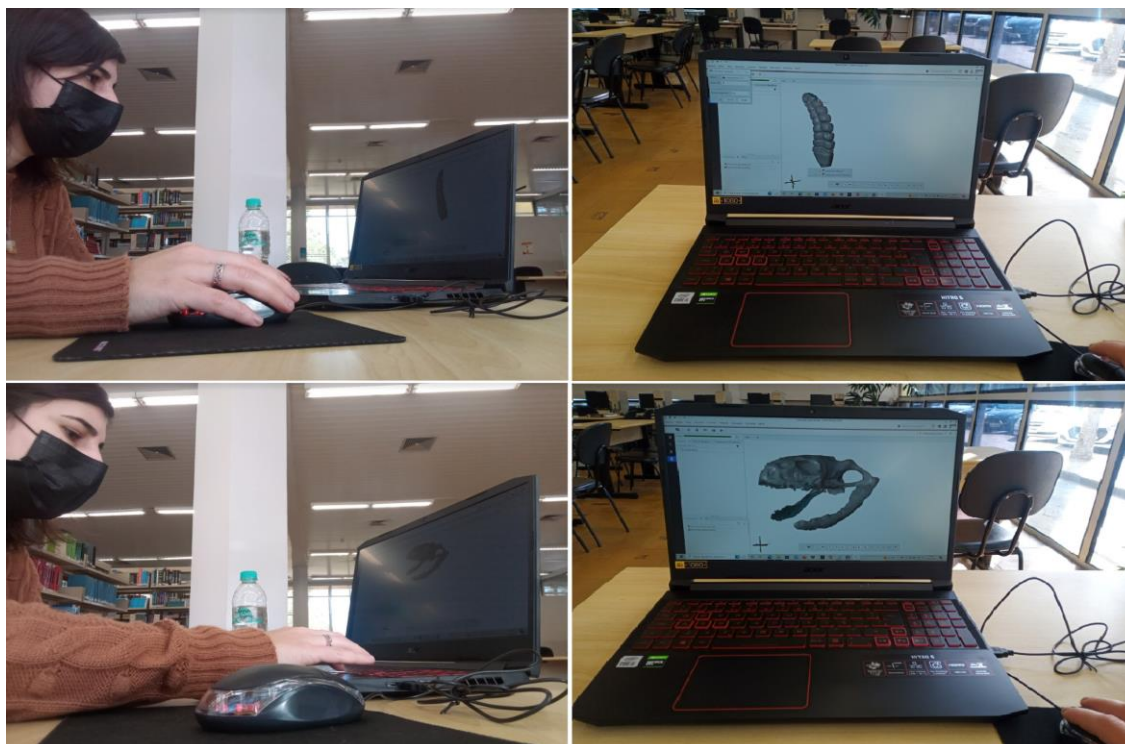


FIGURA 21. Fluxo de trabalho: noções básicas das ferramentas e o uso do *Gom Inspect Suite software*.

Fonte: Acervo pessoal.

A abordagem metodológica adotada para ajustar os arquivos STLs envolveu a utilização de opções de edição de malha disponíveis no *software*. Inicialmente, importamos o arquivo STL e empregamos a ferramenta "ponte" para preencher uma oclusão no guizo. Isso criou uma estrutura paralela entre pontos anteriormente separados. Em seguida, ajustamos a "tensão tangencial", calculando a curvatura entre esses pontos, orientando-nos por preservar a integridade dos modelos tridimensionais (Figura 22).

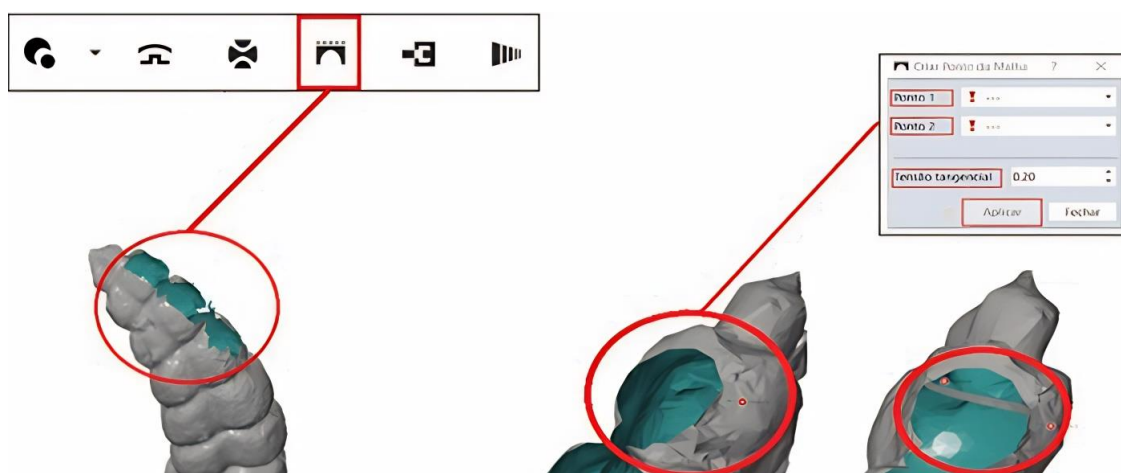


FIGURA 22. Edições nas malhas 3D empregando o software *Gom Inspect Suite*.

Fonte: Acervo pessoal.

Após unir os pontos, preenchemos o orifício e buscamos homogeneizar a superfície. Selecionamos o plano "muito suave" para o preenchimento na malha 3D visando aprimorar a qualidade da superfície resultante (Figura 23).

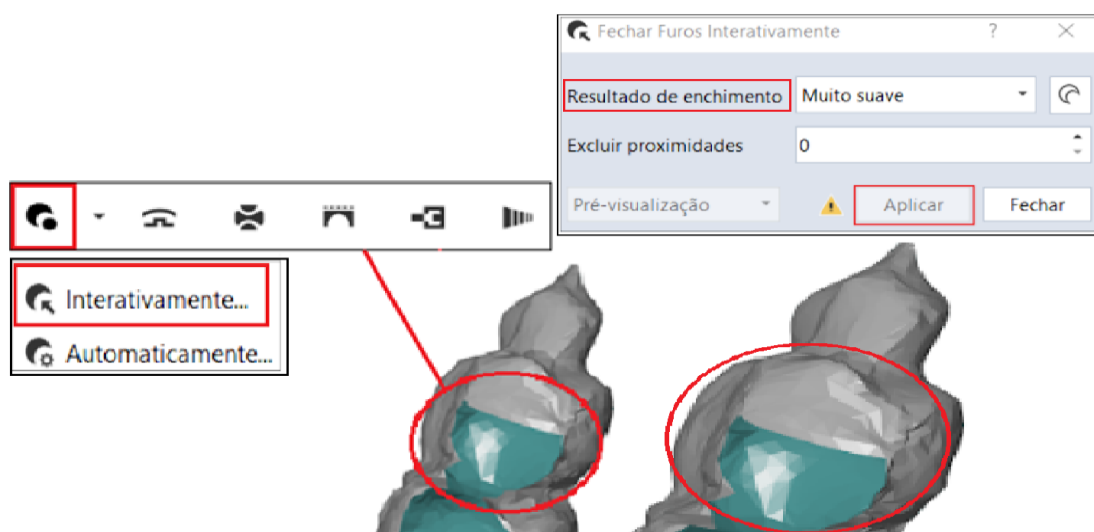


FIGURA 23. Utilização de ferramentas no *software* de edição de malhas 3D.

Fonte: Acervo pessoal.

Para corrigir as superfícies irregulares dos arquivos, usamos quatro ferramentas básicas do *software* as quais visam a melhoria na aparência das malhas 3D. Essas ferramentas foram aplicadas em todas as malhas, sendo especialmente eficazes na parte inferior do guizo, onde havia uma área problemática no último anel de queratina (Figura

24). Desta forma, solucionamos os problemas desta região e melhoramos a qualidade do modelo virtual, assim como dos outros arquivos STL.

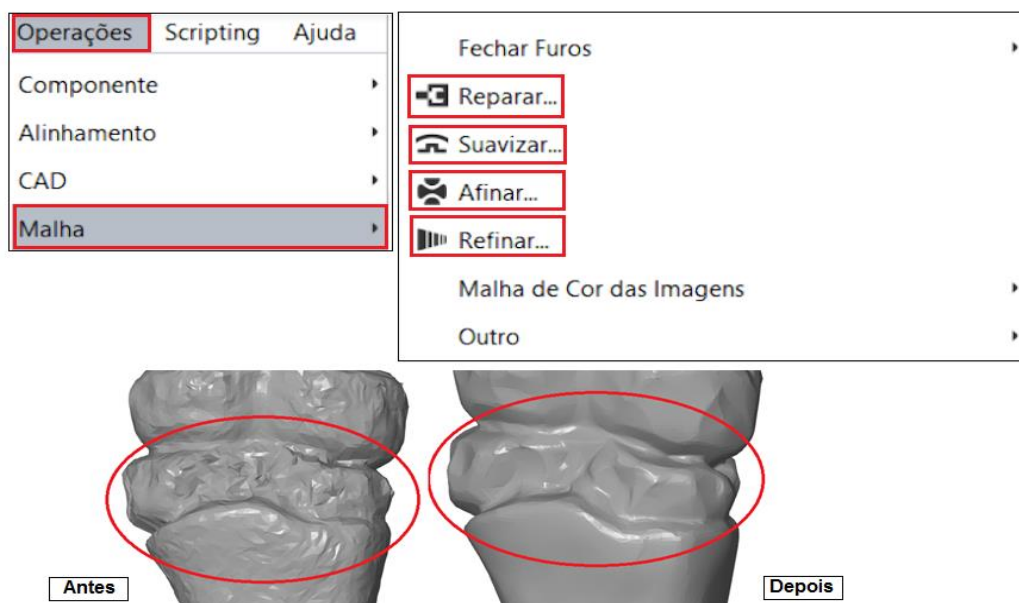


FIGURA 24. Ferramentas para o tratamento da superfície do guizo.

Fonte: Acervo pessoal.

Ao visualizarmos as malhas 3D do guizo no *software*, também constatamos qualidade superior em comparação ao anterior (Figura 25).

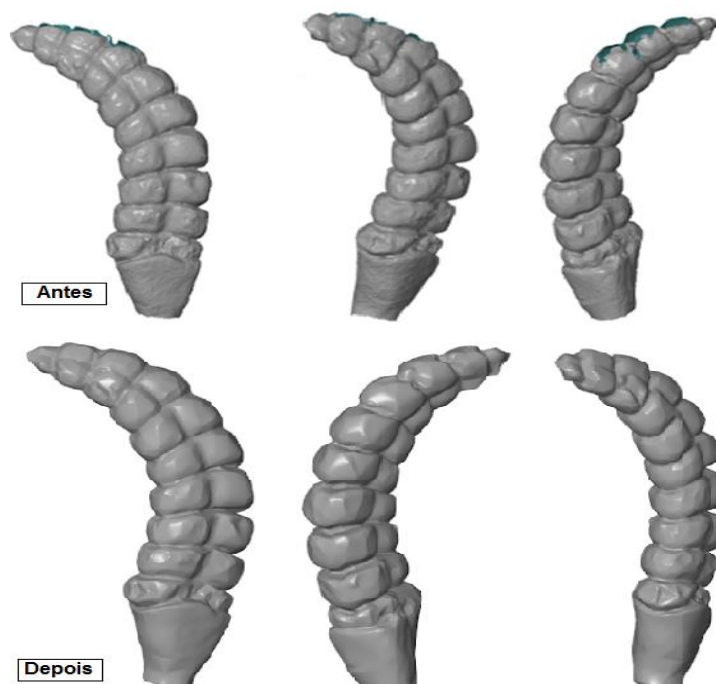


FIGURA 25. Visualização das malhas 3D antes e depois do processo de edição.

Fonte: Acervo pessoal.

O uso do *software Gom Inspect Suite* foi fundamental pois este oferece uma gama de ferramentas de edição de malhas 3D além de opções de reparos manuais sendo especialmente úteis no ajuste dos triângulos desalinhados na nuvem de pontos bem como no preenchimento de áreas a serem fechadas, assegurando a qualidade do resultado final (Figura 26).

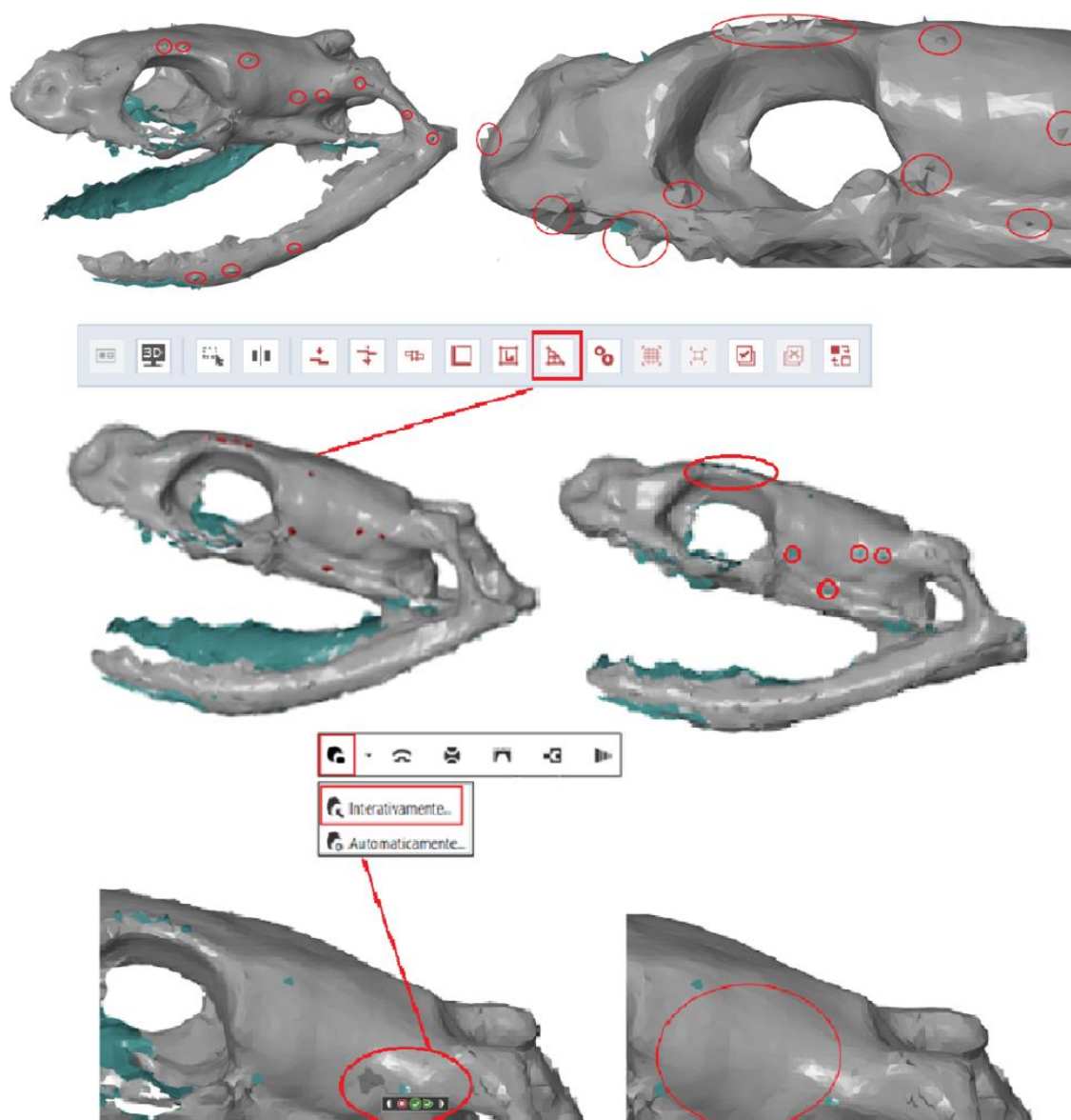


FIGURA 26. Reparos manuais na malha 3D.

Fonte: Acervo pessoal.

Em geral, após a realização do reparo manual, todas as nuvens de pontos editadas apresentaram alto nível de qualidade na resolução da imagem 3D exibindo riqueza em detalhes quando comparadas ao modelo real (Figura 27).



FIGURA 27. Visualização do resultado do tratamento da malha 3D.

Fonte: Acervo pessoal.

Após a eliminação das imprecisões geométricas de baixa e média complexidade, os modelos virtuais atingiram um estado de semiprontos. No entanto, o *software* oferece também recursos que simplificam a verificação e correção de erros matemáticos nas malhas 3D de maneira automatizada e eficaz.

Nas malhas 3D representadas a seguir, podemos observar quatro tipos de ruídos: “inconsistência”, “interseções”, “triângulos dobrados e degenerados” e, com o *software*, foi possível corrigir matematicamente muitas dessas falhas (Figura 28).

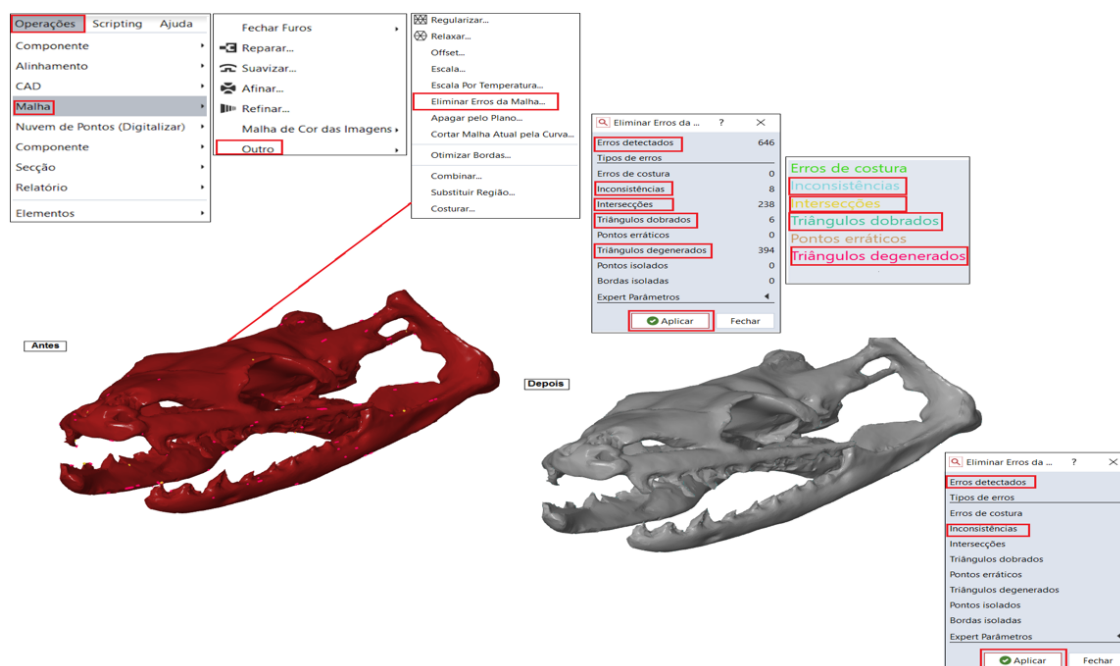


FIGURA 28. Correção dos erros da malha 3D.

Fonte: Acervo pessoal.

3.3.3. Primeiros passos para manufatura aditiva: *Ultimaker Cura*

Para gerar a preparação das cabeças, escamas e guizo para a impressão 3D utilizou-se o *Ultimaker Cura 4.13.1*, *software* de código aberto que permitiu o processo de configuração da impressora de mesa aberta da marca *Bigtreetech*-modelo *BIQU B1* (Figura 29).

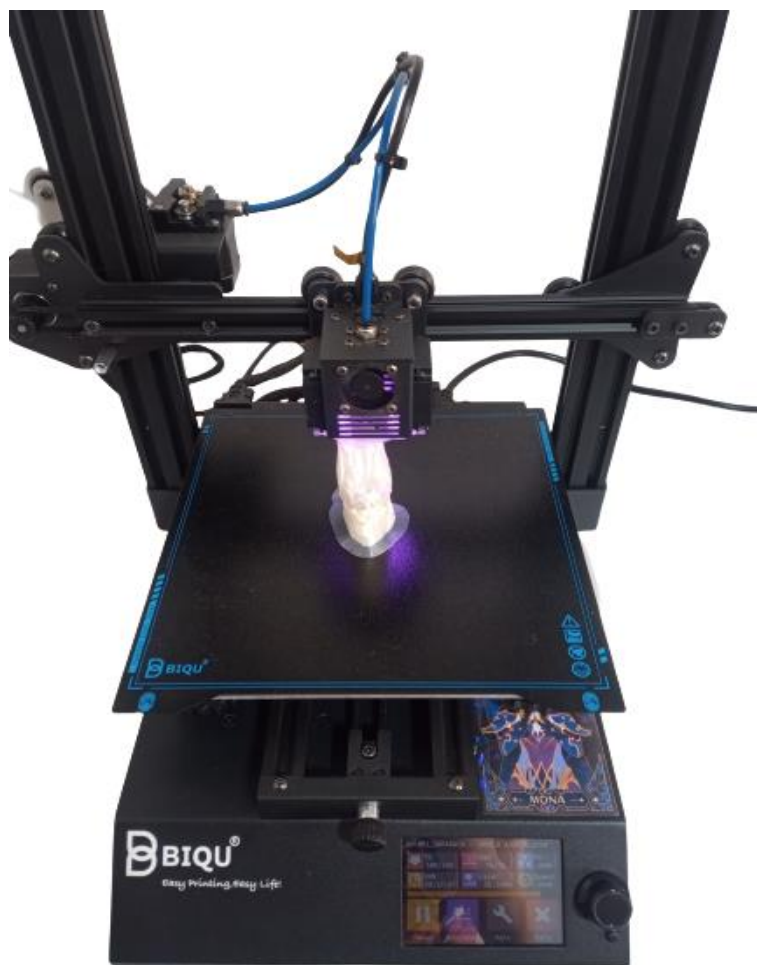


FIGURA 29. Impressora de mesa aberta da marca *Bigtree*-modelo *BIQU B1*.

Fonte: Acervo pessoal.

O sistema de impressão 3D *Ultimaker Cura*, possui uma gama de ferramentas que contribuem com a qualidade da peça a ser impressa, especialmente considerando o resultado final. Ao importar o arquivo digital no programa, há duas configurações a preencher: a impressora (destacado em vermelho) e o tipo de filamento (destacado em amarelo) (Figura 30).

Neste estudo optamos pelo filamento PLA (poliácido láctico), cor branco perola que, segundo Sampaio (2017), é um termoplástico de origem vegetal e de maior facilidade na impressão sendo indicado para peças que não necessitam de muitos acabamentos após a impressão.

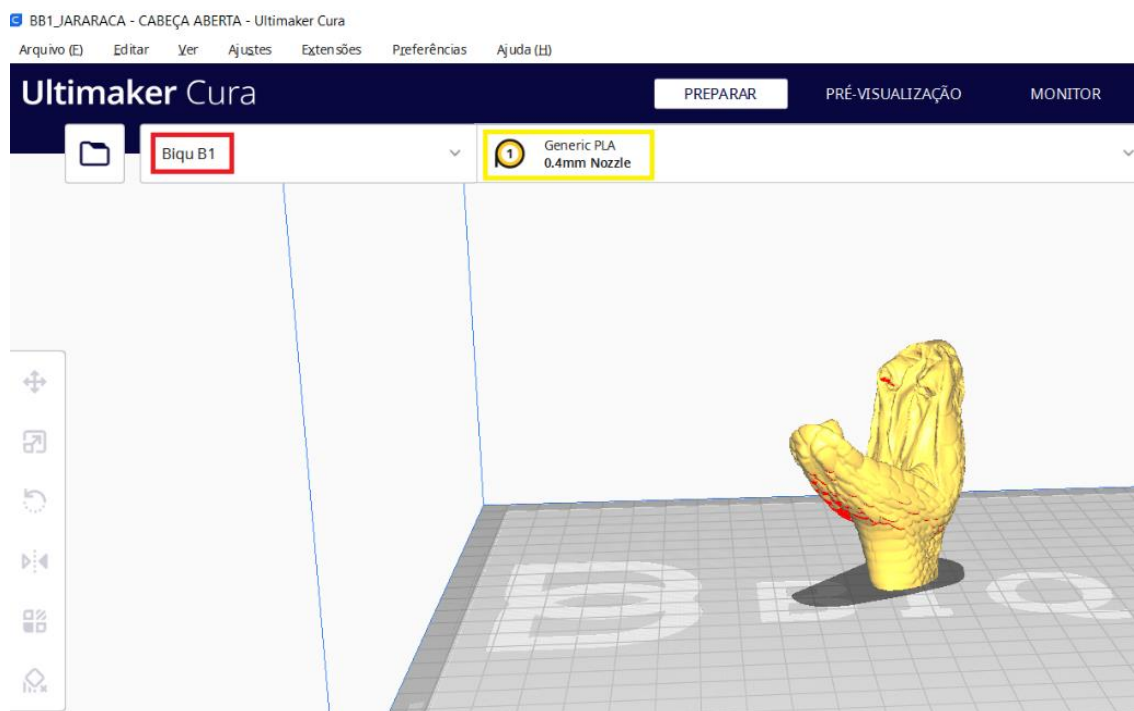


FIGURA 30. *Software Ultimaker Cura e seus comandos básicos.*

Fonte: Acervo pessoal.

Feito isso, foram definidos os parâmetros para a impressão de todos os modelos, como a altura da camada a espessura da parede; quantidade de camadas na parede espessura do topo e base; padrão do preenchimento; temperatura do bico e mesa; velocidade de impressão; velocidade da ventoinha e a criação de suporte em modo “Árvore” (*tree*), com preenchimento de 5%, responsáveis por manter a integridade da peça 3D durante a impressão e, por fim, adesão à mesa (Figura 31).



FIGURA 31. Criação de um suporte em modo “Árvore”.

Fonte: Acervo pessoal

Neste contexto, foram definidos os seguintes parâmetros indicados na Tabela 1 para todas as peças impressas na impressora *BIQU B1*:

TABELA 1. Parâmetros básicos usados na primeira impressão dos modelos 3D.

PARÂMETRO	VALOR
Filamento	PLA
Altura da camada	0.12mm
Espessura da parede	1.2mm
Quantidade camadas na parede	3
Espessura do topo e da base	0.84mm
Preenchimento	5% cúbico
Temperatura do bico	190°C
Temperatura da mesa	70°C
Velocidade de impressão	60mm/s
Velocidade da ventoinha	100%
Suporte	Modo árvore – 5 %
Adesão à mesa	Brim – 8mm

Fonte: Acervo pessoal.

3.3.4. *Software CAD Meshmixer*: cortes digitais estratégicos nos crânios das serpentes

Neste estudo, adotou-se uma estratégia que começou com o aumento diversificado na escala dos crânios das diferentes espécies de serpentes em relação ao tamanho original. Para realizar esse ajuste, foi empregado o *software CAD Meshmixer*, o qual possibilitou identificar áreas que necessitavam de suporte e que poderiam ser otimizadas por meio de segmentos estratégicos. A fragmentação delineada foi seguida pela aplicação de um procedimento de divisão digital no meio de todos os crânios (Figura 32).

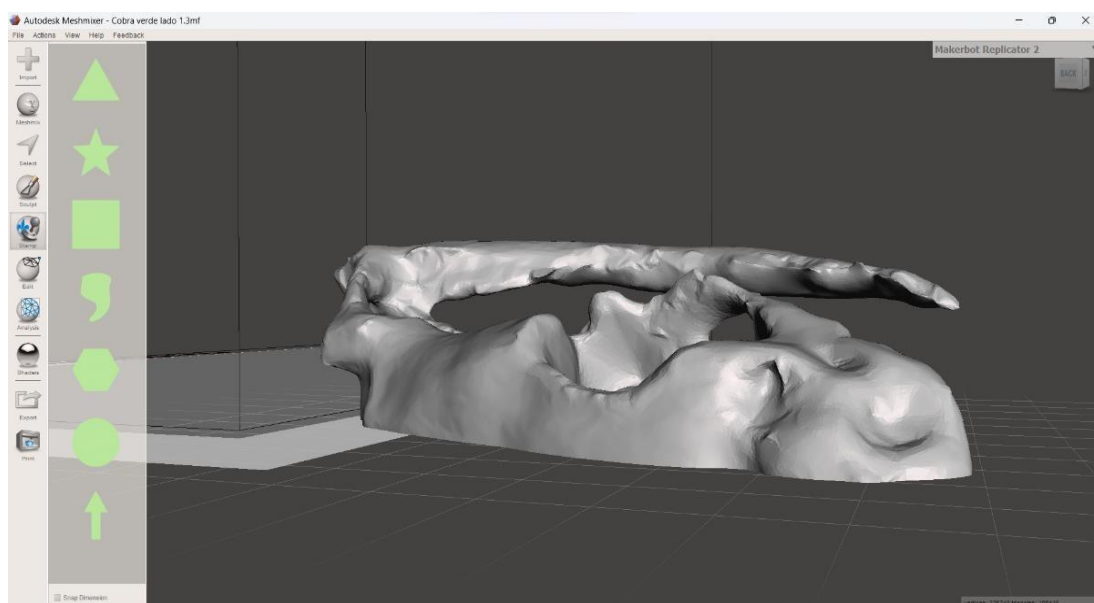


FIGURA 32. Divisão digital no centro do crânio da cobra-verde utilizando o *software CAD Meshmixer*.

Fonte: Acervo pessoal.

Após este processo, foram geradas duas partes simetricamente divididas no plano sagital: uma seção direita e outra esquerda, com intuito principal de melhorar a eficiência da produção em 3D, diminuindo o risco de falhas e simplificando a remoção de suportes pós-impressão (3D *Print academy* impressão 3D *pro e maker*, 2010).

Houve também a incorporação de pequenos pinos nos modelos 3D dos crânios como meio de unir duas partes e está apresentou-se como uma alternativa técnica amplamente difundida para otimizar a montagem e funcionalidade de objetos fabricados por meio da impressão 3D (3D *Geek show* impressão 3D, 2018). Nesse contexto, a implementação de orifícios, adaptados para a inserção dos pinos quadrados, que foram integrados à base das peças, a fim de assegurar o encaixe das seções esquerda e direita (Figura 33).

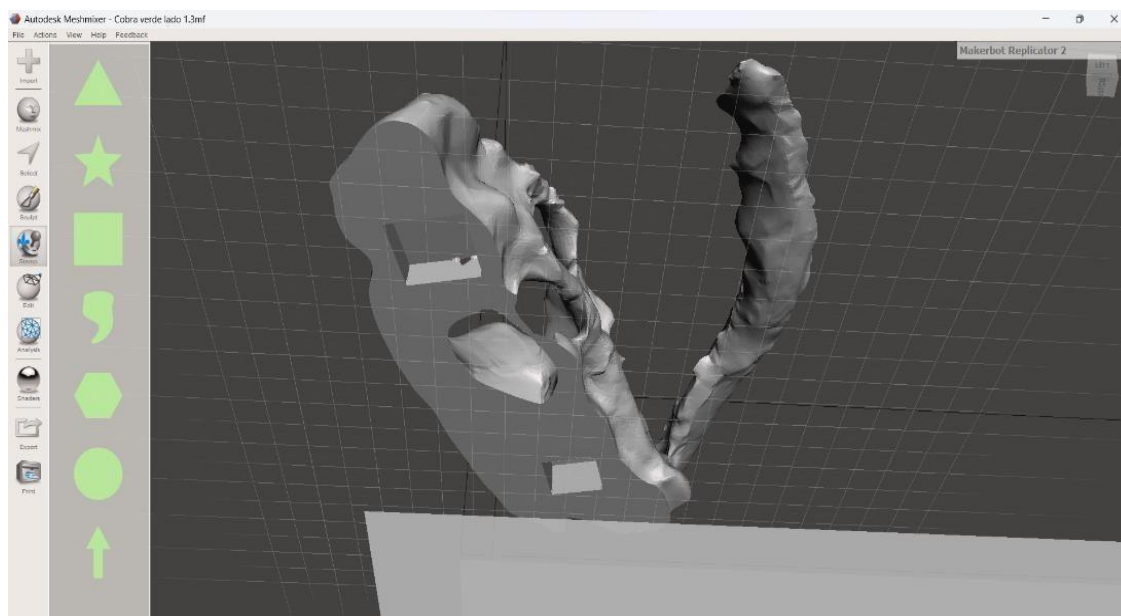


FIGURA 33. A implementação de orifícios para o encaixe de pequenos pinos quadrados na base dos crânios.

Fonte: Acervo pessoal.

3.3.5. Planejamento para a manufatura aditiva dos modelos virtuais utilizando a impressora *ENDER 3*

Nesta segunda etapa de fabricação aditiva, integramos a tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), sendo empregada a impressora 3D *ENDER 3*, fabricada pela *Creality*.

Demonstrando um compromisso com a qualidade na manufatura aditiva, efetuamos ajustes personalizados utilizando do fatiador *Ultimaker Cura*, ao selecionar parâmetros básicos, detalhados na Tabela 2 que abrangem vários elementos como a matéria prima; altura da camada; temperatura da mesa e bico; velocidade e suporte/aderência.

TABELA 2. Parâmetros básicos usados na segunda impressão dos modelos 3D dos crânios ampliados.

PARÂMETRO	VALOR
Filamento	PLA
Altura da camada	0,1mm
Temperatura do bico	200°C
Temperatura da mesa	60°C
Velocidade de impressão	45mm/s
Suporte/Aderência	Sim/Sim

Fonte: Acervo pessoal.

Dentre esses ajustes, destaca-se a decisão estratégica de aumentar a temperatura do bico e reduzir temperatura e velocidade de impressão. Essas modificações foram implementadas com o objetivo otimizar ainda mais a qualidade do processo de impressão dos recursos 3D.

Na Tabela 3, são apresentados dados detalhados sobre os ajustes realizados na escala dos crânios, preenchimento, tempo estimado das impressões (em horas e minutos) e a quantidade de material necessária (metros, centímetros e gramas). Essa compilação oferece informações completas e precisas das variáveis envolvidas, essenciais para a replicação bem-sucedida do processo.

TABELA 3. Dados detalhados aos ajustes realizados nos crânios ampliados.

ESCALA DO CRÂNIO 3D	PREENCH.	TEMPO (H/Min)	QUANTIDADE DE MATERIAL (M/Cm) (G)	
Jararaca (Parte 1 e 2) 400 vezes	50%	18:51	20,79	63
Cascavel (Parte 1 e 2) 350 vezes	30%	27:47	29,45	88
Cobra-verde (Parte 1 e 2) 400 vezes	30%	14:22	11,28	34
Jiboia (Parte 1 e 2) 150 vezes	50%	41:06	43,95	131

Fonte: Acervo pessoal.

Na segunda impressão dos modelos 3D das cabeças, pele e guizo da cascavel, as configurações que inclui a altura da camada, temperatura da mesa e do bico, velocidade permaneceram consistentes apresentadas na Tabela 2.

As diferenças notáveis incluíram parâmetros com valores distintos nos modelos 3D das cabeças, pele e guizo da cascavel com relação ao preenchimento suporte e aderência, juntamente com variações tanto no tempo estimado quanto na quantidade de material utilizado, expressa em metros e gramas na tabela 4. As seguintes modificações foram estrategicamente efetuadas com o intuito de melhorar aspectos particulares relacionados à impressão e obter os resultados desejados para as partes específicas da cabeça, pele e guizo da cascavel. Essa abordagem personalizada demonstra uma adaptação consciente das configurações.

TABELA 4. Parâmetros com valores distintos na segunda impressão dos modelos 3D das cabeças, pele e guizo da cascavel.

ESCALA DA PEÇA 3D	PREENCH.	SUORTE/ ADERÊNCIA	TEMPO (H/Min)	QUANTIDADE DE MATERIA (M/Cm) (G)	
Jararaca de veludo Boca aberta Escala real	30%	Não/Sim	03:45	5,85	17
Cascavel Boca fechada 250 vezes	0%	Não/Não	06:38	9,65	29
Cascavel Boca aberta 250 vezes	30%	Sim/Sim	20:42	39,57	118
Cascavel Boca aberta Escala real	40%	Não/Não	02:27	2,96	9
Pele da cascavel Escala real	40%	Não/Não	02:17	3,55	11
Guizo 200 vezes	40%	Não/Sim	03:15	4,40	13
Guizo Escala real	40%	Não/Sim	01:07	0,71	2
Cobra-verde Escala real	30%	Não/Não	01:39	1,94	6
Jiboia Escala real	30%	Não/Sim	02:23	3,69	11

Fonte: Acervo pessoal.

Neste momento, na fase final do processo, ocorreu a conversão dos arquivos STL, que foram originados pelo software do scanner EXScan S v3.1.0.1 para o formato mais contemporâneo e amplamente adotado 3MF (Manufacturing Format), mediante a utilização do software Ultimaker Cura.

Além dos parâmetros de impressão, também consideramos cuidadosamente o processo de pós-produção para otimizar a acessibilidade dos modelos 3D. Uma abordagem específica foi a escolha do PLA (poliácido láctico) na cor preta, visando obter um contraste de cores e ampliando assim a utilidade dos modelos para fins didáticos e educacionais.

Devido a esta escolha, houve a necessidade de pintar os orifícios sensoriais e outros detalhes mais relevantes das peças em 3D em PLA preto, utilizando tintas nas cores amarela e branca. Esta abordagem cria um forte contraste visual, facilitando a identificação e compreensão dos detalhes anatômicos pelos usuários com baixa visão, mas também, as diferentes cores enfatizam os pontos de referência essenciais para a visibilidade e clareza, ampliando assim a aplicabilidade dos modelos no ensino.

Para nos aproximar ao máximo das cores reais das serpentes, optamos pelo uso do PLA branco pois este permite a aplicação, fixação e aderência das tintas mais facilmente. Usamos tintas epóxi a base água (Suvinil) nas cores verde, preto, bege, vermelho e tons de marrom claro e escuro e um kit com 12 pincéis nos tamanhos de números 0 a 20 e nos formatos chato, redondo e longo.

A seleção das cores foi feita de maneira estratégica para a identificação e compreensão das principais espécies de serpentes contribuindo com uma representação mais fiel e instrutiva, enriquecendo assim, o processo de aprendizagem e garantindo uma experiência educativa rica e informativa para pessoas com baixa visão bem como para aquelas que são videntes.

3.3.6. Modelagem 3D dos padrões de locomoção em serpentes utilizando o software *Fusion 360*

O *software Fusion 360* foi empregado para modelagem orgânica dos quatro trajetos específicos percorridos pelas serpentes durante a locomoção, que são: serpentino, retilíneo, ondulatório lateral e sanfonado. Na etapa inicial executado no ambiente de modelagem do *software Fusion 360*, foi gerado um sólido tridimensional simulando os movimentos de locomoção. Este sólido foi materializado na forma de seis placas, cada uma com características bem definidas, medindo 20x11x1,5x2 cm (C x L x A x D). Além disso, uma outra placa criada com dimensões de 15x11x1,5x2 cm (C x L x A x D).

Nas operações de modelagem para criar a geometria desejada, incluímos o uso de ferramentas de esboço, como linhas e círculos, para delinear os diferentes trajetos de locomoção. Após o esboço, prosseguiu-se para a etapa de extrusão, onde definimos a altura da geometria resultante. A metodologia também incluiu a fase de refinamento, usando operações no *Fusion 360* para aprimorar o modelo. Isso inclui a aplicação de filetes nas arestas de cada sólido para suavizar as bordas e cantos afiados, em busca de estética e nos benefícios práticos, como o de tornar a peça 3D mais confortável, segura

no manuseio além de aumentar sua durabilidade e resistência. Este processo permitiu criar e aperfeiçoar a representação tridimensional dos quatro movimentos das serpentes.

3.4. Roteiro da audiodescrição com código de barras bidimensional (*Qr Code*) tátil e textos impressos ampliados

Dezessete roteiros foram elaborados para as audiodescrições (Apêndice A), visando exibir as características das serpentes mediante o uso de áudio ou texto descritivo acessíveis, seguindo todas as normativas da audiodescrição e técnicas para a criação de conteúdo de aprendizado inclusivo. O conteúdo deste material passou pela consultoria de audioescritora do Instituto Laramara, Associação Brasileira de Assistência à Pessoa com deficiência visual, a qual é uma referência no Brasil e América Latina. O trabalho passou também por uma consultoria em que a audiodescritora era cega e com formação na área, com o propósito de tornar a comunicação mais inclusiva e acessível para gravação sonora e o texto audiodescritivo.

Para garantir a qualidade e a efetividade deste material complementar, os roteiros das audiodescrições foram impressos em fonte com nível de acessibilidade, letras ampliadas, alto contraste de cores (fundo preto e letra branco) e acompanhados de *Qr Codes* (Figura 34).

O processo de geração dos *Qr Codes* envolveu a realização de gravações utilizando o gravador de áudio do *smartphone* Motorola modelo G8 Power. Em seguida os arquivos das audiodescrições foram armazenados no *Google Drive*, o qual disponibiliza links dos mesmos, sendo estes incorporados aos *Qr Codes* criados na plataforma *Canva*.

Com o intuito de tornar os códigos gerados no *Canva* acessíveis para pessoas com deficiência visual, utilizou-se uma técnica improvisada, desenvolvido mediante o uso de uma folha de papel A4, com gramatura de 150 g/m², a qual foi perfurada cuidadosamente com o auxílio de uma agulha de costura, formando um padrão quadrado em torno dos códigos *Qr Codes*.

Esta abordagem garantiu com que pessoas cegas e de baixa visão pudessem identificar, explorar e escanear os códigos obtendo acesso direto às audiodescrições das peças 3D pelo tato. Essa técnica improvisada demonstra a importância de buscar soluções criativas e adaptadas para promover a acessibilidade em diferentes contextos.



FIGURA 34. Textos ampliados impressos em uma folha A4, gramatura 150 g/m2.

Fonte: Acervo pessoal.

3.4.1. Placas projetadas em Braille

Placas em Braille foram criadas com texto em relevo, fonte Arial e, para proporcionar alto contraste, fundo azul, letras brancas com uma segunda parte da placa apresentando fundo preto contendo o sistema em Braille na cor branca. Além disso, a placa incluiu o *Qr Code* impresso em tinta, acompanhado por uma borda em relevo para melhor identificação tátil. Estas sinalizações serão testadas pelas pessoas com deficiência visual, participantes desta pesquisa, por meio de questionários para verificar o sistema Braille e o potencial do contraste de cores.

3.4.2. Validação dos recursos acessível nos espaços educativos

O pré-teste dos modelos em 3D e audiodescrição foi realizado em dois locais na cidade de Botucatu, na Escola Estadual Professor Pedro Torres e no Núcleo de Atendimento Pedagógico Especializado Alcir de Oliveira (NAPE). A primeira possui uma sala de recursos multifuncionais, com atendimento educacional especializado e a presença de uma professora da área de educação especial (Figura 35a), enquanto que, o

NAPE trata-se de um espaço de referência em aprendizagem para pessoas com deficiência visual e auditiva em todo o Brasil (Figura 35b).



FIGURA 35. Pré-teste dos modelos em 3D. (a): Escola Estadual Professor Pedro Torres; (b): Núcleo de Atendimento Pedagógico Especializado Alcir de Oliveira (NAPE).

Fonte: Acervo pessoal.

Durante a aplicação dos questionários, registrou-se as respostas e interações dos participantes da pesquisa, empregando o gravador de áudio do *smartphone* Motorola G8 Power. Estas respostas serão posteriormente analisadas qualitativamente com o intuito de identificar as principais percepções compartilhadas e os *insights* relacionados à compreensão das serpentes por pessoas com deficiência visual.

Aos estudantes menores de idade, foi enviado o Termo de Consentimento dos pais solicitando a autorização de imagem e gravação de áudio, com o intuito de garantir a ciência e concordância dos responsáveis legais (Apêndice B). Aos participantes maiores de idade, foi solicitado a assinatura do referido termo para o uso de suas imagens e gravação áudio, visando informar sobre os fins relacionados à pesquisa. Essas medidas buscam proteger os direitos e privacidade dos participantes, assegurando seu consentimento voluntário na participação no estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Preparo dos crânios para o escaneamento 3D

Este estudo fundamentou-se nos critérios estabelecidos na herpetologia para a identificação de serpentes peçonhentas e não peçonhentas, conforme mencionado por Silva (2018) no qual, o exame da dentição, é amplamente empregado como um indicador crucial.

Para a preparação dos crânios das serpentes, empregou-se procedimentos osteológicos os quais permitiram a identificação precisa das características anatômicas e das diferentes dentições, fundamentais para distinguir as serpentes peçonhentas das não peçonhentas. A limpeza mecânica dos crânios, que inclui a remoção da pele, olhos, língua e tecidos moles, foram realizadas cuidadosamente visando preservar as estruturas importantes (Figura 36a e 36b). Vale ressaltar que esta etapa exige cuidados redobrados durante a remoção da pele para não perder nenhuma das estruturas, pois tudo é preso muito superficialmente entre os elementos musculares e ósseos.

O descarneamento do sistema muscular inferior exigiu cautela na manipulação do animal, mesmo que morto. Nas espécies peçonhentas, tomou-se precaução para evitar o contato com as presas, que são afiadas e podem perfurar facilmente o operador (a). Para esta etapa, utilizamos pinça e tesoura para facilitar e acelerar o processo de remoção do tecido muscular (Figura 36c). Com a remoção máxima de pele e músculos, os crânios foram desassociados da coluna vertebral e, para finalizar a limpeza mecânica, procedeu-se à extração do sistema nervoso no interior da caixa craniana, utilizando uma agulha (Figura 36d). Por meio desta abordagem metodológica foi possível o desenvolvimento dos recursos educacionais adaptados para pessoas com deficiência visual.



FIGURA 36. Limpeza mecânica. (a): Retirada de estruturas biológicas; (b): Remoção da pele; (c): Remoção do tecido muscular; (d): Extração do sistema nervoso.

Fonte: Acervo pessoal.

4.2. Fixação adequada para o escaneamento 3D

Um dos passos cruciais para garantir êxito nas digitalizações, com certeza, foi o da elaboração de estruturas adequadas para a fixação dos animais (Figura 37).



FIGURA 37. Diferentes tipos de suportes de apoio.

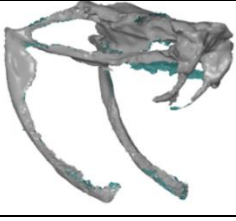
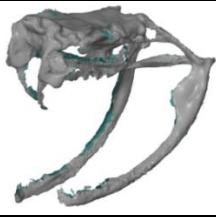
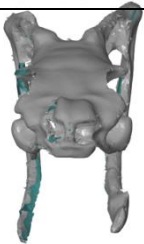
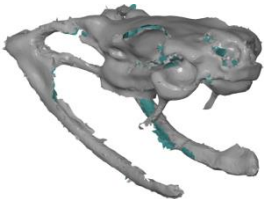
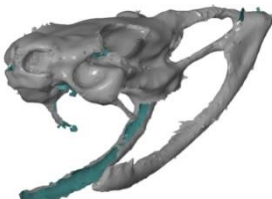
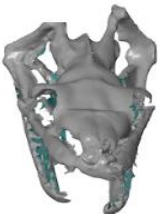
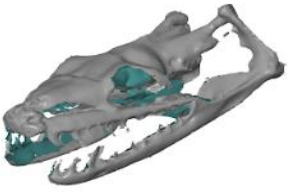
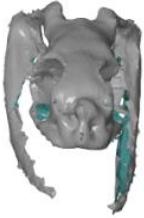
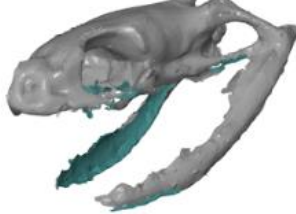
Fonte: Acervo pessoal.

Os suportes 1 e 2 foram cuidadosamente projetados para acomodar as serpentes de forma segura e estável, permitindo que elas fossem posicionadas de maneira ideal para a captura das imagens em 3D. Com a devida fixação, evitou-se o máximo possível de movimentos indesejados que pudessem prejudicar a qualidade das digitalizações. Além disso, a utilização das estruturas também proporcionou um ambiente controlado durante a varredura digital, minimizando possíveis interferências externas e garantindo uma coleta de dados mais precisa, consistente e confiável.

4.3. Importação, análise e correção das malhas 3D: as limitações e soluções com o *Software GOM Inspect Suite*

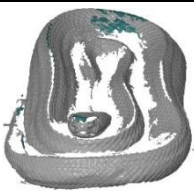
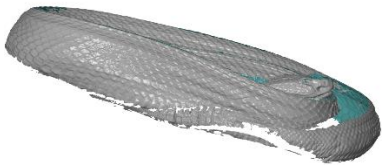
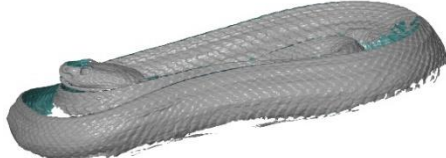
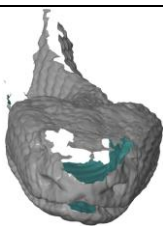
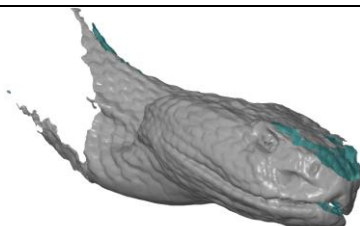
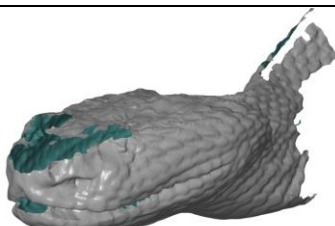
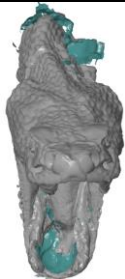
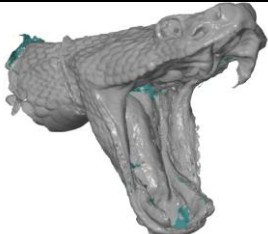
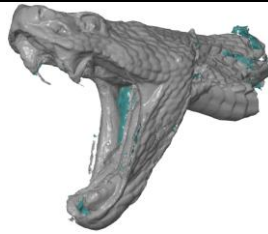
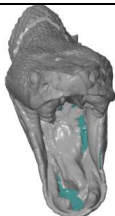
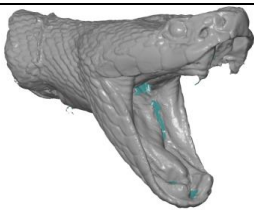
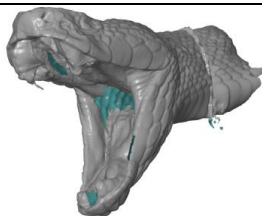
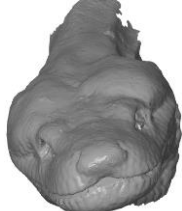
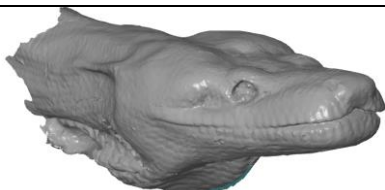
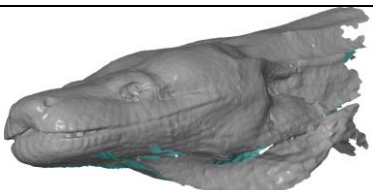
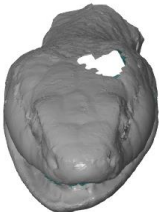
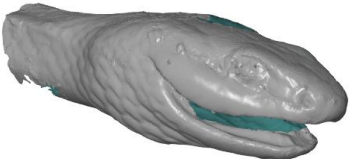
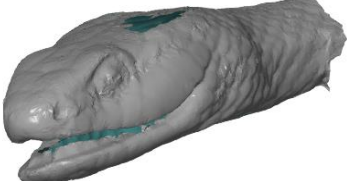
Para as etapas de importação, análise e edição das imagens 3D, empregou-se o Programa *Gom Inspect Suite* e as malhas geradas encontram-se apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Malhas geradas no escaneamento 3D.

Posição		
Frontal	Lateral esquerdo	Lateral direito
Malha 1-Guizo		
		
Malha 2-Cascavel		
		
Malha 3- Jararaca		
		
Malha 4- Jiboia		
		
Malha 5- Cobra-verde		
		

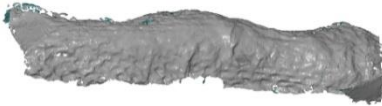
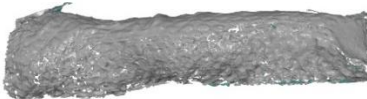
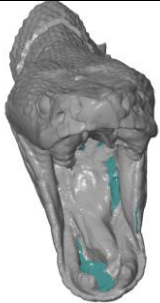
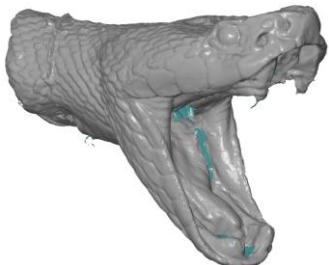
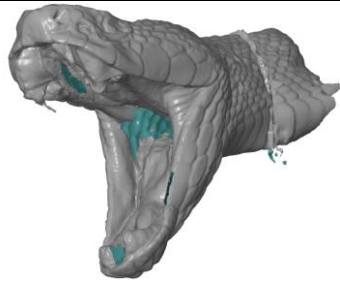
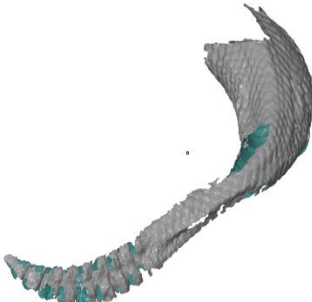
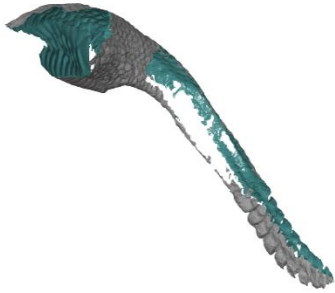
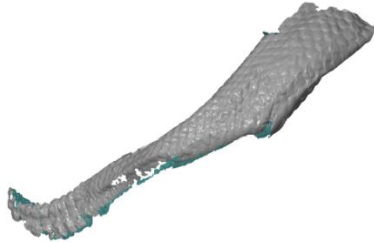
Fonte: Acervo pessoal.

QUADRO 1. Malhas geradas no escaneamento 3D.

Posição		
Frontal	Lateral esquerdo	Lateral direito
Malha 1- Pele da cascavel (escama quilhada)		
		
Malha 2-Cascavel		
		
Malha 3- Cascavel de boca aberta		
		
Malha 4- Jararaca de veludo		
		
Malha 5- Jiboia		
		
Malha 6- Cobra-verde		
		

Fonte: Acervo pessoal.

QUADRO 1. Malhas geradas no escaneamento 3D.

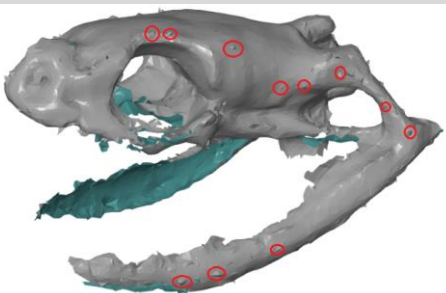
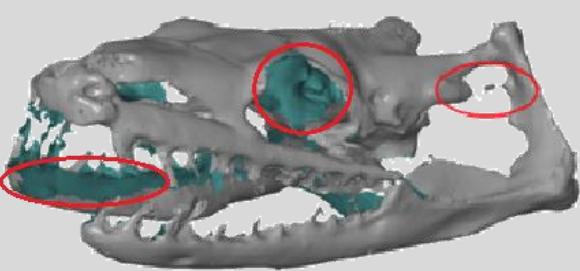
Posição		
Frontal	Lateral esquerdo	Lateral direito
Malha 1- Ecdise cobra-verde (escama lisa)		
		
Malha 2- Jararaca de veludo		
		
Malha 3- Cauda Jararaca		
		
Malha 3- Cauda Cascavel		
		

Fonte: Acervo pessoal.

Ao analisarmos as malhas digitais, foram identificados alguns problemas decorrentes das limitações tecnológicas durante o processo de captura da nuvem de pontos. Esses problemas afetam a precisão e a veracidade dos modelos 3D, podendo impactar uso posterior das informações na manufatura aditiva. A seguir, no Quadro 2, encontram-se numerados e detalhados os resultados obtidos após a análise dos modelos virtuais digitalizados.

- 1) Oclusão na malha 3D que são aberturas, usualmente nomeados de buracos ou furos;
- 2) Saliências de triângulos em regiões que são consideradas lisas e áreas com muitos triângulos que se cruzam e que não se conectam;
- 3) Lacunas nos crânios, principalmente nas regiões dos ossos palatinos, localizados internamente na parte superior da boca, nas superfícies maxilares e columela, devido à baixa capacidade de precisão ao captar a geometria e a espessura de pequenas estruturas dos modelos originais no momento da varredura 3D.

QUADRO 2. Problemas que surgiram mediante a análise das malhas 3D.

Problema	Exemplo
Oclusão na malha 3D	
Saliências de triângulos na malha 3D	
Lacunas na malha 3D	

Fonte: Acervo pessoal.

A qualidade dos resultados obtidos por meio do escaneamento 3D pode variar significativamente com base na tecnologia e resolução do equipamento utilizado. Essas variações são especialmente perceptíveis em objetos complexos ou com detalhes intrincados, onde as limitações podem ser mais proeminentes. Para lidar com essas limitações e melhorar a qualidade dos modelos, foram empregadas técnicas de pós-processamento, utilizando o programa *GOM Inspect*, as quais se mostraram essenciais na correção e redução dos defeitos encontrados na nuvem de pontos, tornando-a mais precisa e fidedigna à realidade. Cristo et al. (2018) apontam que, além de visualizarmos o *layout* dos modelos tridimensionais, esses *softwares* também possibilitam a geração de arquivos STL (*Standard Tessellation Language*). O formato STL é composto por triângulos que descrevem a geometria do modelo, tornando-o adequado para impressões em 3D sendo

extensamente empregado nessa indústria, já que é compatível com a maioria das impressoras 3D atualmente disponíveis no mercado.

Ao final, as malhas 3D geradas exibiram o antes e depois do tratamento dos arquivos digitais (Figura 38).

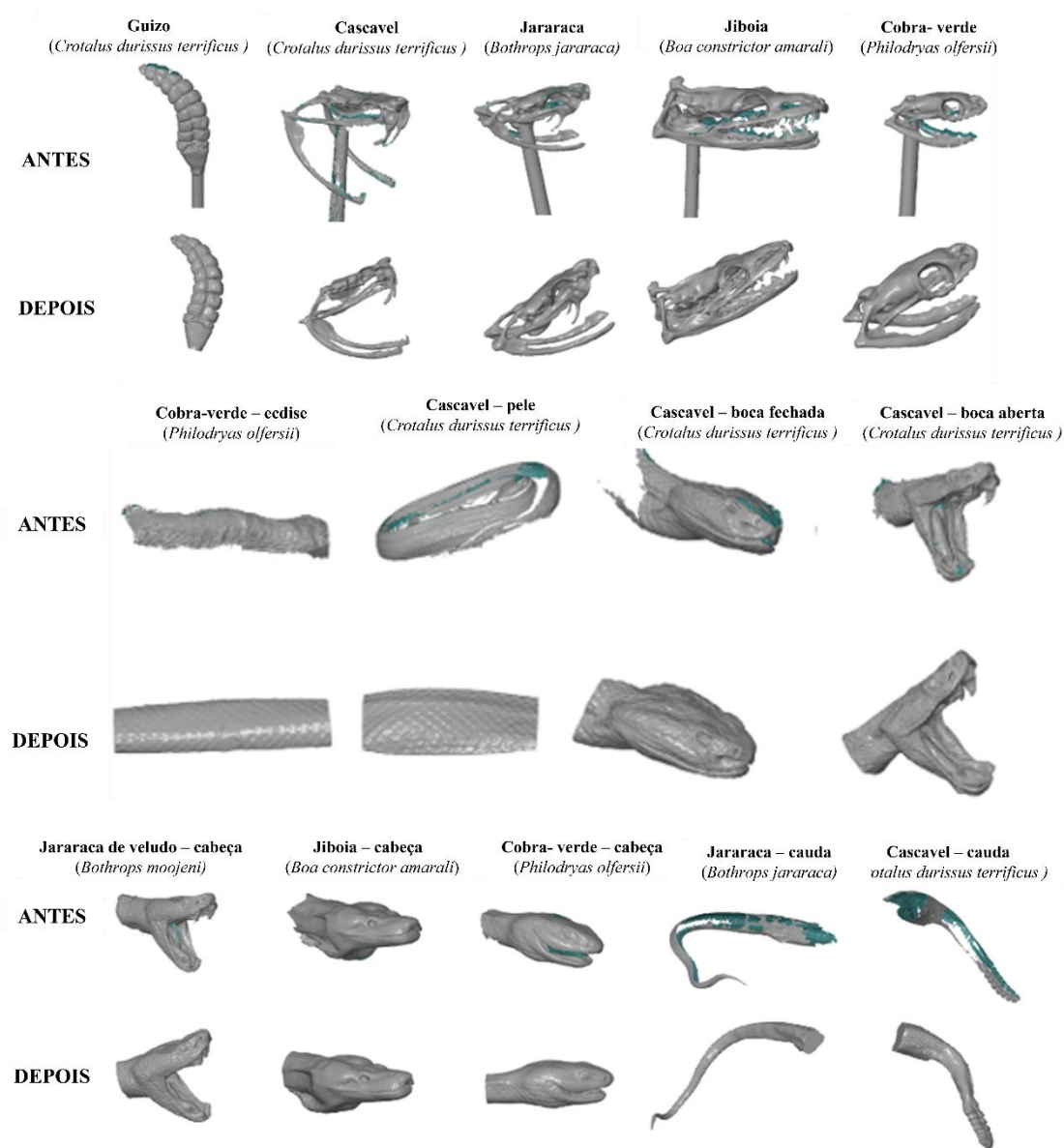


FIGURA 38. Malhas 3D geradas exibindo o antes e depois da edição dos arquivos digitais.

Fonte: Acervo pessoal.

4.4. Benefícios da imagem digital em tempo real no escaneamento 3D de serpentes

Compreender os defeitos identificados pelo *software* de modelagem 3D é fundamental para a correta interpretação dos resultados e ainda facilitar a busca por possíveis soluções uma vez que, no contexto da aplicação prática, demandas e critérios específicos surgem.

Em suma, a possibilidade de observar a imagem computacional sendo atualizada em tempo real, a cada passo da rotação no escaneamento 3D (Figura 39), permitiu uma análise mais detalhada e precisa das estruturas anatômicas das serpentes e, conseqüentemente, melhor compreensão das digitalizações 3D e seus passos.



FIGURA 39. Imagem computacional mostrando atualização em tempo real.

Fonte: Acervo pessoal.

Além disso, a captura digital em 3D em tempo real das estruturas anatômicas proporcionaram uma forma mais eficiente de documentação e registro dos dados desta pesquisa pois pudemos visualizar e verificar os dados coletados de forma imediata, elevando a qualidade e a confiabilidade dessas estruturas. Outra vantagem foi a facilidade em gerar uma discussão mais ampla e colaborativa sobre os achados como, por exemplo, uma situação onde identificamos uma limitação de origem digital ao capturar a pele

(escama lisa) da serpente *Philodryas olfersii*, a cobra-verde. A nuvem de pontos gerada durante o processo de escaneamento 3D não se mostrou ideal, ficando bastante distorcida devido ao escurecimento das escamas causado pela exposição na solução aquosa de álcool etílico 70% e à radiação ultravioleta.

4.5. A manufatura aditiva dos modelos virtuais com a impressora *BIQU B1*

As peças impressas tridimensionalmente conseguiram reproduzir de forma satisfatória as cabeças das serpentes das famílias de não peçonhentas *Boidae*, a *Boa constrictor amarali*; e a *Colubridae*, *Philodryas olfersii* em escalas real e ampliada (Figura 40).



FIGURA 40. Peças impressas das espécies não peçonhentas.

Fonte: Acervo pessoal.

Das serpentes peçonhentas das famílias *Viperidae*, *Crotalus durissus terrificus* foram impressas a cabeça, pele e guizo nas duas escalas além da cabeça da *Bothrops moojeni* em escala real (Figura 41).



FIGURA 41. Peças impressas das espécies peçonhentas.

Fonte: Acervo pessoal.

Todos os modelos 3D foram representados com fidedignidade pela impressora 3D, oferecendo boa resistência mecânica no sentido tátil, o que é fundamental para o trabalho visto se tratar de um material didático a ser validado por pessoas com deficiência visual mediante o toque das mãos.

O material educativo elaborado não apresentou nenhum problema no momento da prototipagem rápida. No entanto, a impressão 3D do modelo craniano da serpente (Figura 42) ficou muito fino e delicado que, ao ser removido do suporte, danificou-se. Identificamos que esse problema ocorreu, em grande parte, devido a estrutura anatômica do crânio e não pela impressão em 3D propriamente dita.

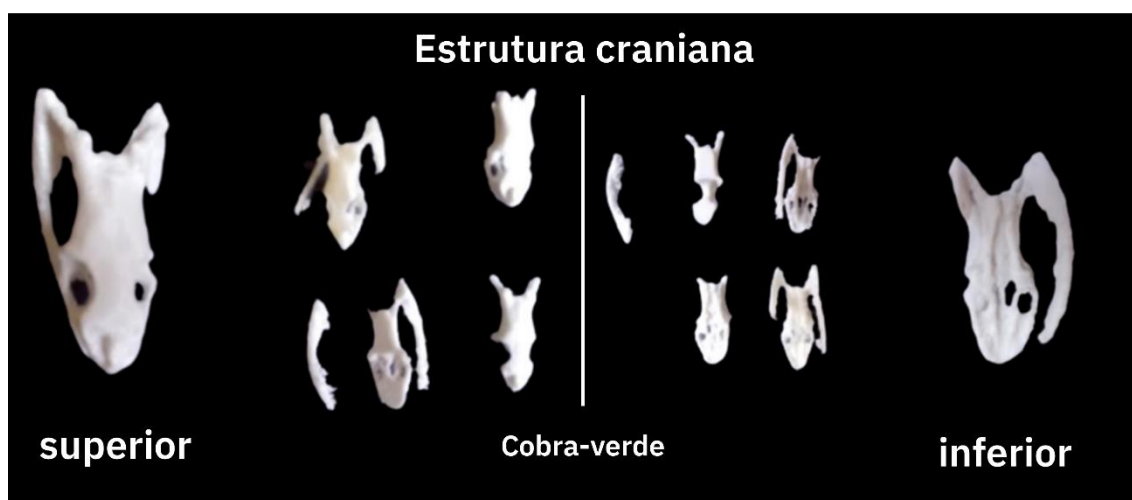


FIGURA 42. Modelos 3D, crânio da *Philodryas olfersii* (cobra-verde).

Fonte: Acervo pessoal.

4.6. O impacto dos cortes digitais realizado com *software CAD Meshmixer* e a otimização da prototipagem rápida nos modelos cranianos das serpentes

O planejamento do processo na área de prototipagem rápida não se restringe apenas à qualidade dos arquivos STL ou à modelagem. Ele abrange também a configuração dos parâmetros específicos para cada sistema no processo de impressão 3D, como a orientação adequada das peças e a geração de suportes quando necessário. Essas abordagens estratégicas influenciam diretamente a qualidade e a funcionalidade dos protótipos 3D impressos (Choi; Samavedam, 2002).

Na abordagem metodológica visando evitar a fragilização estrutural dos crânios, foi adotada a mesma técnica de modelagem por deposição fundida (FDM). No entanto, aprimorou-se esse método por meio da implementação de cortes precisos nos modelos digitais. Estrategicamente, esses cortes foram feitos para minimizar a necessidade de suportes durante o processo de impressão. A principal intenção desses cortes foi reduzir a dependência de suportes ao fabricar as peças cranianas por meio da impressão 3D. Além disso, essa tática desempenha um papel significativo na obtenção de peças finais com maior qualidade e resistência (König *et al.*, 2022).

Considerando esse contexto de aprimoramento de configurações, testamos um aumento significativo no preenchimento, passando de 5% para cerca de 30 a 50%, um aumento na temperatura do bico de 190°C para 200°C e uma redução na velocidade de impressão de 60 mm/s para 45 mm/s. Observamos uma notável melhoria no processo de impressão. As adaptações nos parâmetros de impressão demonstraram um impacto substancial na qualidade das peças finais e efetivamente solucionaram um desafio anteriormente enfrentado durante a fabricação dos modelos cranianos das serpentes. Essas alterações, aliadas aos cortes estratégicos realizados no *software Meshmixer*, desempenharam um papel fundamental na melhoria da qualidade e na usabilidade dos modelos 3D. Evidenciou-se que, essas modificações, tiveram uma função essencial no reforço da estrutura dos modelos, tornando-os mais robustos e menos suscetíveis a danos. Concomitantemente, a redução na velocidade de impressão contribuiu para um processo de fabricação mais controlado e preciso, o que resultou em uma melhoria significativa na qualidade final das peças (Figura 43).

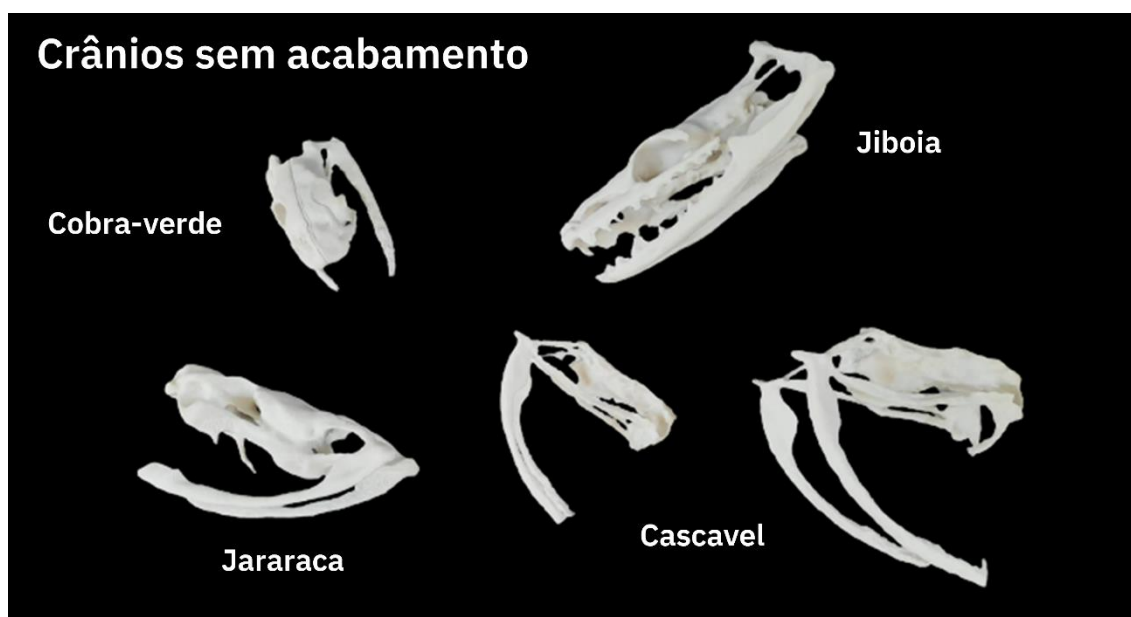


FIGURA 43. Modelos 3D dos crânios das serpentes em escala ampliada.

Fonte: Acervo pessoal.

Essa experiência demonstra a importância de ajustar minuciosamente os parâmetros de impressão com base nas características específicas das peças, mostrando como a otimização dos parâmetros pode ser a chave para superar desafios e aprimorar a qualidade de todo o processo de fabricação.

Além desta, para a impressão dos crânios, em escala real, optamos pelo método de estereolitografia (SLA). Essa escolha procedimental fundamentou-se na busca por uma solução para facilitar a reprodução precisa de três tipos diferentes de dentições. Conforme aludido por Canedo-Arguelles (1999), a impressão 3D por resina é reconhecida por sua capacidade de produzir modelos com alta fidelidade e precisão, sendo especialmente vantajosa para a reprodução de estruturas complexas.

4.7. A manufatura aditiva dos modelos 3D dos modelos virtuais

Nesta etapa de fabricação aditiva, integramos a tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*) e a impressora 3D *ENDER 3*. Esta escolha foi feita com base em critérios técnicos e funcionais que a tornam uma ferramenta destacada neste cenário. Como ressaltado por Razgriz (2022) a renomada série de impressoras 3D *ENDER*, assume um papel proeminente no contexto da fabricação aditiva. Seu prestígio é fundamentado em atributos que incluem a flexibilidade de uso, a precisão na impressão e a eficiência

operacional. Essa série conquistou uma posição de destaque no cenário internacional devido à sua versatilidade e à capacidade de oferecer resultados consistentes e de alta qualidade na impressão tridimensional.

Como parte desta análise, optamos por fazer a impressão em uma impressora diferente, passando da *BIQU B1* para a *ENDER 3*. Os resultados desta troca evidenciaram uma notável uniformidade na qualidade dos modelos impressos em ambas as impressoras (Figuras 44 e 45).



FIGURA 44. Modelos 3D das cabeças das serpentes em escala real.

Fonte: Acervo pessoal.

No decorrer do estudo, realizamos alterações marcantes nos parâmetros de impressão envolvendo alteração na altura da camada, o aumento no preenchimento, indo de 5% para aproximadamente 30 a 40% na pele da cascavel, guizo e cabeças das serpentes. Ademais, elevamos a temperatura do bico de impressão de 190°C para 200°C e reduzimos a velocidade de impressão de 60 mm/s para 45 mm/s. No entanto, é relevante destacar a redução significativa na necessidade de suportes em comparação com a configuração de impressão inicial. Esta adaptação não só influenciou positivamente a qualidade final, mas também desempenhou um papel essencial em outros aspectos do processo de fabricação. Especialmente, no que se refere à economia de material, um fator de extrema relevância em cenários de produção em larga escala. Além disso, contribuiu para a redução do tempo de impressão, um elemento bastante importante na produção em

massa das peças 3D.



FIGURA 45. Modelos 3D da cabeça, pele e guizo da cascavel em escala diversificada.

Fonte: Acervo pessoal.

Diante da consistente homogeneidade no padrão qualidade dos modelos impressos em ambas as impressoras, optamos por empregar os mesmos parâmetros iniciais da Tabela 1 na fabricação das caudas e da ecdise da cobra verde (Figura 46). No entanto, neste cenário, fizemos a opção pela utilização da impressora *ENDER 3*.

A identificação de limitação tátil e visual no modelo 3D relacionadas à representação da ecdise da cobra-verde, como a falta de resolução para detalhes das escamas lisas em formato oval, é um aspecto a ser citado. Esse desafio ressaltou a necessidade de considerar cuidadosamente as capacidades da tecnologia de escaneamento 3D. É fundamental reconhecer que a qualidade e precisão de um modelo 3D dependem inteiramente da qualidade dos dados na captura da imagem 3D. Portanto, limitações no processo de escaneamento, como a capacidade de capturar detalhes minuciosos, podem afetar diretamente a qualidade na peça física em 3D. Esses *insights* podem ser considerados um ponto de partida valioso para futuras melhorias e refinamentos no processo de escaneamento 3D.



FIGURA 46. Modelos 3D das caudas da jararaca, cascavel e a pele da cobra-verde na escala real.

Fonte: Acervo pessoal.

O *software Fusion 360* foi empregado para modelagem orgânica dos quatro trajetos específicos percorridos pelas serpentes durante a locomoção (Figura 47). Essencialmente, podemos identificar quatro tipos de locomoção em serpentes. A análise dos movimentos de locomoção das serpentes é uma abordagem fundamental para compreender como esses animais se deslocam em diferentes ambientes pois, a maneira como o fazem está intrinsecamente ligada à sua morfologia, considerando a ausência de pernas. Se movem em diversos ambientes, chão da floresta, areia, sob árvores e até mesmo na água, graças à flexibilidade e extensão da coluna vertebral, à complexa musculatura, à pele especializada e à disposição das escamas (Hu *et al.*, 2009). Essa compreensão contribui para a modelagem 3D dos movimentos e aprimoramento das representações tridimensionais.

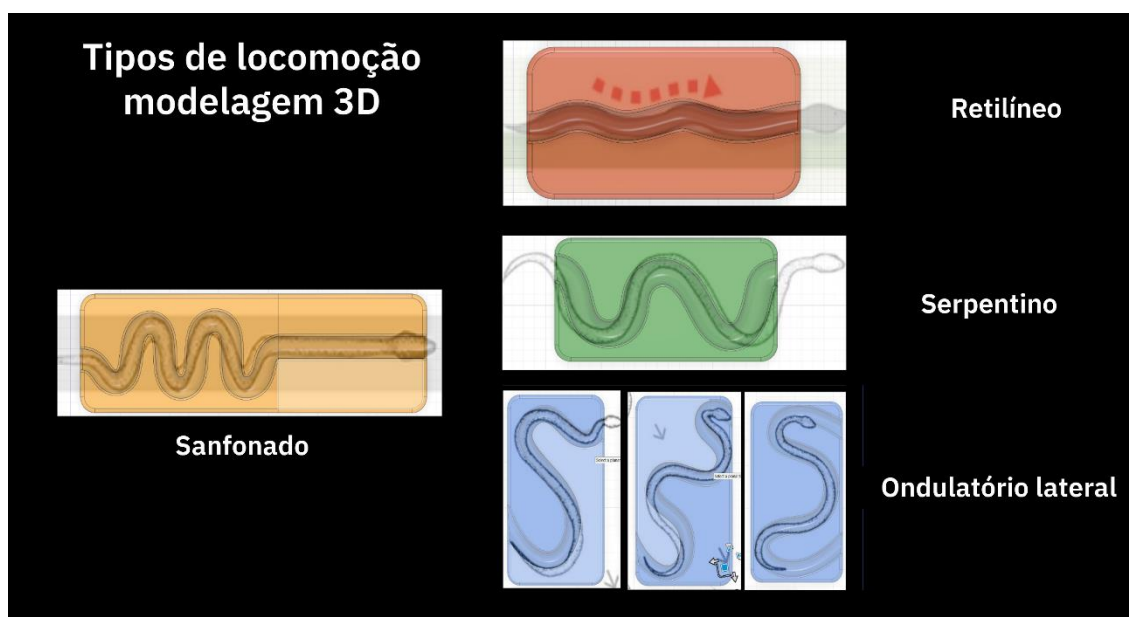


FIGURA 47. Modelagem inorgânica no *software Fusion 360* dos quatro tipos de trajetetos.

Fonte: Acervo pessoal.

4.8. Aplicação e validação dos modelos em 3D e a audiodescrição

A pesquisa parte do viés em observar o conhecimento, experiência e motivação dos participantes com deficiência visual perante os modelos tridimensionais. Em 2022, foram aplicados questionários com perguntas abertas e fechadas com o intuito de entrevistar os participantes, para obter *insights* sobre as percepções e opiniões em relação aos modelos 3D e as audiodescrições (Apêndice C). As sondagens das opiniões foram divididas em duas partes para a coleta de informações que envolveu seis participantes, abrangendo uma extensa faixa etária e níveis de escolaridade. O primeiro participante, com 12 anos de idade, estava cursando o 5º ano na época. O segundo, com 18 anos, estava no 3º ano do ensino médio. O terceiro participante, com 44 anos, com formação no ensino superior e uma pós-graduação em educação inclusiva. Uma quarta participante, com 12 anos de idade, cursando o 7º ano. A quinta, de 17 anos, no 9º ano e, por fim, a sexta participante, com 15 anos, no 1º ano do ensino médio.

A primeira parte do questionário, coletou-se informações das pessoas com deficiência visual incluindo dados como nome, cidade, idade, e a condição visual (cegueira ou baixa visão), bem como possibilitou compreender o nível de conhecimento e suas curiosidades sobre a temática das serpentes. A segunda parte avaliou a experiência

tátil com os modelos 3D e a efetividade da audiodescrição. Um plano de aula também foi desenvolvido para orientar o processo de ensino sobre as serpentes (Apêndice D).

A aplicação dos questionários foi realizada de forma presencial sendo que, para o estudante 1 com baixa visão (Figura 48), foi necessário dividir a aplicação em três dias, totalizando 3 horas de atuação. A aplicação para o estudante 2 com deficiência total (Figura 49) durou cinco dias totalizando 6 horas e 25 minutos e, o participante 3 com deficiência total, funcionário do NAPE, foram necessários 2 dias com 3 horas e 20 minutos (Figura 50). A estudante 4 baixa visão teve um período de aplicação que se estendeu por 3 horas e 35 minutos, distribuídos ao longo de 4 dias (Figura 51). A estudante 5 baixa visão participou da pesquisa durante 4 dias, com uma duração total de 4 horas e 40 minutos (Figura 52). Finalmente, a estudante 6 baixa visão passou um tempo de 5 horas e 07 minutos na interação, também distribuídos ao longo de 4 dias (Figura 53).

Essas informações foram coletadas com o intuito de examinar de que maneira a experiência de interação com os modelos tridimensionais variou entre os participantes com deficiência visual. As análises correspondentes a cada participante serão apresentadas de forma detalhada.



FIGURA 48. Estudante 1, Escola Estadual Professor Pedro Torres.

Fonte: Acervo pessoal



FIGURA 49. Estudante 2, Escola Estadual Professor Pedro Torres.

Fonte: Acervo pessoal.



FIGURA 50. Participante 3, Núcleo de Atendimento Pedagógico Especializado Alcir de Oliveira (NAPE).

Fonte: Acervo pessoal.



FIGURA 51. Estudante 4, Escola Estadual Professor Pedro Torres.

Fonte: Acervo pessoal.

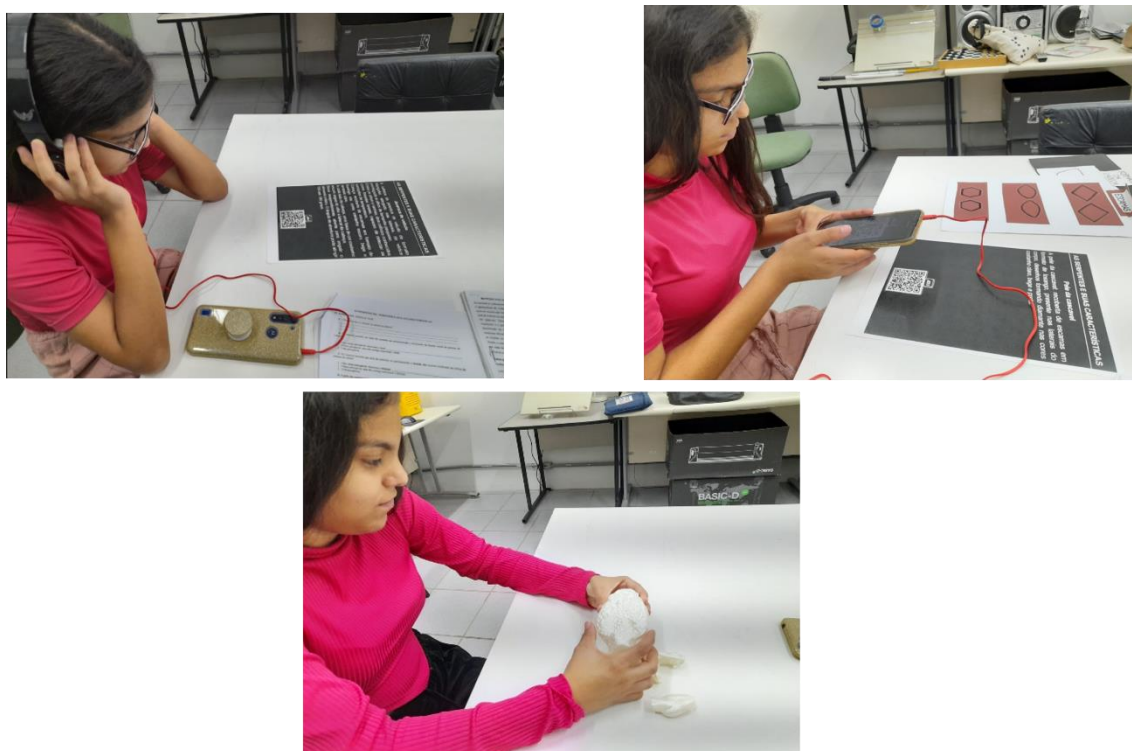


FIGURA 52. Estudante 5, Escola Estadual Professor Pedro Torres.

Fonte: Acervo pessoal.

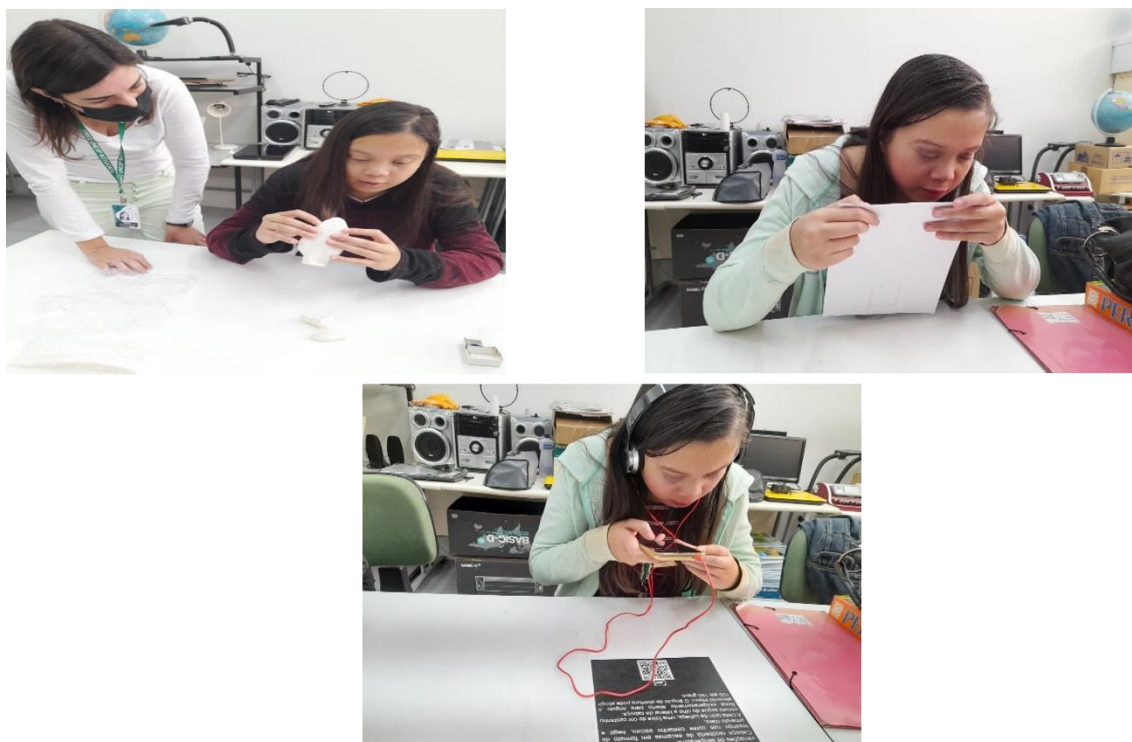


FIGURA 53. Estudante 6, Escola Estadual Professor Pedro Torres.

Fonte: Acervo pessoal.

O estudo de Domingues *et al.* (2010) ressalta a importância da compreensão das necessidades de adaptação visual de cada estudante pelo profissional da educação, a fim de proporcionar ajustes que sejam benéficos para eles. Nesse contexto, foram realizadas adaptações visuais nos textos audiodescritivos, como ampliação do texto em uma única folha de papel A4 de gramatura 150g/m² e adaptação tátil do *Qr Code*, visando facilitar a leitura funcional dos estudantes com baixa visão. Adotamos um esquema de alto contraste, empregando fundo preto e letras brancas. Nos títulos e subtítulos, optamos pela fonte Arial em tamanho 27, enquanto nos textos menores e subtítulos escolhemos o tamanho 28. Já para os textos mais extensos, utilizamos fonte de tamanho 26 (Figura 54).

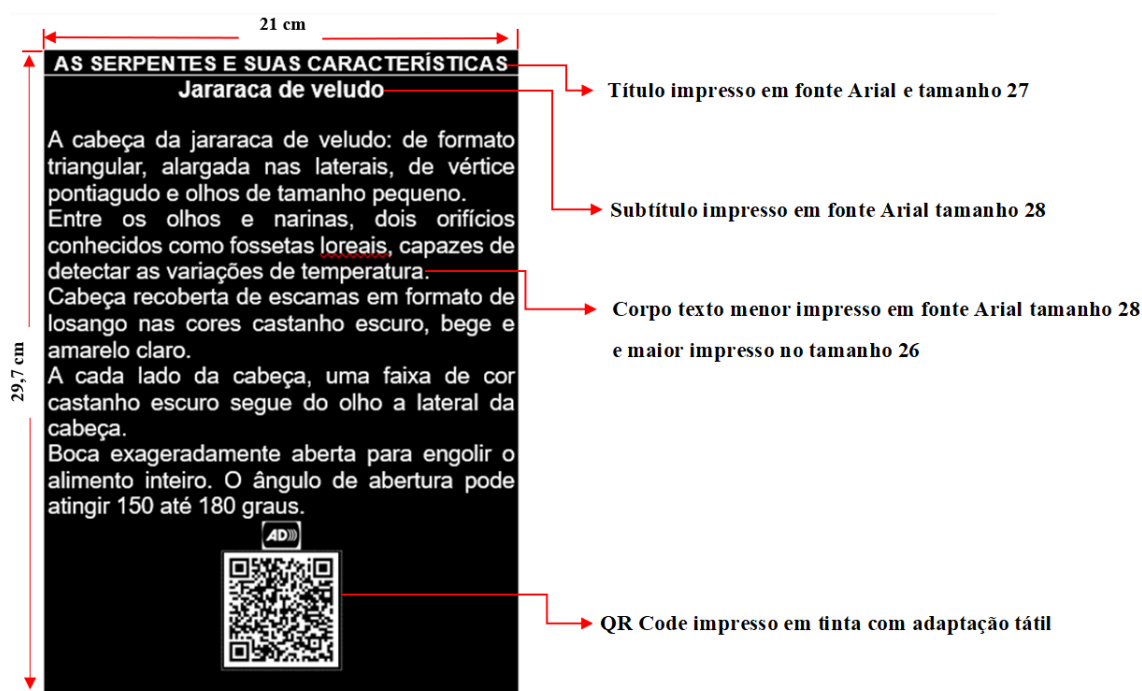


FIGURA 54. Texto ampliado com audiodescrição em *Qr Code* tátil.

Fonte: Acervo pessoal.

Considerando que, este estudo até o presente momento, contou com seis participantes, no qual três deles possuíam baixa visão, destacando que, apenas um, não conseguiu realizar a leitura utilizando as adaptações visuais (Figura 55). Em vista disso, ele optou por ouvir a gravação sonora da audiodescrição, como os demais participantes.



FIGURA 55. Estudante com baixa visão tentando realizar a leitura.

Fonte: Acervo pessoal.

Essa escolha demonstra a importância de oferecer alternativas e múltiplas modalidades de acesso à informação para atender às necessidades individuais dos estudantes com deficiência visual. A disponibilização da audiodescrição permitiu que o participante com baixa visão pudesse compreender o conteúdo de forma mais efetiva, utilizando um recurso adaptado às suas preferências e habilidades. A esta observação reforçamos a relevância da flexibilidade e personalização das estratégias de acessibilidade no contexto educacional. Cada estudante com deficiência visual pode ter preferências distintas em relação aos recursos de acesso à informação e, portanto, é fundamental disponibilizar opções diversas para que possam escolher a que melhor se adeque às suas necessidades individuais.

Além disso, a utilização da gravação sonora da audiodescrição destaca a importância de promover o uso de tecnologias e os recursos de áudio para melhorar a acessibilidade e a aprendizagem dos estudantes com deficiência visual. Ao oferecer essas opções, o pesquisador leva em conta as necessidades individuais de cada indivíduo, criando um ambiente inclusivo que reconhece a variedade de habilidades de aprendizado. Essas mudanças podem consideravelmente melhorar a experiência de aprendizado, estimulando maior participação e compreensão do conteúdo como no caso específico do estudo sobre serpentes.

Até o momento, dezessete roteiros foram gravados. Destes, seis foram validados pelos estudantes com deficiência visual. Os textos impressos foram ampliados para contemplar as pessoas com baixa visão e estão sendo testados bem como o restante também será validado, porém estamos no aguardo da confirmação de aceitação dos roteiros já aplicados nos estudantes.

4.9. Processo final de *Design* das placas em Braille

A produção do material em Braille gerou um total de 36 placas em dois tamanhos diferentes (Apêndice E). Sendo a primeira com 20x12 cm (C x A) e, a segunda, de 17x 20 cm (C x A), ambas com cor contraste (fundo azul e texto na cor branca/fundo preto e sistema Braille na cor branca) e com *Qr Code* tátil (Figura 56).

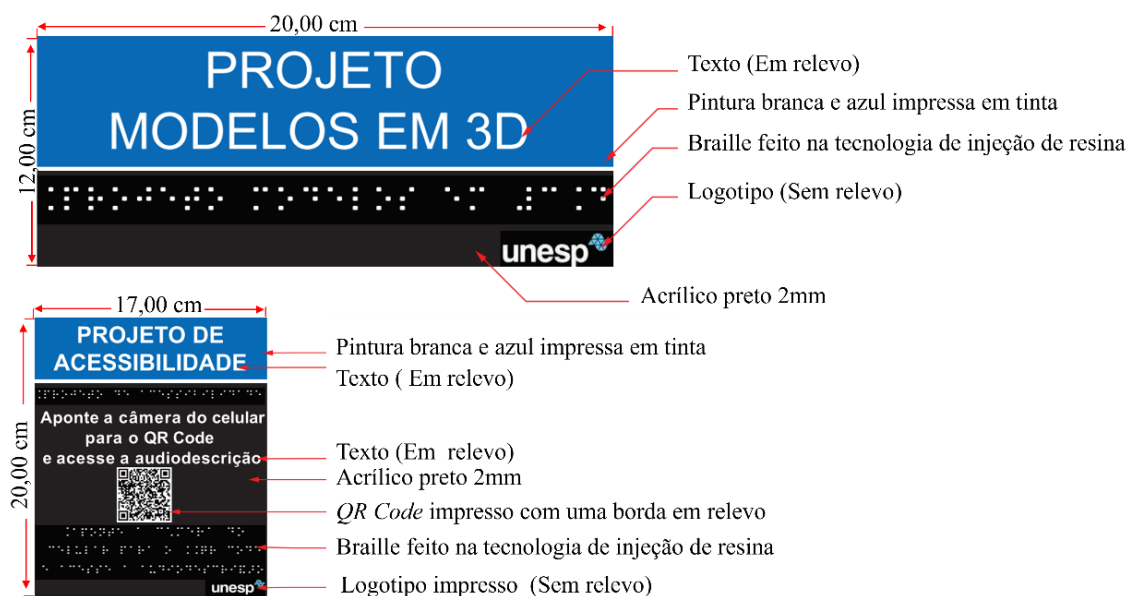


FIGURA 56. Design final das placas em Braille.

Fonte: Acervo pessoal.

4.10. Respostas dos participantes perante a aplicação do questionário

Neste estudo, investigamos as percepções sensoriais dos seis participantes ($n = 6$) em relação à anatomia das cabeças nas diversas espécies de serpentes, incluindo a *Bothrops moojeni* (jararaca de veludo), *Crotalus durissus terrificus* (cascavel), a *Philodryas olfersii* (cobra-verde) e a *Boa constrictor amarali* (jiboia).

Conduzimos uma abordagem envolvendo a exploração detalhada das características singulares, com destaque para o formato descritivo por meio dos sentidos sensoriais, utilizando os modelos 3D. Para coletar as perspectivas de todos os participantes, solicitamos que eles comesçassem por descrever o formato das cabeças de cada uma das serpentes. Essa etapa possibilitou a observação das habilidades, desafios e experiências individuais, estimulando-os a compartilhar as opiniões e compreensões sobre os elementos específicos das serpentes.

É importante ressaltar que todos eles foram incentivados a expressar as perspectivas de maneira aberta, criando um ambiente propício para a reflexão sobre as características morfológicas das serpentes à medida que interagem com o material didático em 3D. Isso também permitiu a coleta de informações valiosas por meio de observações diretas.

Nas situações em que surgiram dificuldades, empregamos perguntas que direcionaram a atenção dos integrantes do estudo para a perceptibilidade das estruturas

das serpentes, incluindo a possibilidade de compará-las com figuras geométricas, como de triângulo, losango, hexágono e oval. Essas abordagens visaram estimular a participação ativa das pessoas com deficiência visual e aprofundar a reflexão sobre os aspectos anatômicos.

Sendo assim, os seis participantes demonstraram uma compreensão abrangente em relação ao formato das cabeças de diferentes espécies de serpentes. No que diz respeito ao formato das cabeças, ficou claro que cada um deles conseguiu identificar as particularidades dos animais. Eles notaram, de maneira geral, que a cabeça da jararaca de veludo apresenta um formato triangular, o que é uma característica marcante dessa espécie. Da mesma forma, eles perceberam que a cascavel também possui uma cabeça triangular, ao comparar com a jararaca de veludo, até examinaram pequenas semelhanças no formato, já que ambas pertencem à mesma família. A cobra-verde foi reconhecida por sua cabeça alongada e oval, o que a diferencia das outras espécies. Já a jiboia foi identificada como tendo uma cabeça com “focinho” largo e, alguns participantes, notaram a semelhança dessa cabeça com a forma de um triângulo.

A interação com os participantes durante o estudo foi de natureza colaborativa, facilitando a comunicação mediadora entre o tema da pesquisa e os participantes. Nossa abordagem promoveu um diálogo construtivo, sendo um processo enriquecedor pois permitiu uma troca significativa de informações e conhecimentos ao longo do processo de aprendizado sobre a temática das serpentes.

Assim, 100% dos entrevistados adquiriram um conhecimento sólido sobre as características anatômicas das serpentes estudadas, compreendendo de forma abrangente o formato das cabeças, pele e guizo da cascavel. Este resultado demonstra o êxito do método utilizado com os modelos 3D no estudo para promover a compreensão das características morfológicas das serpentes (Figura 57).



FIGURA 57. Os participantes conhecendo as características morfológicas das serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

Durante a exploração tátil, o estudante 1 demonstrou um notável entendimento e interesse pela anatomia. Sua capacidade de compreender e descrever as características das cabeças das diversas espécies foi evidente durante os encontros. A mediação desempenhou um papel fundamental na facilitação deste processo de aprendizado tátil e descritivo, como mostra na Figura 58.

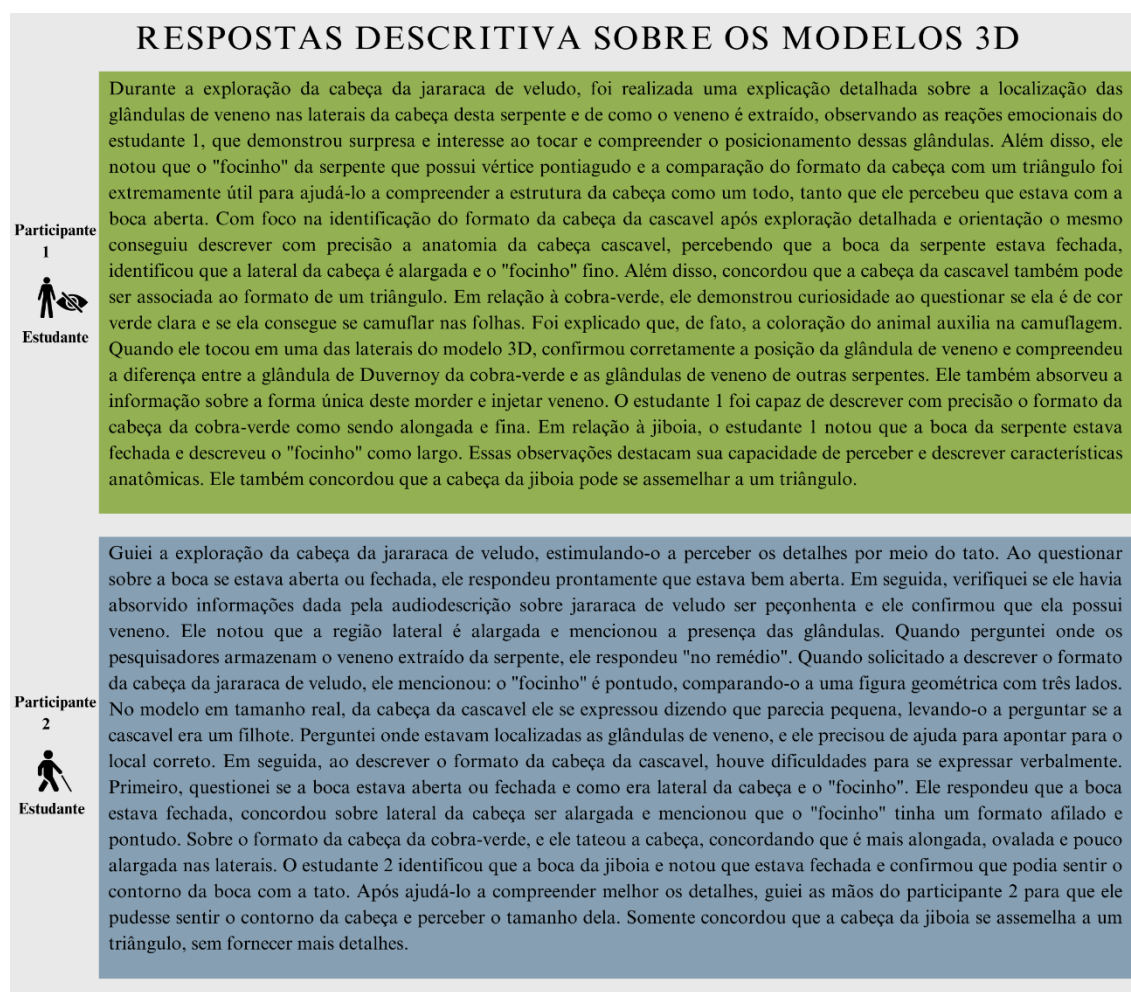


FIGURA 58. Pergunta do item A do questionário sobre modelos 3D: descrição das respostas dos participantes 1 e 2 sobre as cabeças das quatro espécies de serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 58 também apresenta o relato abrangente das interações e das percepções do estudante 2 ao explorar os modelos 3D das cabeças das serpentes. Fornecendo uma descrição detalhada das experiências durante essa exploração, incluindo as diversas percepções táteis sobre a anatomia das serpentes. Além disso, destaca a importância da orientação em certos momentos para auxiliar o participante a se expressar verbalmente e compreender melhor os detalhes.

Na interação como o participante 3 durante as explorações táteis nas cabeças estas foram bastante positivas, uma vez que permaneceu ativamente envolvido na experiência, fazendo perguntas e prestando bastante atenção (Figura 59).

Além disso, a explicação sobre o formato da cabeça da serpente jiboia, especialmente o conceito de que nem todas as serpentes com cabeças triangulares são peçonhentas, foi uma parte importante da interação. Em geral, esse compartilhamento foi

educativo e envolvente, com oportunidades para esclarecer conceitos e promover uma compreensão mais detalhadas das serpentes e de como descrevê-las.

RESPOSTAS DESCRITIVA SOBRE OS MODELOS 3D	
Participante 3  Adulto	Ao tocar na cabeça da jararaca de veludo, ele comentou: "grandinha". Expliquei que a jararaca de veludo é um animal que, na natureza, pode crescer bastante quando atinge a fase adulta. Aproveitei a oportunidade para explicar sobre a região lateral, que na parte interna que se localizam as glândulas de veneno, e ele confirmou apontado na área correta próxima do maxilar. Em seguida, expliquei que os profissionais usam os dedos polegar e indicador para realizar a contenção do animal, para realizar a extração do veneno e ele expressou surpresa com essa informação. Continuando a discussão sobre o formato da cabeça da jararaca de veludo, perguntei sobre as laterais da cabeça e se a boca da serpente estava aberta ou fechada. E ele respondeu: as laterais são bastante alargadas, a boca está aberta e complementou ao falar que o "focinho" vai se estreitando. Durante a exploração tátil na cabeça da cascavel, ele primeiro notou que a boca da cascavel estava fechada. Para investigar os detalhes sobre o formato da cabeça da cascavel, ele respondeu: A cabeça é em formato triangular, parecida com a jararaca de veludo em relação à posição dos olhos, narinas e fossetas loreais, são iguais. Mantivemos a exploração na cabeça da cobra-verde e perguntei a ele como descreveria o formato da cabeça da cobra-verde. Ele disse que a boca estava semiaberta e que a mandíbula parecia torta. E abordou sobre região superior da boca é maior do que a inferior, dando a impressão de que a serpente estava sorrindo. Ele também observou que a cabeça afina gradualmente do olho para frente, não tão abruptamente. Durante a exploração da cabeça da jiboia, o participante 4 descreveu o formato da cabeça da serpente como tendo um "bicão", para esclarecer este termo perguntei se a jiboia possui um "focinho" curta ou largo, ele citou: largo. E concordou sobre o formato da cabeça levemente triangular. Também achei pertinente destacar que rotular todos os animais com cabeças triangulares como peçonhentos é um conceito incorreto.
Participante 4  Estudante	Ao explorar a cabeça da jararaca de veludo ela quis comunicar que já sabia algumas informações sobre o animal e comentou sobre as cores da serpente maneira correta. Com bastante desenvoltura a estudante 4 explorou a parte interna da boca e explicou sobre ter conhecimento sobre os dentes que são bem afiados. Neste sentido, achei importante perguntar este animal possui ou não veneno, e com bastante segurança respondeu que sim. Ao descrever a cabeça da jararaca de veludo, ela disse: alargada na região das laterais, perto da boca é mais fino e a boca está aberta, há uma grande abertura. Ao solicitar a opinião da participante 4, expliquei que visualmente, a cabeça da cascavel tem um formato de triângulo. Em seguida, perguntei qual a percepção ao toque, ela explicou que achava que o animal tem sim o formato triangular na cabeça. Comentando até sobre a cabeça ser semelhante à da jararaca de veludo e expressou a ideia de que elas poderiam ser parentes. Ao final da interação, ela mencionou que a boca da serpente estava fechada e até comentou que sabia como desenhar a língua. Ao tatear a cabeça da cobra verde, a participante 4 compartilhou o que já sabia sobre a espécie. Até destacou curiosidades sobre a anatomia das serpentes que elas não possuem pálpebras. Ao descrever a cabeça da cobra verde após tatear, ela respondeu que era um pouco triangular e oval. Sendo a "bochecha" grossa e o "focinho" um pouco fino. E ficou um pouco em dúvida ao ser questionada sobre a cabeça ser alongada ou curta e foi útil auxiliar na reflexão sobre essa associação. Enquanto a estudante explorava a cabeça da jiboia, ela mencionou que no sítio onde mora, provavelmente era essa espécie que sua irmã havia avistado. Compartilhou que inicialmente pensava que a jiboia fosse venenosa. Após tatear a cabeça da jiboia, ela descreveu a boca como mais ampla. Ela também acrescentou que a focinho é largo e acreditava que isso ajudava o animal para morder.

FIGURA 59. Pergunta do item A do questionário sobre modelos 3D: descrição das respostas dos participantes 3 e 4 sobre as cabeças das quatro espécies de serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

A comunicação com a participante 4 foi muito boa. Ela demonstrou um bom conhecimento prévio sobre serpentes e estava disposta a compartilhar suas percepções e informações. Além disso, também demonstrou interesse em aprender e fazer perguntas relevantes sobre os animais (Figura 59).

Informações úteis e esclarecimentos quando necessário foram fornecidos, o que foi fundamental para uma experiência didática bem-sucedida. As descrições da aluna sobre as características das serpentes, como o formato da cabeça e boca, indicaram que ela

estava envolvida na atividade e conseguiu expressar as percepções sensoriais de maneira coerente.

A aplicação do questionário com a participante 5 foi extremamente proveitosa, uma vez que a mesma, demonstrou interesse genuíno em adquirir conhecimento sobre as serpentes e suas características físicas (Figura 60). No entanto, em alguns momentos, pareceu haver algum nível de hesitação ou cautela por parte dela ao explorar os modelos o que foi compreendido, considerando que algumas pessoas podem sentir-se inseguras e tímidas numa atividade nova. A mediação desempenhou um papel fundamental ao transmitir informações detalhadas sobre a anatomia das serpentes, especialmente sobre como elas conseguem abrir a boca de forma tão ampla. Essa explicação parece ter ajudado a aluna com baixa visão a entender melhor o que estava explorando.

Foi interessante observar como a participante 5 estava disposta a compartilhar o que já havia aprendido anteriormente sobre as serpentes, como os dentes na parte de trás da boca e o uso do veneno. A exploração tátil nos modelos 3D das serpentes incluindo as explicações fornecidas durante a interação contribuíram para enriquecer o entendimento sobre esses animais. Por fim, a interação foi proveitosa com ela demonstrando curiosidade e disposição para aprender sobre as serpentes.

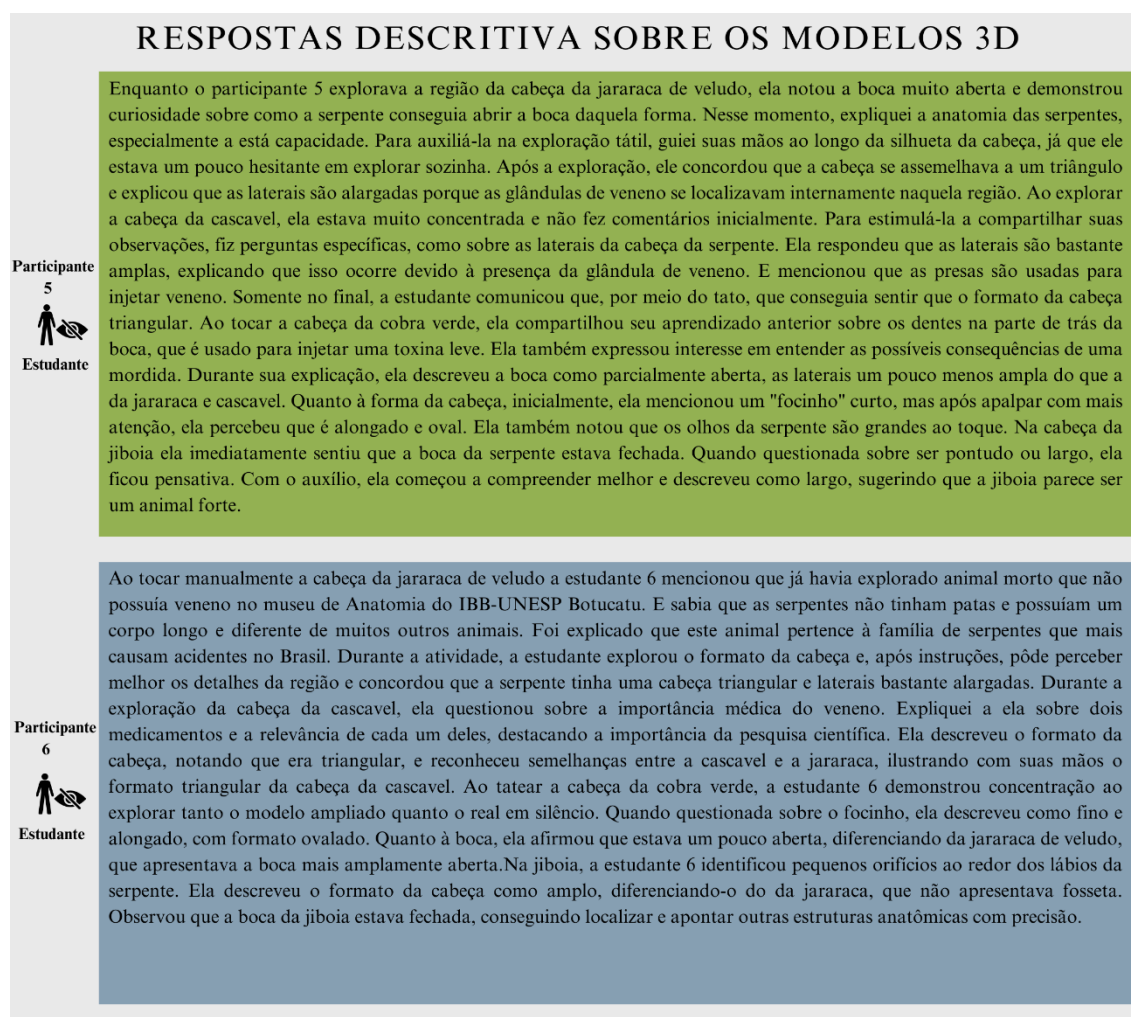


FIGURA 60. Pergunta do item A do questionário sobre modelos 3D: descrição das respostas dos participantes 5 e 6 sobre as cabeças das quatro espécies de serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

A estudante 6 demonstrou um nível notável de percepção e compreensão ao explorar os modelos das cabeças de diferentes serpentes (Figura 60). Ela já tinha algum conhecimento prévio sobre as espécies. Sua pergunta sobre a importância médica do veneno, mostrou estar empenhada em entender mais sobre esses animais e seus impactos. A transmissão das informações sobre os medicamentos e a pesquisa científica relacionada ao veneno da cascavel indicou que ela estava disposta a aprender e relacionar o conhecimento adquirido. Sua habilidade de ilustrar com as mãos o formato triangular da cabeça da cascavel mostra uma compreensão tátil notável.

No geral, a estudante 6 demonstrou uma participação ativa e compreensão detalhada das características anatômicas das serpentes, indicando que a abordagem de

modelos 3D adaptados aos estímulos táteis e auditivos podem ser altamente eficazes na promoção do aprendizado inclusivo sobre o tema.

Já, o questionário sobre audiodescrição das cabeças das serpentes, revelou-se uma ferramenta valiosa para promover a compreensão e o interesse pelos animais entre os seis participantes envolvidos na atividade. A observação mais notável foi que todos os integrantes do estudo (100%) demonstraram grande disposição em aprender o mundo desses animais, mesmo que precisassem de um tempo adicional para absorver todas as informações apresentadas.

A audiodescrição foi fundamental ao permitir que os participantes, incluindo aqueles com deficiência visual total, obtivessem uma compreensão detalhada da anatomia das serpentes. No entanto, vale ressaltar que, entre os seis participantes, apenas um deles (17%) conseguiu captar todas as informações necessárias após ouvir o áudio descritivo uma única vez. Isso sugere que a complexidade da anatomia das serpentes e as informações fornecidas podem exigir um tempo individual de compreensão para cada um dos participantes.

A disposição de cinco deles (76%) necessitaram de um tempo extra para a compreensão da morfologia das serpentes, refletindo uma profunda dedicação em aprender e uma mentalidade de busca de conhecimento. Esse nível de engajamento é altamente positivo e sugere que atividades de educação baseadas em audiodescrição podem ser uma maneira eficaz de envolver e ensinar as pessoas com deficiência visual sobre assuntos complexos em qualquer disciplina escolar.

A Figura 61, representa a avaliação tátil da localização da fosseta loreal e a narina apresentando dados significativos sobre a percepção tátil dos participantes. É relevante mencionar que os seis participantes relataram **“não possuir conhecimento prévio sobre o órgão termoreceptor”**. Esse fato desencadeou a necessidade de um ensinamento mais abrangente e esclarecedor sobre o órgão sensorial e sua função.

Após isso, foi necessário conduzir uma análise sobre a percepção tátil da localização da fosseta loreal e da narina, variando as escalas ampliadas e reais. Os resultados revelaram as seguintes observações: na escala real do modelo 3D da jararaca de veludo, quando expostos somente à uma única escala, os participantes apresentaram uma variação significativa em suas percepções táteis. Quatro integrantes da pesquisa (66%) mencionaram a localização como **“não perceptível”**, indicando uma dificuldade em identificar as estruturas sensoriais em uma escala real. Um participante (17%) relatou que a localização era **“pouco perceptível, não conseguindo definir o local”**.

Notavelmente, mais um participante (17%) descreveu a percepção como “**muito perceptível**”. Este mesmo participante ressaltou que possui uma percepção tátil “aprimorada” e sua abordagem persistente contribui na exploração das estruturas com mais facilidade.

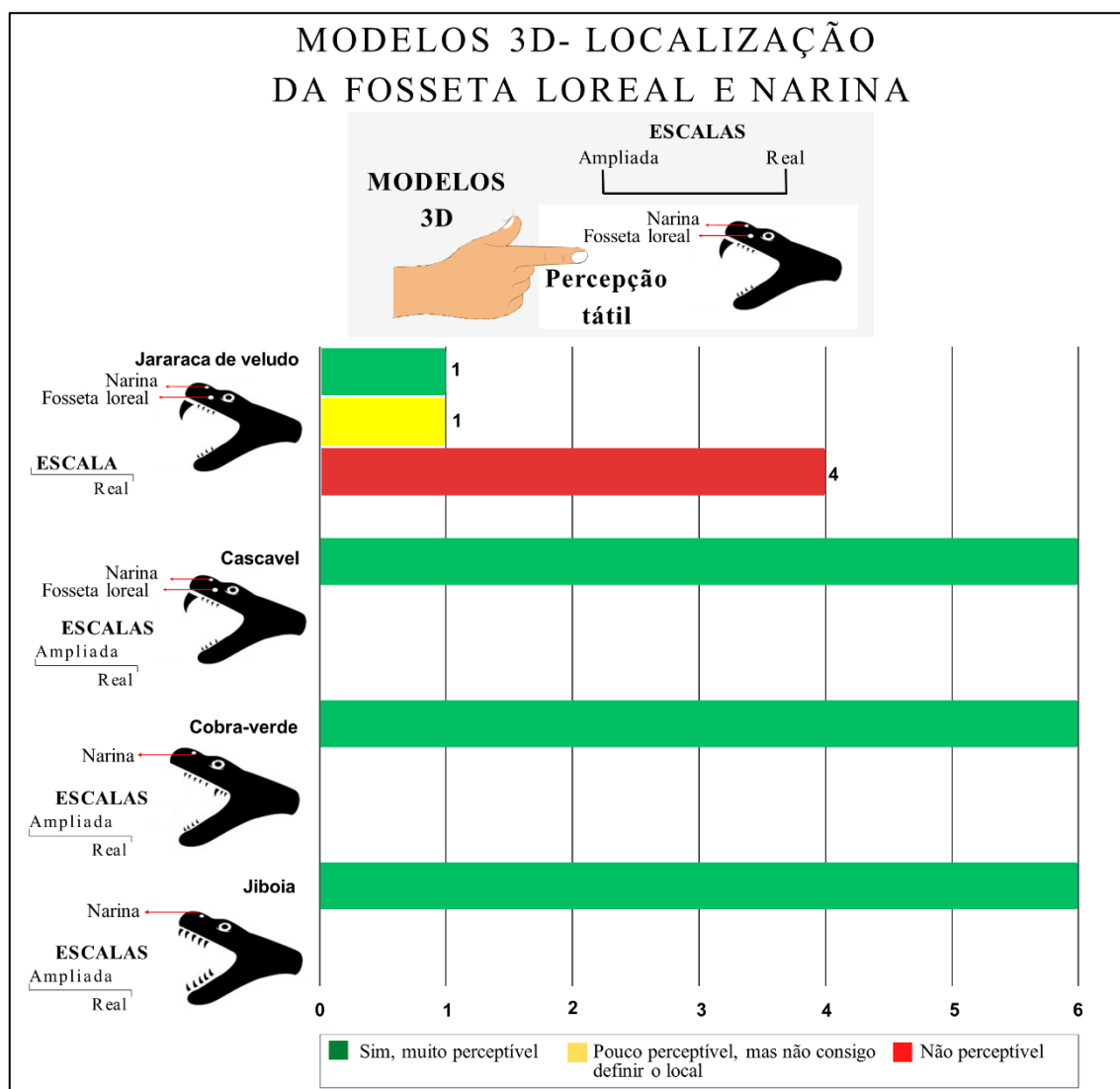


FIGURA 61. Pergunta do item B do questionário sobre modelo 3D: a localização da fosseta loreal e narina por meio do tato.

Fonte: Acervo pessoal.

Na escala ampliada dos modelos 3D da cascavel, cobra-verde e jiboia, os seis integrantes do estudo (100%) expressou sobre a percepção da localização da fosseta loreal e narina como “**sim, muito perceptível**”. Estes resultados sugerem-se que, ao ampliar a escala da peça 3D, a percepção tátil dessas estruturas torna-se mais tátil e facilmente

identificável. Os resultados obtidos destacam de forma significativa a influência da escala na percepção tátil da localização da fosseta loreal e da narina.

Observa-se que, a escolha adequada da escala de representação, demonstrou ser um fator de extrema importância na interpretação tátil das características anatômicas em questão. Esses achados indicam que a precisão na definição da localização dessas estruturas anatômicas está diretamente relacionada à escala selecionada para representação tátil. Além disso, é importante notar a eficácia da audiodescrição em transmitir claramente a localização da fosseta loreal e narina para todos os participantes, podendo ser visualizada na Figura 62 no qual, os seis participantes (100%), relataram uma percepção clara do conteúdo sonoro, sendo avaliado pelos membros da pesquisa como **“sim, muito perceptível”**. Isso indica que a audiodescrição atingiu o objetivo de maneira consistente, proporcionando a direção e compreensão nítida e precisa da localização das estruturas anatômicas em questão.

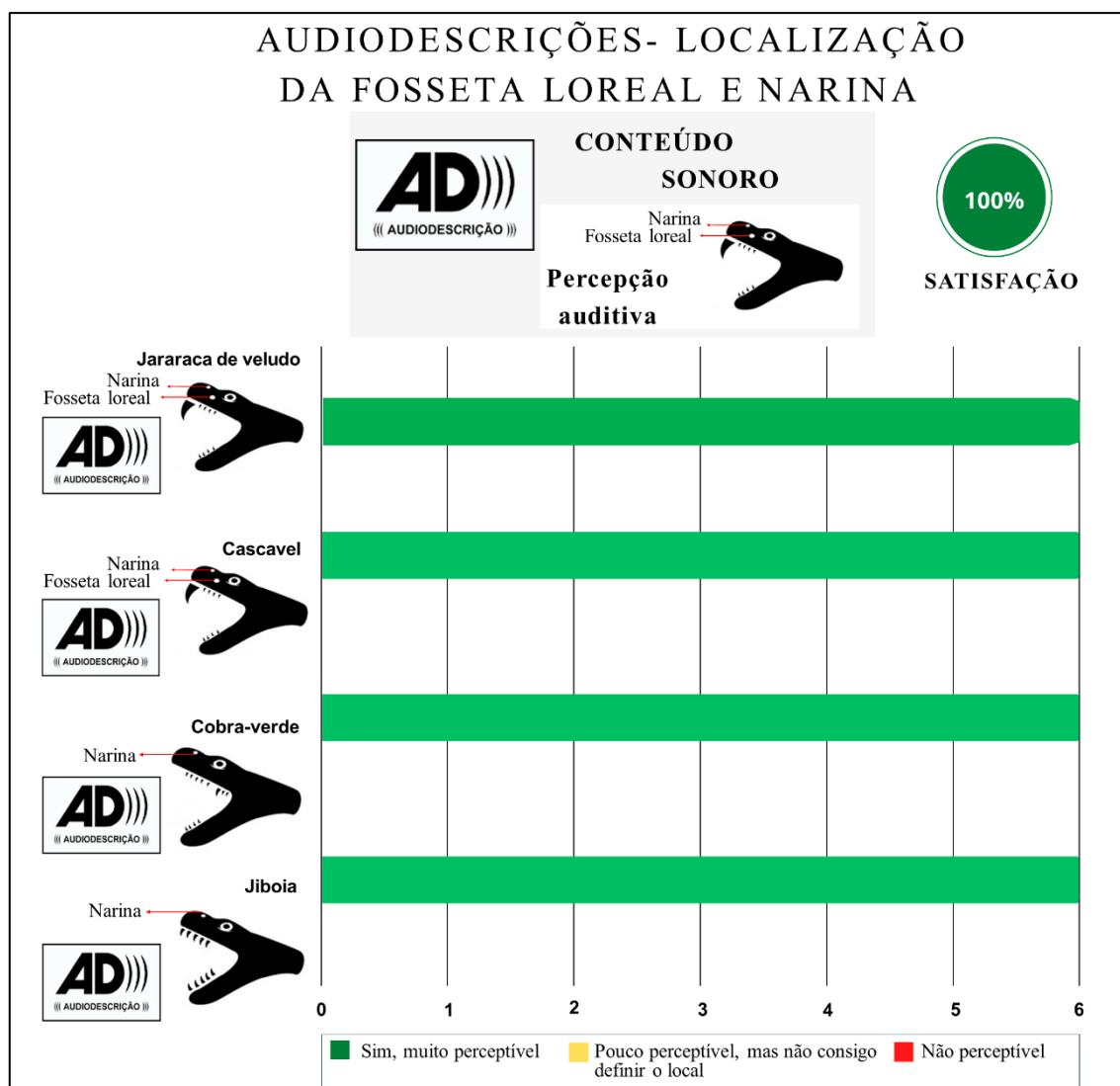


FIGURA 62. Pergunta do item B sobre audiodescrição: a localização da fosseta loreal e narina por meio do conteúdo sonoro.

Fonte: Acervo pessoal.

O *feedback* positivo demonstra a eficácia da audiodescrição indicando que ela está alinhada com as necessidades e expectativas do público-alvo, fornecendo informações acessíveis e úteis. Isso pode ser considerado um sucesso na criação de uma audiodescrição de qualidade para este conteúdo específico.

A Figura 63 ilustra dados da análise da percepção tátil da pele e do guizo da cascavel em diferentes escalas dos modelos 3D revelando assim, as seguintes respostas: quatro participantes (67%) descreveram a percepção tátil da pele da cascavel como **“sim, muito perceptível”**. No entanto, dois deles (33%) apresentaram uma percepção tátil diferente, descrevendo-a como **“pouco perceptível, mas não consigo perceber a pele”**. Este fato aponta que, em ambas as escalas, a percepção tátil da pele foi desafiadora para

esses dois participantes, pois houve uma dificuldade em perceber os detalhes da pele por meio do tato.

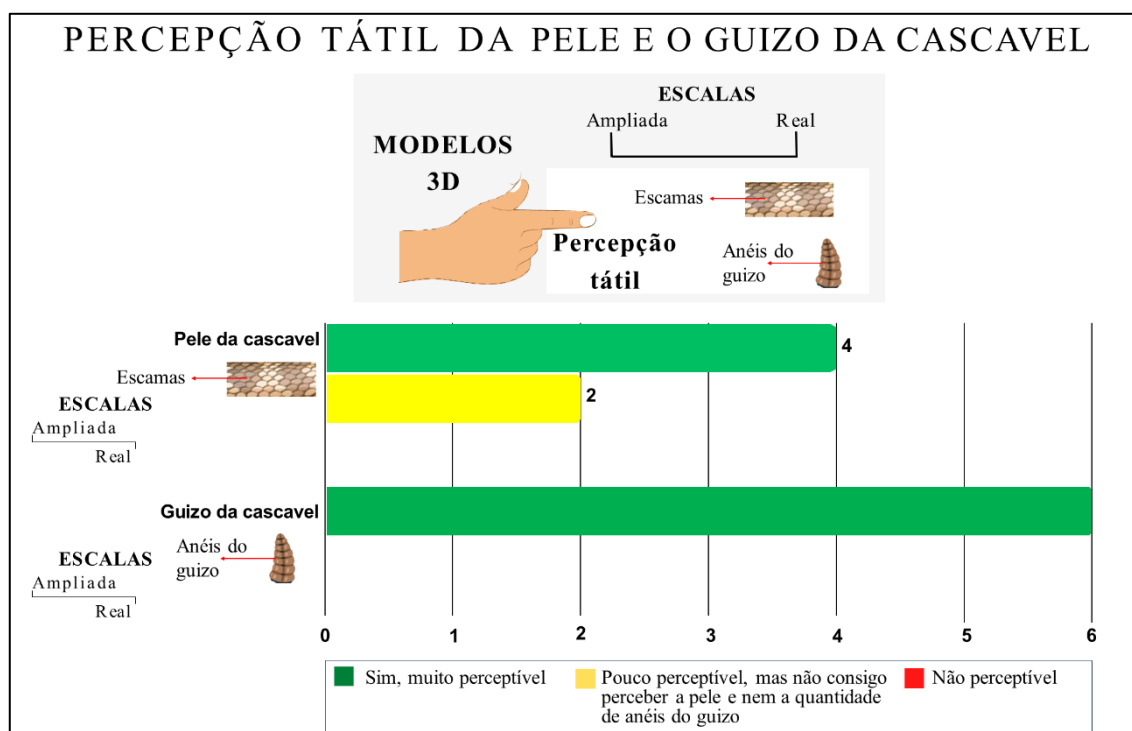


FIGURA 63. Pergunta do item B do questionário sobre modelo 3D: como é a pele e o formato dos anéis no guizo da cascavel por meio do tato.

Fonte: Acervo pessoal.

A percepção dos anéis do guizo foi uniforme entre os seis participantes (100%) da pesquisa relatando as características do guizo da cascavel como **“sim, muito perceptível”**.

As opiniões dos participantes visam enriquecer a compreensão detalhada e precisa da morfologia das serpentes, com isso os *insights* adquiridos representam contribuições substanciais no âmbito do aperfeiçoamento de estratégias educacionais e as representações táteis em três dimensões.

Na Figura 64 observa-se que o participante 1 exibiu um interesse grande em aprofundar seu conhecimento sobre a troca de pele das serpentes, refletindo numa busca para aprender mais sobre esse processo biológico. Ele destacou a textura áspera da pele e apreciou o brilho do material. A respeito das dificuldades encontradas na tentativa de descrever a característica morfológica das escamas, houve uma abordagem focada na percepção tátil permitindo ao estudante 1 discernir que as escamas da cascavel

apresentam um padrão de formato losangular, tanto nos modelos tridimensionais quanto na representação em papel. Enfatizando que ambas as representações foram úteis para entender a forma das escamas, revelando dedicação e disposição ao longo da interação. Sua fascinação foi particularmente evidente quando foi mencionado as cores da cascavel onde expressou admirar profundamente a beleza única do animal.

Na exploração do guizo, o integrante 1 demonstrou muita atenção aos detalhes. Ao tocar os anéis, imediatamente identificou que possuía uma forma oval. Além disso, sua capacidade de discernimento foi notável quando prontamente rejeitou a noção de que esses anéis representavam a idade da cascavel, reconhecendo que essa suposição estava equivocada. Ele então expressou sua curiosidade sobre como determinar a idade desses animais. Também optou por realizar contagem dos anéis no guizo por conta própria, sem qualquer auxílio externo e identificou um total de 20 anéis no modelo ampliado. Posteriormente, após uma maior familiarização com objeto de estudo em 3D, procedeu uma segunda contagem onde desta vez, foi com acurácia, chegando ao número de 10 anéis. Esta avaliação ressalta a capacidade participante de se envolver ativamente na exploração tátil e sua disposição em aprender e compreender aspectos científicos relacionados à cascavel.

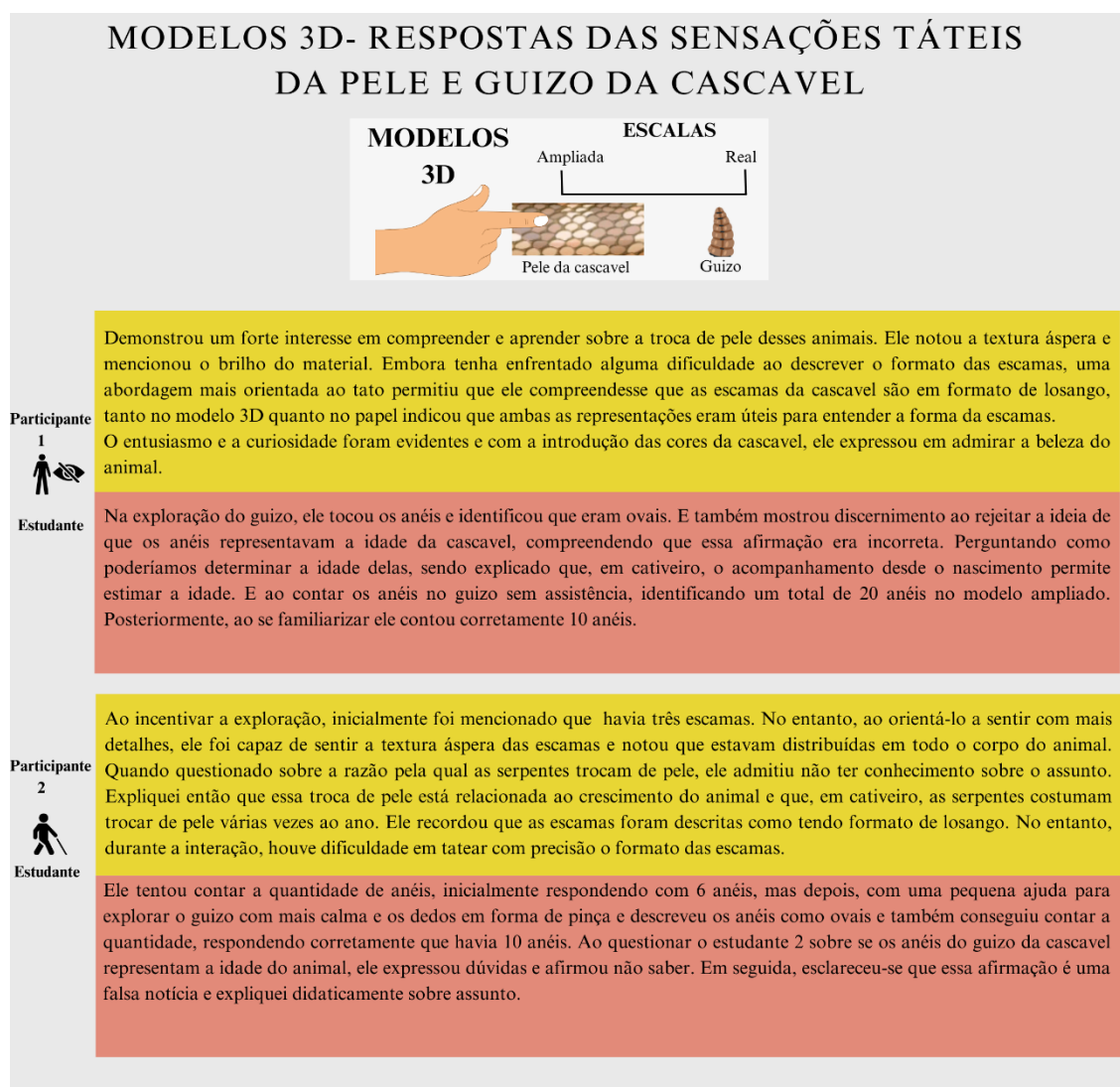


FIGURA 64. Respostas dos participantes 1 e 2 do item B do questionário modelo 3D: as sensações táteis da pele e guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

Além disso, na Figura 64, pode-se observar que o participante 2 ao ser encorajado a realizar uma exploração inicial, mencionou-se que existiam três escamas. Entretanto, ao orientá-lo a investigar mais detalhadamente, ele conseguiu perceber a textura áspera das escamas, notando que estavam distribuídas por todo o corpo do animal. Quando questionado sobre o motivo subjacente à troca de pele das serpentes, ele prontamente reconheceu sua falta de familiaridade com o tema. Em resposta, foi esclarecido que esse processo de mudança de pele está intrinsicamente ligado ao crescimento desses animais, sendo uma ocorrência frequente em todas as serpentes em vida livre ou em cativeiro e que, muitas vezes, passam por essa renovação de pele várias vezes ao longo do ano.

O participante 2 recordou que as escamas foram previamente descritas por meio da audiodescrição como tendo uma estrutura em formato de losango. No entanto, durante nossa interação, ele experimentou algumas dificuldades em perceber com precisão o formato geométrico das escamas por meio do tato.

Na busca de quantificar o número de anéis, o estudante 2 inicialmente indicou um total de 6 anéis. Posteriormente, com assistência para uma exploração mais minuciosa do guizo no modelo ampliado e utilizando uma técnica de pinça com os dedos, ele reavaliou a estrutura e caracterizou os anéis como ovais, conseguindo apurar com precisão os números, resultando na resposta correta de 10 anéis. Quando abordado sobre a suposição de que os anéis no guizo da cascavel indicavam a idade do animal, ele expressou incerteza e declarou não possuir informações a respeito. Em seguida, foi esclarecido de maneira didática que essa afirmação representa uma concepção equivocada, fornecendo uma explicação detalhada sobre o tema.

Ao discorrer sobre o participante 3 (Figura 65) temos uma descrição detalhada das escamas, enfatizando a organização sequencial delas. Ele observou que algumas escamas estavam localizadas em níveis diferentes, sugerindo uma variação na profundidade ao tocar com as pontas dos dedos. Além disso, o participante destacou a textura áspera das escamas, identificando com precisão seu formato como sendo de losango, enfatizando que essa característica era tangível ao toque. É importante destacar que o participante 3 da pesquisa trouxe à tona, ocorrida no passado, sua experiência prévia de interação com uma serpente viva e não peçonhenta. Durante esse encontro, ele teve a oportunidade de tocar e sentir as costelas ao explorar região corporal do animal.



FIGURA 65. Respostas dos participantes 3 e 4 do item B do questionário modelo 3D: as sensações táteis da pele e guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

O participante 3 realizou a exploração do guizo com êxito, conseguindo contabilizar o número de anéis de forma precisa em sua primeira tentativa. Essa habilidade foi facilitada pela experiência anterior de manipular o guizo no passado e, por isso, estava mais à vontade ao tocar e explorar o material. Inicialmente, manifestou dúvidas quanto à possibilidade de que os anéis no guizo representam a idade do animal contudo, após uma explanação detalhada, ele compreendeu que essa suposição era falsa. Foi esclarecido que os anéis se formam durante o processo de mudança de pele. Assim, o integrante 3 adquiriu um entendimento preciso do conceito, esclarecendo a relação entre os anéis e a idade da cascavel, desfazendo o mito.

Da mesma forma, a participante 4, foi capaz de identificar o formato das escamas da cascavel visualmente no modelo 3D e reconhecendo corretamente o formato em losango conforme representado no papel (Figura 65). No entanto, ao toque nas escamas individualmente, mencionou que não conseguia perceber detalhes minuciosos como as quatro pontas do losango. Foi esclarecido que a pele da cascavel é mais suave ao toque e que as escamas não apresentam pontas proeminentes. Em relação à textura da pele da cascavel, ela descreveu-a como áspera. Também demonstrou apreço pelas cores da cascavel e pelos padrões desenho em forma de diamantes na pele do animal. Especulou que a troca de pele poderia ser um mecanismo para tornar a serpente mais atrativa do ponto de vista estético, mas foi explicado que esse processo é natural e tem como objetivo remover a pele antiga para permitir o crescimento saudável do animal.

Inicialmente, a estudante 4 estabeleceu uma associação com base na aparência entre o objeto 3D e a cauda de escorpião, devido à presença de vários segmentos. Foi então recomendada uma exploração abrangente de 360 graus para aprimorar sua percepção tátil. Após, uma análise minuciosa, a integrante notou que as características em questão eram ovais e não possuíam a forma quadriculada como inicialmente imaginava. Além disso, a estudante 4 percebeu que, na verdade, havia 10 anéis, ao contrário de sua percepção inicial de 21. A crença de que cada segmento do guizo da cascavel representava os anos de vida do animal foi considerada um mito. Para esclarecer, foi explicado que esses segmentos são formados a partir das trocas de pele da serpente e consistem principalmente de queratina, semelhante à composição das unhas humanas.

No momento inicial de interação com as escamas da cascavel, a participante 5 observou prontamente a textura áspera e conseguiu identificar com precisão as cores das escamas, graças às informações fornecidas pela audiodescrição (Figura 66). Além disso, notou que, ao explorar tanto o modelo tridimensional quanto a representação no papel, conseguia perceber claramente o formato em losango das escamas.

Quando questionada sobre o motivo pelo qual as serpentes realizam a troca de pele, aventurou-se a propor que tal fenômeno está relacionado ao processo de envelhecimento e que a troca de pele pode ocorrer a cada 15 dias. Ela também trouxe à tona a questão das dificuldades que as serpentes podem enfrentar durante este processo, o que levou à explicação detalhada do procedimento para lidar com tais desafios.

Durante o contato tátil com o guizo da cascavel, a participante 5 habilmente identificou a presença de 10 anéis e descreveu o formato de maneira correta. No entanto, ao ser questionada sobre a composição do guizo da cascavel, não teve uma resposta

imediate. Quando indagada se os anéis representavam a idade do animal, a participante não corroborou em responder que era crença popular. Posteriormente, esclareceu-se que os anéis do guizo resultam das trocas de pele, cuja frequência pode variar conforme o ambiente e saúde da serpente, onde a estudante 5 demonstrou compreensão do conceito, não apresentando mais questionamentos.

MODELOS 3D- RESPOSTAS DAS SENSações TÁTEIS DA PELE E GUIZO DA CASCVEL

Participante	Estudante	Respostas
Participante 5		No primeiro contato com as escamas da cascavel, a participante 5 notou que eram ásperas e descreveu as cores das escamas corretamente já que havia ouvido a audiodescrição. Além disso, ela notou que, ao tocar tanto no modelo quanto no papel, era possível sentir o formato em losango. Quando questionada sobre por que as serpentes trocam de pele, ela sugeriu que isso ocorre devido ao envelhecimento e ariscou a dizer de que a troca de pele pode acontecer a cada 15 dias. Ela também levantou a questão das dificuldades que as serpentes podem enfrentar durante esse processo, e foi explicado o procedimento para solucionar esse problema. Durante o toque no guizo, a participante 5 conseguiu contar corretamente 10 anéis e descreveu o formato deles como ovalado. No entanto, quando questionada sobre do que é feito o guizo da cascavel, ela não conseguiu lembrar a explicação fornecida para responder e nada declarou. Quando questionada se o guizo representava a idade do animal, a participante não afirmou que era mito. Foi explicado a ela que os anéis são formados a partir da troca de pele, e o número de trocas pode variar com a idade e as condições do animal e do ambiente. Ao final, a participante compreendeu corretamente o conceito sobre o guizo da cascavel e não fez nenhuma outra pergunta.
Participante 6		Descreveu com suas palavras que textura da pele da cascavel é áspera ao toque, composta por pequenas escamas dispostas lado a lado. Mencionando também que as escamas da cascavel são diferentes das de um peixe. Houve um assunto sobre os ossos das serpentes, ela inicialmente duvidava que as serpentes tivessem ossos, mas expliquei sobre a estrutura óssea. Ao perguntar o formato das escamas, ela ficou reflexiva e em silêncio enquanto tateava o material, sem fazer comentários. Quando questionada sobre a questão tátil das escamas, ela expressou sobre proporcionar alto relevo na borda das escamas, mas mencionou que o material de papel ajudou bastante na compreensão do formato. A estudante 6 questionou por que a cascavel faz um barulho com a língua. Quando perguntei que tipo de som ela havia ouvido, ela mencionou, por exemplo, um som semelhante ao de uma panela de pressão. Expliquei então que o som não vem da língua da cascavel, mas sim do guizo. Ela não sabia do que o guizo era feito. Ela realizou a contagem do guizo com auxílio e ao toque sentiu 10 anéis de formato oval e para verificar se a afirmação de que isso estava relacionado com a idade era verdadeira ou não. Ela respondeu corretamente que se trata de um mito e que a quantidade é o acúmulo de pele.

FIGURA 66. Respostas das participantes 5 e 6 do item B do questionário modelo 3D: as sensações táteis da pele e guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

A participante 6 descreveu, com suas próprias palavras, a textura tátil da pele da cascavel como áspera ao toque, composta por diminutas escamas aderentes e alinhadas em configuração contínua (Figura 66). Fez uma distinção entre as escamas da cascavel e as de um peixe. Surgiu uma discussão acerca da anatomia das serpentes, inicialmente com

ceticismo por parte dela quanto à presença de ossos nas serpentes, sendo então, elucidada sobre a estrutura óssea das serpentes. Ao questionar acerca do formato das escamas, a participante adotou um momento de reflexão em silêncio enquanto explorava o material, sem proferir observações. Quando indagada sobre a natureza tátil das escamas, manifestou uma sugestão em realçar o relevo nas bordas das escamas atribuindo, todavia, ao material de papel significativo auxiliar na facilitação da compreensão do formato.

No geral, a interação com a aluna 6 destacou-se a importância do ensino multimodal, combinando elementos 3D com material complementar fabricado manualmente para facilitar a compreensão das características dos animais como, por exemplo, o formato das escamas da cascavel.

Apresentamos a Figura 67 com a avaliação da percepção da audiodescrição da pele e do guizo da cascavel, na qual os participantes ouviram audiodescrição descrevendo os detalhes da pele e guizo da cascavel, além da emissão do som do guizo da cascavel. E, em análise dos dados, revelou-se que 100% dos participantes manifestaram percepção altamente satisfatória sobre o conteúdo da audiodescrição da pele e do guizo da cascavel, classificando-a como “**sim, muito perceptível**”. Esses resultados indicaram que a audiodescrição atingiu 100% de eficácia na transmissão precisa das características descritivas desses elementos, bem como do ruído gerado pelo guizo.



FIGURA 67. Pergunta do item B do questionário sobre audiodescrição: como é pele e o formato dos anéis no guizo da cascavel por meio do conteúdo sonoro.

Fonte: Acervo pessoal.

Em resumo, os resultados desta entrevista sugerem que a audiodescrição foi bem-sucedida em comunicar eficazmente as características da pele e do guizo da cascavel por meio da percepção sonora para a maioria dos participantes. No entanto, indica-se a importância de considerar as respostas individuais para entender com mais propriedade a opinião de todos os envolvidos.

Ao analisar minuciosamente as características da pele da cascavel por meio do recurso de audiodescrição, o participante 1 prontamente descreveu as escamas, identificando seu padrão losangular e os desenhos em forma de diamante nelas presentes (Figura 68). Além disso, demonstrou uma inclinação à investigação ao levantar questões relacionadas ao número de cascavéis na região de Botucatu, SP e à coloração dos filhotes de cascavel, indicando um nível de curiosidade considerável em relação ao tópico.

No que diz respeito à avaliação da qualidade da audiodescrição, o estudante 1 expressou uma opinião positiva sobre os aspectos técnicos, elogiando especificamente o volume adequado do áudio, a velocidade apropriada da narração e considerando a

explicação geral como muito eficaz. Ele afirmou que não identificou a necessidade de melhorias adicionais no conteúdo.

Ele foi surpreendido pelo som produzido pelo guizo da cascavel, fazendo uma analogia com o ruído de uma panela de pressão ao liberar o vapor. Inicialmente, cometeu um equívoco ao descrever a forma do guizo como triangular, mas logo corrigiu para oval após revisitar a audiodescrição, identificando precisamente sua localização na extremidade da cauda da serpente. Demonstrou interesse em saber se a cascavel emite o som durante o processo de alimentação, uma dúvida que foi devidamente esclarecida. A exposição ao som do guizo não gerou desconforto ou medo. Ele exibiu uma empolgação notável por aprender sobre as serpentes ao longo da pesquisa.

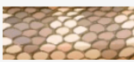
AUDIODESCRIÇÕES- RESPOSTAS DAS PERCEPÇÕES SONORAS DA PELE E GUIZO DA CASCABEL	
CONTEÚDO SONORO	
   Pele da cascavel Guizo	
Participante 1 	Ao aprender sobre a pele da cascavel por meio da audiodescrição, rapidamente descreveu as escamas citando o formato de losango e os desenhos em formato de diamante. O discente também levantou várias perguntas, como a quantidade de cascavéis na cidade de Botucatu e a cor dos filhotes de cascavel, mostrando sua curiosidade pelo assunto. Em relação à qualidade da audiodescrição, o estudante 1 elogiou o áudio, destacando o volume adequado, a velocidade da fala ideal e considerando a explicação muito boa. Ele afirmou que não havia necessidade de melhorias.
Estudante	Ele se surpreendeu com o som do guizo da cascavel, comparando-o ao som de uma panela de pressão soltando vapor. Inicialmente, descreveu erroneamente o guizo como triangular, mas corrigiu para ovais após ouvir a audiodescrição novamente, identificando sua localização na cauda da serpente. Demonstrou curiosidade sobre se a cascavel emite o som enquanto se alimenta, o que foi esclarecido. Não sentiu desconforto ou medo em relação ao som do guizo e mostrou entusiasmo em aprender sobre serpentes durante a pesquisa.
Participante 2 	Houve envolvimento e satisfação com experiência de ouvir a audiodescrição, pedindo para ouvi-la novamente para melhor compreensão. Ele descreveu corretamente o formato das escamas da cascavel como sendo de losango e mencionou a presença de desenhos em formato de diamante. Ele conseguiu formar uma imagem mental do animal com base nas audiodescrições. Reconheceu que ter um como animal silvestre como estimação como uma opção inviável, dando a importância da conscientização ambiental e o papel dos museus e zoológicos nesse contexto. Quanto à qualidade da audiodescrição, o estudante 2 considerou o áudio com volume adequado, a velocidade da fala ideal e uma explicação muito boa.
Estudante	Demonstrou entusiasmo e interesse durante a audiodescrição do guizo da cascavel, pedindo para ouvi-la novamente e expressando prazer ao ouvir o som do guizo. Ele descreveu corretamente o formato do guizo, após ouvir a audiodescrição por várias vezes. Reconheceu a localização dos anéis no guizo, na cauda, e fez uma comparação com o som de uma panela de pressão na cozinha. Também entendeu que a cascavel emite o som do guizo para afastar ameaças e não acreditou que os anéis do guizo representam a idade do animal, desmistificando a informação.

FIGURA 68. Respostas dos participantes 1 e 2 do item B do questionário audiodescrição: as percepções sonoras da pele e guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

Conforme ilustrado também na Figura 68 o participante 2 demonstrou engajamento e contentamento ao experimentar a audiodescrição, expressando interesse em ouvi-la mais de uma vez para uma compreensão mais profunda. Ele habilmente descreveu as escamas da cascavel como tendo uma forma de losango, destacando os padrões em formato de diamante nelas presentes. Além disso, relatou ter conseguido formar uma representação mental precisa do animal com base nas informações apresentadas nas audiodescrições. O integrante reconheceu a inviabilidade de manter uma cascavel como animal de estimação, enfatizando a importância da conscientização ambiental e o papel desempenhado por museus e zoológicos nesse contexto. No que diz respeito à qualidade da audiodescrição, o estudante 2 elogiou o volume do áudio, a velocidade ideal da narração e considerou a explicação muito bem elaborada. Demonstrou curiosidade e dedicação consideráveis durante a audiodescrição do guizo da cascavel, exibindo forte desejo de reescutar o áudio para melhorar sua compreensão e expressando satisfação ao ouvir o som do guizo. Após repetidas audições conseguiu, com precisão, descrever o formato do guizo e compreendeu sua localização, fazendo uma analogia também com o som de uma panela de pressão. Mostrou compreensão clara de que a cascavel utiliza o som do guizo como um meio de afastar possíveis ameaças e demonstrou discernimento ao não aceitar a crença de que os anéis do guizo representam a idade do animal, contribuindo assim para a correção desse mito.

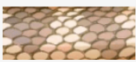
Já, a Figura 69 apresenta o resultado da interação do participante 3 com a audiodescrição da pele da cascavel e o guizo. O integrante teve a oportunidade de ouvir audiodescrição uma única vez e, ainda assim, conseguiu descrever com precisão o formato das escamas, observando que são em forma de losango e apresentam cores como castanho claro, bege e preto. Além disso, ele notou a presença de escamas em todo o corpo do animal e identificou os desenhos, descrevendo-os como em formato de diamante. Quanto à qualidade do conteúdo sonoro, o integrante 3 a considerou boa, apesar de ter ouvido em um ambiente compartilhado na ausência de fones de ouvido com fio, devido à incompatibilidade com dispositivo móvel. Ele destacou a necessidade de fones de ouvido Bluetooth como uma opção para aprimorar a experiência auditiva em circunstâncias similares.

Ele abordou conhecimento prévio em relação ao som do guizo da cascavel, não revelando surpresa ou medo após ouvir a audiodescrição. Também descreveu corretamente o formato do guizo como tendo pequenos relevos. Percebeu com clareza a

localização dos anéis no guizo, na cauda e mencionou que o guizo é feito de queratina. Mostrou interesse e curiosidade, fazendo perguntas adicionais, como se o guizo da cascavel fica fora do corpo e se ele se desprende da cauda quando a serpente dá um bote. Suas perguntas indicam um sólido entendimento e um desejo de adquirir mais conhecimento. Quanto à qualidade da audiodescrição, ele a considerou boa, destacando o volume adequado, a velocidade da fala ideal e uma explicação muito completa, mantendo o padrão das audiodescrições anteriores.

AUDIODESCRIÇÕES- RESPOSTAS DAS PERCEPÇÕES SONORAS DA PELE E GUIZO DA CASCABEL

CONTEÚDO SONORO


Pele da cascavel Guizo

Participante 3  Adulto	O participante 3 ouviu à audiodescrição da pele da cascavel uma única vez. Descrevendo corretamente o formato das escamas, mencionando que são em forma de losango e apresentam cores como castanho claro, bege e preto. Ele também percebeu com clareza como é a pele da cascavel, notando que as escamas estão presentes em todo o corpo do animal e que os desenhos nelas são em formato de diamante. Quanto à qualidade da audiodescrição, a considerou boa, porque conseguiu ouvi-la mesmo em um ambiente compartilhado sem o fone de ouvido com fio devido à falta de compatibilidade do smartphone que seria interessante ter fones de ouvido compatíveis com bluetooth para melhorar a experiência de audição em situações semelhantes. Demonstrou familiaridade com o som do guizo da cascavel, não revelando surpresa ou medo após ouvir a audiodescrição. Ele descreveu corretamente o formato do guizo como tendo “gominhos”. Também percebeu com clareza a localização dos anéis no guizo, na cauda, e mencionou que o guizo é feito de queratina. Teve interesse e curiosidade, fazendo perguntas adicionais, como se o guizo da cascavel fica fora do corpo e se ele se perde quando a serpente dá um bote. Suas perguntas indicam uma boa compreensão e um desejo de aprender mais. Quanto à qualidade da audiodescrição, boa, destacando o volume adequado, a velocidade da fala ideal e uma explicação muito boa, seguindo o padrão que ele notou nas audiodescrições anteriores
Participante 4  Estudante	Quando questionada sobre como descreveria a aparência dos desenhos, a participante rapidamente mencionou em formato de diamante e as escamas são do formato de losango. Afirmei explicando que é possível perceber que todas as escamas recobrem o corpo inteiro da serpente, proporcionando uma espécie de proteção. Quanto às cores, as descreveu como castanho claro, bege e preto, mas ela precisou ouvir novamente audiodescrição na busca de entender melhor essa informação e responder com propriedade já que era um assunto novo. E quanto à qualidade da audiodescrição, achou volume adequado, a velocidade da fala estava na medida certa e a explicação foi muito boa em todas exibidas. E finalizou ao dizer: “foi normal ouvir os detalhes”. O primeiro aspecto que mencionado foi o som do guizo, ela explicou que para ela não parecia com o som de uma panela de pressão, mas se assemelha mais ao zumbido de mosquitos, algo mais natural. Para entender melhor, perguntei se esse som evocava algum sentimento ou causava algum desconforto nos ouvidos. Ela respondeu que se sentia normal ao ouvir o som, comparando-o ao ruído da natureza. Em relação ao formato dos anéis do guizo, a participante mencionou inicialmente que tinham um formato triangular. No entanto, após revisitar a audiodescrição e reler o trecho, ela corrigiu essa informação, afirmando que estava com dificuldades de memória. E quanto à formação do guizo da cascavel, ela conseguiu responder corretamente.

FIGURA 69. Respostas dos participantes 3 e 4 do item B do questionário audiodescrição: as percepções sonoras da pele e guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

Quando indagada a descrever a aparência dos desenhos, a participante 4 prontamente mencionou que eram em formato de diamante, enquanto as escamas eram

em formato de losango. Esclareci que todas as escamas cobrem completamente o corpo da serpente, fornecendo uma camada protetora. Quanto às cores, inicialmente, ela as descreveu como castanho claro, bege e preto, mas sentiu a necessidade de ouvir novamente a audiodescrição para compreender melhor esses detalhes antes de responder com precisão, já que era um tópico novo para ela. Em relação à qualidade da audiodescrição, ela avaliou que o volume estava adequado, a velocidade da fala era apropriada, e as explicações fornecidas eram muito boas, afirmando que **“foi normal ouvir os detalhes”** (Figura 69).

O primeiro ponto discutido foi o som do guizo, que a estudante 4 descreveu como mais semelhante ao **“zumbido de mosquitos”** do que ao som de uma panela de pressão, algo mais natural. Para obter mais clareza, perguntei se esse som evocava algum sentimento ou causava algum desconforto auditivo. Sua resposta indicou que ela se sentia à vontade ao ouvir o som, comparando-o aos ruídos da natureza. Em relação ao formato dos anéis no guizo, inicialmente, a participante 4 mencionou que tinham uma forma triangular. No entanto, após revisitar a audiodescrição e repassar o trecho, ela fez uma correção, explicando que estava tendo dificuldades de memória. No que diz respeito à composição do guizo da cascavel, ela forneceu uma resposta correta.

Observou-se um elevado grau de envolvimento da participante 5, demonstrado por sua curiosidade expressa antes de ouvir a audiodescrição. A aluna 5 exibiu interesse na capacidade das escamas da cascavel mudarem de cor, conforme ilustrado na Figura 70. Foi esclarecido que, no caso da cascavel, a cor com a qual ela nasce permanece inalterada ao longo de sua vida. No entanto, foi explicado que existem outras espécies de serpentes que nascem com uma cor e podem alterá-la na vida adulta. Quando questionada sobre o formato e a disposição das escamas no corpo do animal, ela prontamente descreveu-as como sendo em formato de losango. Sua resposta foi precisa e segura e, enfatizou que a audiodescrição tornou essa característica muito evidente, mesmo após uma única audição.

Antes de começarmos a explorar a audiodescrição, ela expressou sua curiosidade sobre o guizo da cascavel e porque ele emite esse som, sinalizando alto grau de curiosidade e desejo de adquirir conhecimento. A aluna 5 compartilhou o conhecimento de que o som do guizo serve para afastar as pessoas. Quanto ao formato dos anéis do guizo, a participante descreveu-o corretamente como oval. Além disso, após ter visto uma cascavel morta em sua propriedade no passado, foi explicado o motivo pelo qual não é aconselhável eliminar animais em seu ambiente natural, enfatizando a importância da conscientização ambiental e da educação das futuras gerações sobre a preservação da vida

selvagem. Em relação à qualidade das audiodescrições, ela elogiou o volume adequado, a velocidade da fala apropriada e a qualidade das explicações.

AUDIODESCRIÇÕES- RESPOSTAS DAS PERCEPÇÕES SONORAS DA PELE E GUIZO DA CASCVEL

CONTEÚDO SONORO

Participante 5
Estudante

Foi observado um engajamento positivo por parte da participante 5, pois antes de ouvir a audiodescrição, ela expressou curiosidade em relação à capacidade das escamas da cascavel de mudarem de cores. Explicou-se que, no caso da cascavel, a cor com a qual ela nasce permanece ao longo de sua vida, embora existam outras espécies de serpentes que nascem com uma cor e podem mudar de cor na vida adulta. Sobre o formato e a organização das escamas que recobrem o corpo do animal, ela citou com facilidade o formato de losango, foi respondido de forma precisa e segura que são muitas escamas está muito perceptível na audiodescrição, mesmo ouvindo uma única vez.

Antes de começarmos a ouvir a audiodescrição, ela perguntou sobre o que é o guizo e porque emite esse som. Isso demonstra seu interesse e curiosidade em aprender. Ela se expressou que acredita que é ruído serve para afastar as pessoas. Em relação ao formato dos anéis do guizo, a participante mencionou de forma certa, oval. Ao ter observado uma vez, uma cascavel morta em sua propriedade, expliquei sobre o porquê é prejudicial eliminarmos um animal em um ambiente natural, com objetivo de criar uma consciência ambiental e ensinar às outras gerações sobre a importância de preservar a vida selvagem. Sobre a qualidade das audiodescrições, considerou os áudio com volume adequado, a velocidade da fala ideal e uma explicação muito boa.

Participante 6
Estudante

Ela mencionou os desenhos de diamante nas escamas juntamente com as cores castanho claro, bege e preto. No entanto, devido a alguma distração ou dificuldade em captar essa informação, ela não conseguiu fornecer detalhes específicos sobre o formato de losango das escamas, por isso precisou ouvir mais uma vez até entender. Por outro lado, ela deu informações sobre a cabeça do animal, mencionando o formato em triângulo e conseguiu descrever aspectos gerais da aparência do animal com base em sua memória. Sobre a qualidade das audiodescrições, considerou os áudio com volume adequado, a velocidade da fala muito rápida (explicando que isso se deve a uma dificuldade auditiva). Além disso, ela elogiou a explicação, considerando muito boa.

Observou-se que a expressão facial dela se modificou ao final da exibição da audiodescrição, e ela teve uma forte reação ao som do guizo, imaginando que ele estivesse na sala, indicando que o som chamou bastante a atenção dela. Ela descreveu o formato do guizo como redondo, mas quando questionada sobre do que é feita a estrutura do guizo, ficou em silêncio, sem fazer comentários. Expliquei novamente o tema. Com bastante propriedade, ela afirmou que o guizo se localiza no final da cauda da serpente. Sobre a qualidade das audiodescrições, considerou os áudio com volume adequado, a velocidade da fala muito rápida (explicando que isso se deve a uma dificuldade auditiva). Além disso, ela elogiou a explicação, considerando-a muito boa.

FIGURA 70. Respostas das participantes 5 e 6 do item B do questionário audiodescrição: as percepções sonoras da pele e guizo da cascavel.

Fonte: Acervo pessoal.

Note-se na Figura 70 que a participante 6 fez menção dos desenhos em formato de diamante nas escamas, detalhando as cores castanho claro, bege e preto. Contudo, devido a distrações ou desafios em assimilar essa informação, ela não pôde inicialmente fornecer detalhes específicos sobre o formato de losango das escamas, exigindo uma revisão para compreender completamente. No entanto, ela conseguiu descrever as características gerais da cabeça da serpente, indicando um formato triangular e apresentou informações sobre a aparência geral do animal com base em sua memória. A respeito da qualidade das

audiodescrições, avaliou que o volume do áudio estava adequado, embora tenha notado que a velocidade da fala era rápida demais, mencionando que essa percepção se deve a uma limitação auditiva, ressaltando que essa foi uma percepção específica da participante 6. Os demais participantes ($n = 5$) não relataram nenhuma problemática com a velocidade da fala. Adicionalmente, elogiou a qualidade da explicação, considerando-a altamente satisfatória.

Observou-se uma clara mudança na expressão facial dela após a conclusão da audiodescrição e, ela reagiu fortemente ao som do guizo, dando a impressão de que acreditava que o som estava ocorrendo na parte interna da sala e que o som a cativou consideravelmente. Ela inicialmente descreveu o formato do guizo como redondo, mas ao ser questionada sobre a composição do guizo, permaneceu em silêncio, sem emitir comentários. O assunto foi reexplicado e, com confiança, ela afirmou que o guizo está localizado no final da cauda da serpente.

Figura 71 exibe a percepção tátil do formato das escamas na cabeça das diferentes serpentes nos modelos 3D, incluindo a jararaca de veludo, cascavel, cobra-verde, e a jiboia, conforme relatado pelos seis participantes.

Para os modelos 3D da jararaca de veludo e a cobra verde, a maioria dos participantes, isto é, cinco (83%) descreveram a percepção tátil das escamas da cabeça como **“pouco perceptível, mas consigo definir o formato”**. Por outro lado, um participante (17%) relatou a percepção **“não perceptível”**. No caso da cascavel, todos os participantes (100%) relataram que a percepção tátil das escamas da cabeça era **“pouco perceptível, mas consigo definir o formato”**. Na jiboia, a percepção tátil das escamas da cabeça variou, dois participantes (33%) relataram **“pouco perceptível, mas consigo definir o formato”** enquanto quatro participantes (67%) descreveram como **“não perceptível”**.

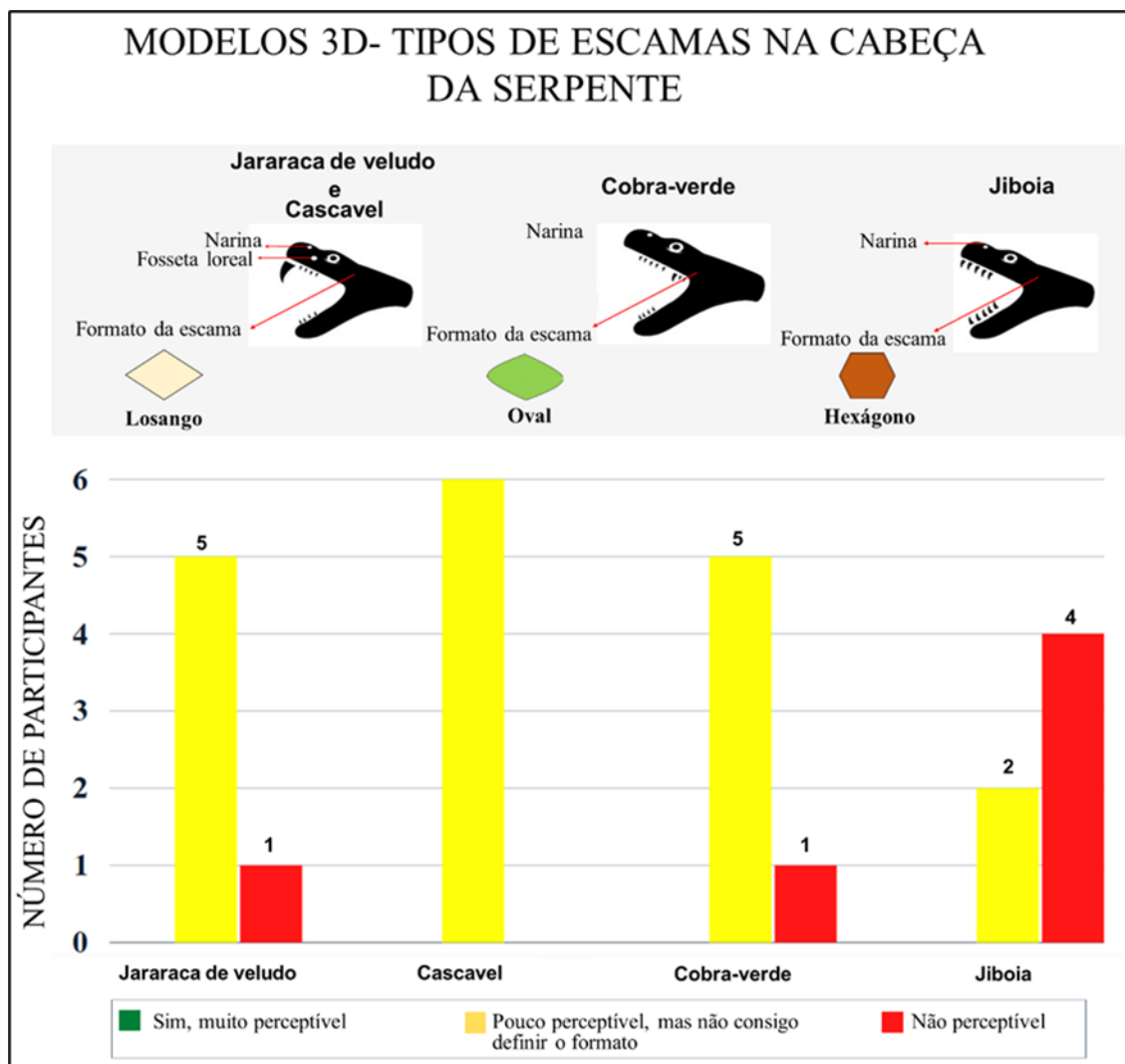


FIGURA 71. Pergunta do item C do questionário sobre modelo 3D: o formato das escamas localizada na cabeça das serpentes por meio do tato.

Fonte: Acervo pessoal.

Dentro deste contexto, quando questionados individualmente sobre a textura das escamas, os seis participantes identificaram a textura das escamas das diferentes espécies de serpentes. Especificamente, as escamas de jararaca de veludo, cascavel e cobra-verde foram consistentemente descritas como “**ásperas**”, enquanto as escamas da jiboia foram identificadas como “**lisas**”. Esses resultados indicam que, em geral, a percepção tátil das escamas na cabeça das serpentes foi relatada como “**pouco perceptível, mas consigo definir o formato**” ou “**não perceptível**” pelos participantes. Isso pode sugerir que a textura das escamas nessa região não é facilmente identificável ao toque.

A inclusão da estratégia improvisada, que engloba o uso de material complementar acessível representando o formato de três tipos de escamas: losango, oval e hexágono

sendo elaborado em papel cartão marrom, apresentando uma textura tátil áspera ao longo do contorno das bordas, perfurado com agulha e realçado com uma caneta esferográfica de tinta preta, com o intuito de atender às necessidades dos educandos com baixa visão e proporcionar detalhes táteis das escamas nas cabeças das serpentes. Refletindo em uma abordagem cuidadosamente planejada para aprimorar a experiência tátil dos participantes (Figura 72). Esta iniciativa demonstra um compromisso inequívoco em mitigar quaisquer deficiências na percepção tátil original das escamas, contribuindo assim para a qualidade da experiência geral dos participantes.

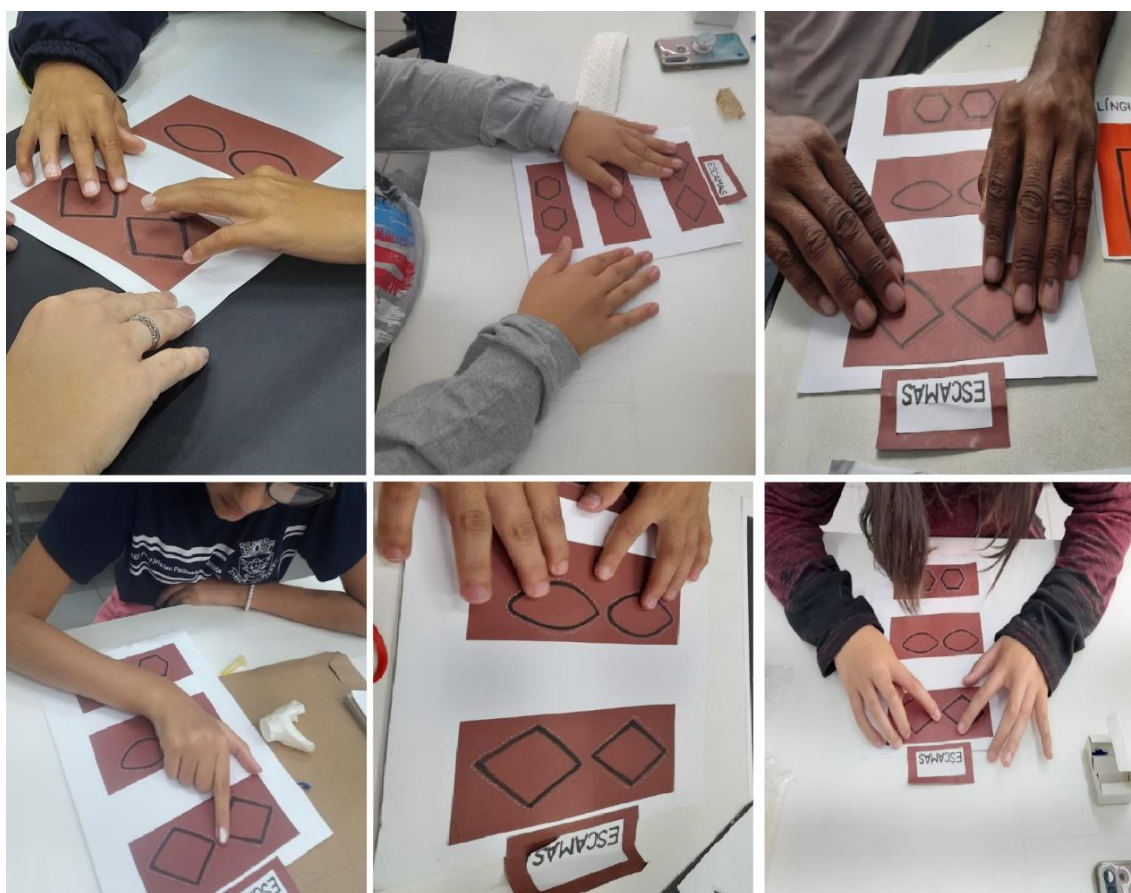


FIGURA 72. Uso de material complementar acessível para representar o formato de três tipos de escamas: losango, oval e hexágono, com a participação de seis participantes.

Fonte: Acervo pessoal.

Essa abordagem foi adotada em resposta de que as escamas são muito visuais e limitadas em percepção tátil. A capacidade de identificar essa necessidade e implementar estratégias eficazes demonstra um compromisso notável com a acessibilidade e a eficácia no ensino e na comunicação científica.

Sobre a avaliação da audiodescrição das escamas nas cabeças dos animais, todos os participantes (n=6) a consideraram como **“muito perceptível”**. Eles demonstraram alto nível de compreensão ao ouvir conteúdo sonoro em relação dos diferentes tipos de escamas, incluindo losango, hexágono e oval. Suas respostas consistentemente indicaram uma compreensão sólida e abrangente destes elementos oralmente, refletindo a eficácia da audiodescrição no fornecimento de informações claras e compreensíveis corroborados pela Figura 73, que mostra a taxa de 100% de compreensão dos participantes em relação aos diferentes tipos de escamas na cabeça das serpentes.

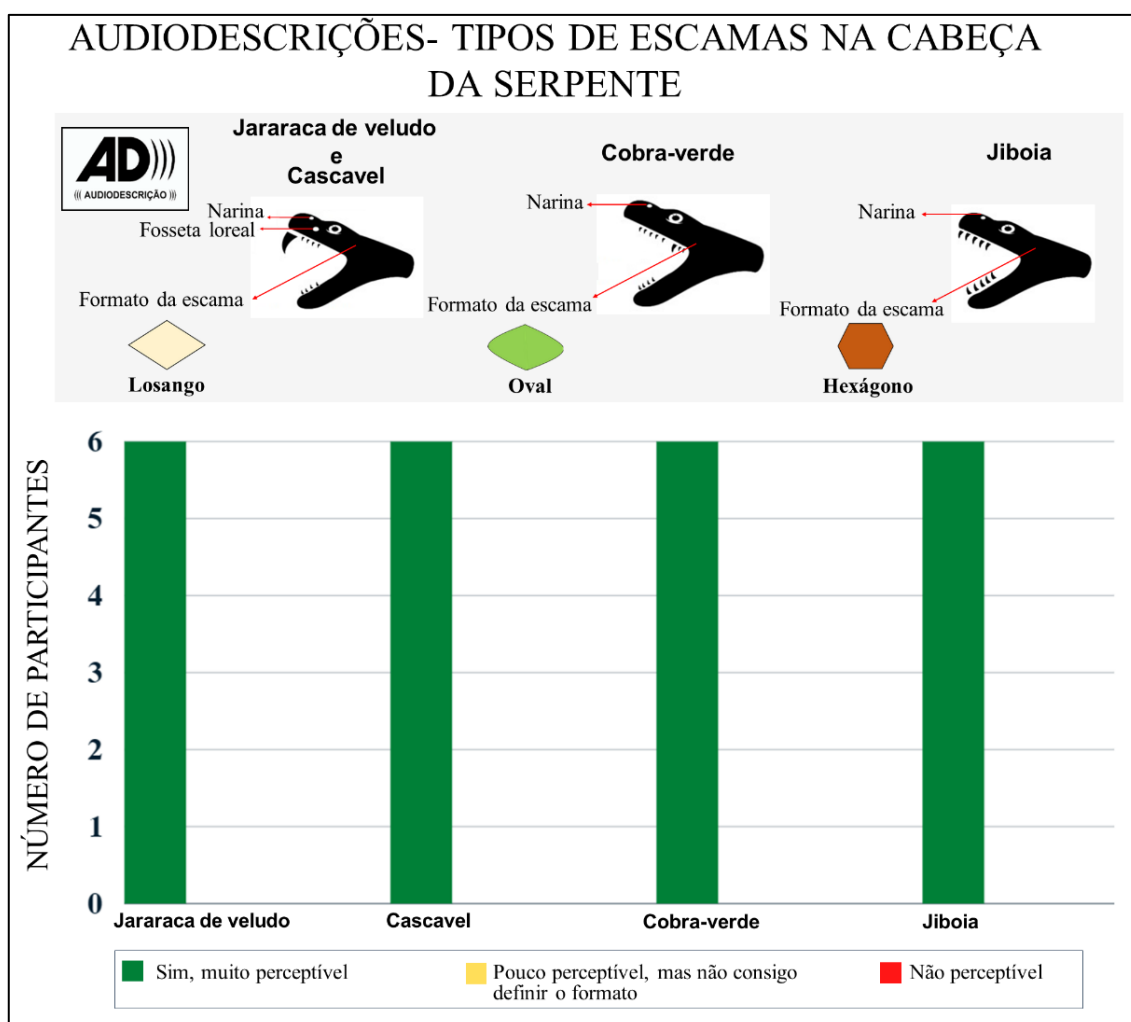


FIGURA 73. Pergunta do item C do questionário sobre audiodescrição: o formato das escamas localizada na cabeça das serpentes por meio conteúdo sonoro.

Fonte: Acervo pessoal.

Conforme apresentado na Figura 74, os resultados indicam que na avaliação da compreensão da grande capacidade que o animal possui para abrir a boca, todos os seis participantes (100%) relataram uma percepção tátil como **“sim, muito compreensível”**. Nenhum participante indicou uma compreensão **“pouco compreensível”** ou **“não compreensível”** quando avaliando essa característica tátil no modelo 3D da cabeça da jararaca de veludo na escala real.

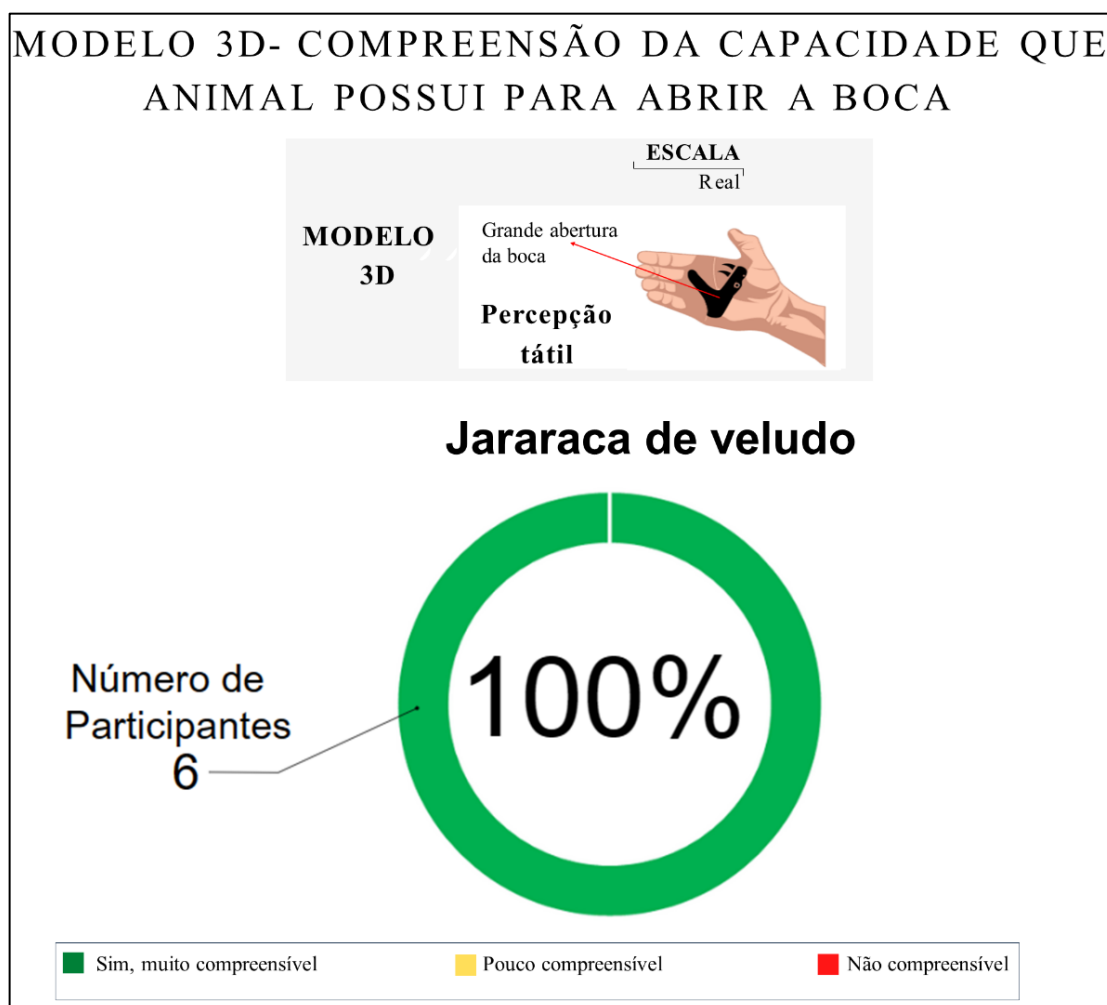


FIGURA 74. Pergunta do item D do questionário sobre modelo 3D: perceber a grande capacidade que o animal possui para abrir a boca e entender como é a jararaca de veludo por meio do tato.

Fonte: Acervo pessoal.

Na validação da compreensão da diferença de tamanho entre o modelo real e o ampliado, observou-se o seguinte conforme ilustra a Figura 75, na escala ampliada, dos modelos 3D cabeça da cascavel, cobra-verde, jiboia e o guizo todos os seis participantes

demonstraram uma percepção tátil **“sim, muito compreensível”**, satisfeitos em relação à diferença de tamanho entre o modelo ampliado e o modelo real. Isso sugere que 100% dos participantes foram capazes de discernir, com sucesso, as discrepâncias de tamanho entre os modelos nas escalas, tanto real quanto ampliada.

Já, na peça 3D da pele da cascavel, cinco participantes descreveram como **“sim, muito compreensível”**, isto é, 83% deles, entretanto, é digno de nota que um dos participantes, expressou uma percepção limitada ao afirmar que a diferença de tamanho entre os modelos ampliado e real foi considerada **“pouco compreensível”**. Quando indagado sobre os motivos dessa percepção, não forneceu uma explicação detalhada, apenas expressando o **“desejo de uma maior compreensão individualizada em relação a cada escama”**.

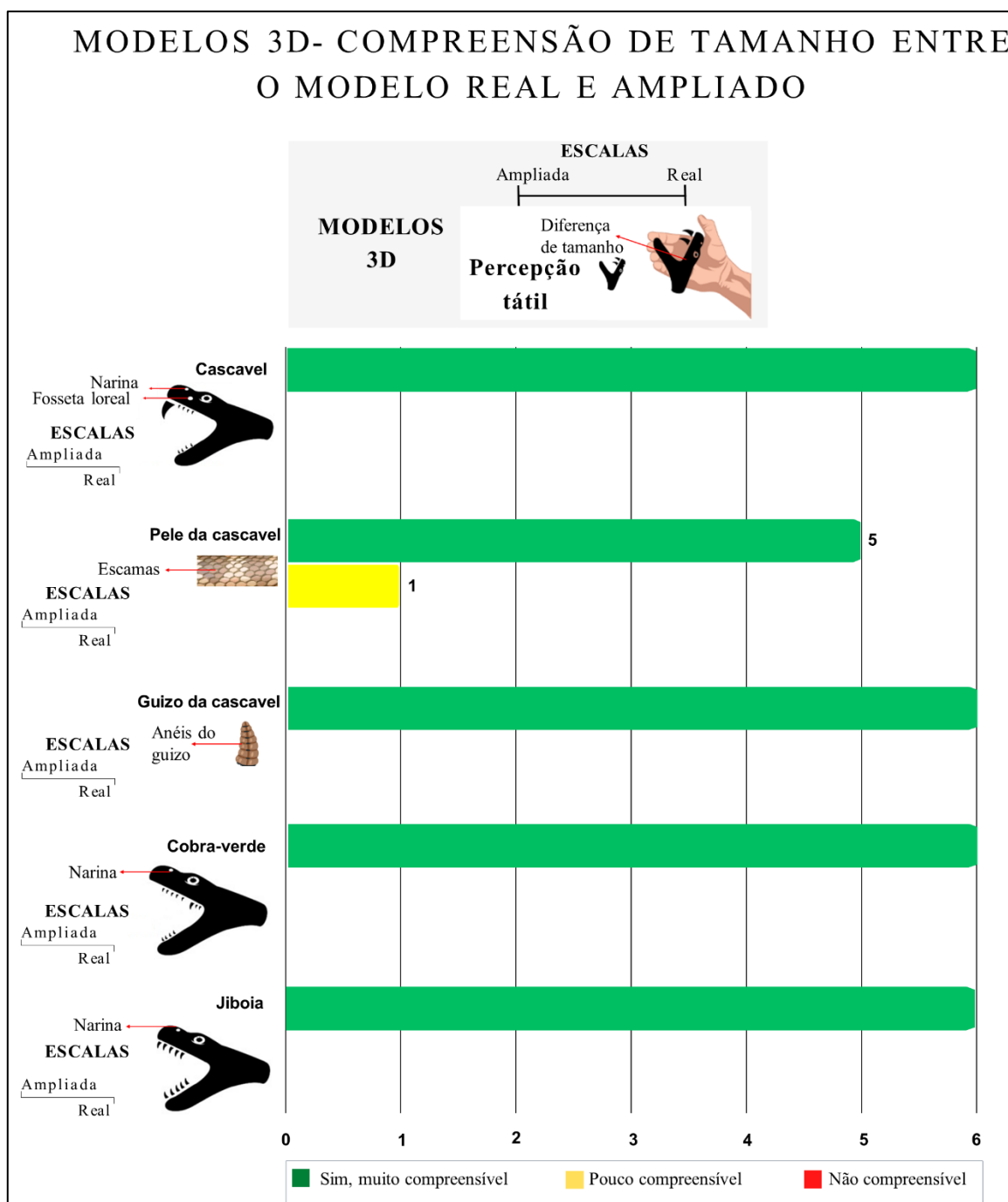


FIGURA 75. Pergunta do item D do questionário sobre modelo 3D: comparação do tamanho do modelo original em relação ao modelo ampliado e assim entender como são as cabeças das serpentes, pele e guizo da cascavel por meio do tato.

Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 76 demonstra que todos os seis participantes relataram “**sim, perfeitamente**”, ou seja, eles conseguiram imaginar perfeitamente em sua totalidade após ouvir a audiodescrição. Isso indica uma taxa de satisfação de 100% no que diz respeito à capacidade da audiodescrição de transmitir com sucesso a imagem mental das cabeças

das diferentes espécies de serpentes e as estruturas como pele e guizo da cascavel aos participantes.

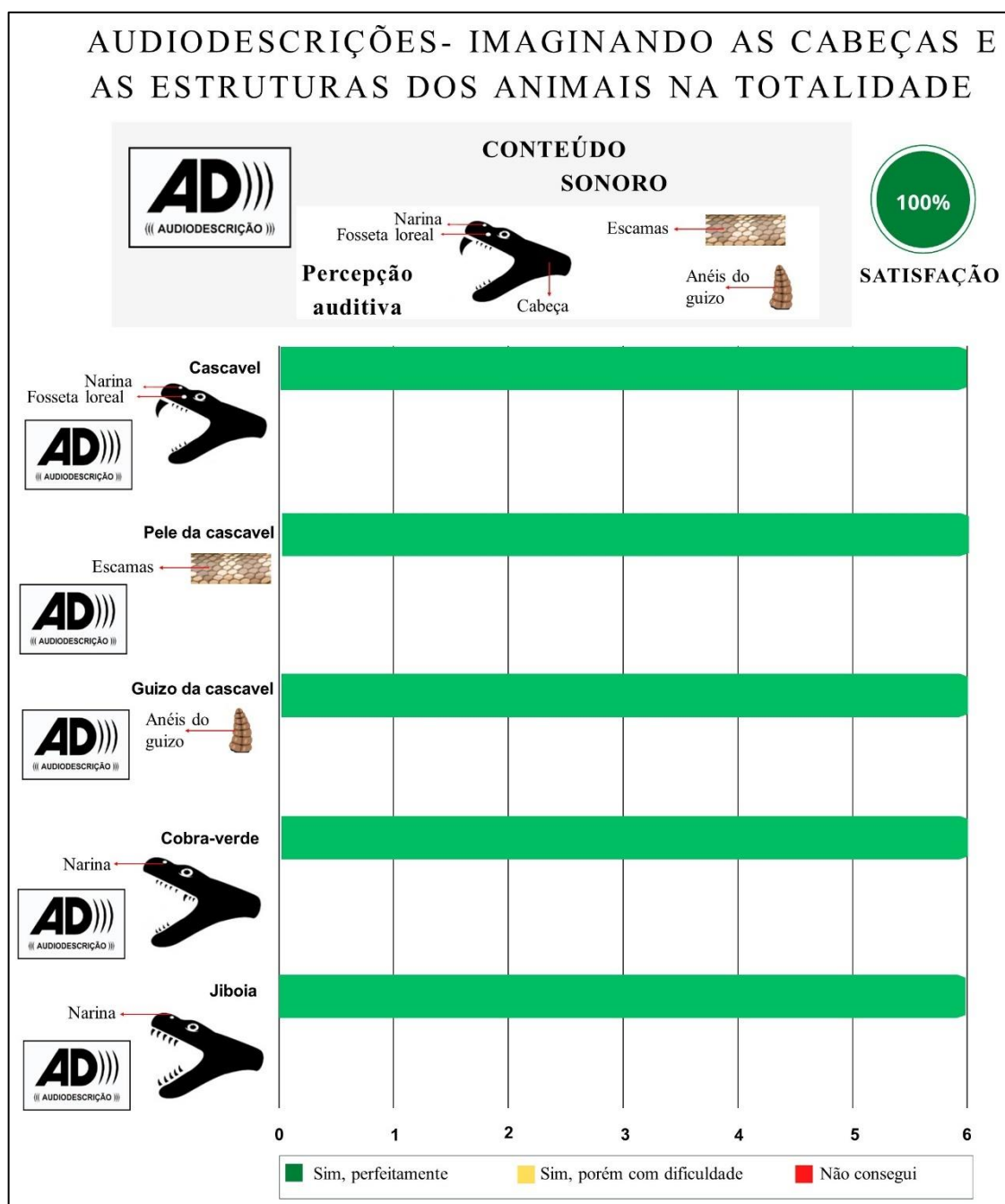


FIGURA 76. Pergunta do item D do questionário sobre audiodescrição: imaginar na totalidade como são as cabeças das serpentes, pele e guizo da cascavel por meio do conteúdo sonoro.

Fonte: Acervo pessoal.

Os dados retratados na Figura 77 revelam sobre a avaliação dada pelos integrantes do estudo em relação à qualidade do material enquanto eles exploravam os modelos 3D em PLA. Ficando evidente que, tanto na cabeça da cascavel, cobra-verde, jiboia e o guizo os seis participantes (100%), consideraram os recursos educacional feito de um material biodegradável como **“muito acessível, material excelente”**, refletindo assim, na eficácia do material em proporcionar uma experiência tátil satisfatória.

No entanto, ao analisar as respostas dos participantes sobre o modelo 3D da cabeça jararaca de veludo, cinco participantes classificaram como **“pouco acessível, material bom”**, sendo assim a maioria deles (83%). Enquanto apenas um participante denominou como **“muito acessível, material excelente”**, dessa forma, a minoria (17%). Quanto a pele da cascavel cinco participantes consideraram **“muito acessível, material excelente”** (83%) e apenas um participante a classificou como **“pouco acessível, material bom”** (17%). Essas avaliações oferecem *insights* importantes sobre a percepção dos participantes em relação ao material e modelos utilizados neste estudo.

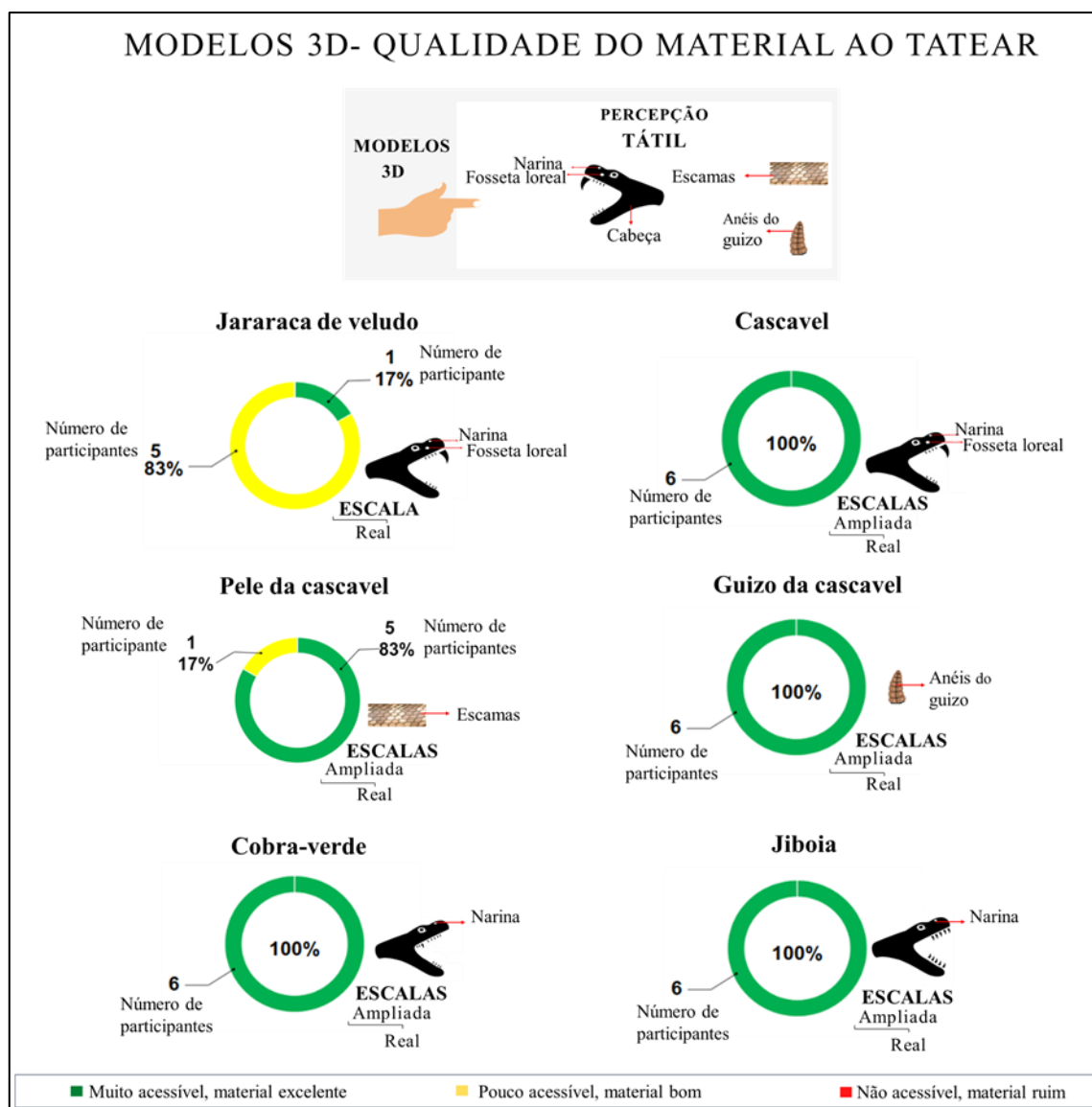


FIGURA 77. Pergunta do item E do questionário sobre modelo 3D: a relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear as cabeças das serpentes, pele e guizo da cascavel por meio do tato.

Fonte: Acervo pessoal.

Ao investigar mais sobre as respostas dadas para o modelo 3D da cabeça jararaca de veludo e a pele da cascavel em comparação com as outros modelos 3D, revelou uma classificação geral como **“pouco acessível, material bom”**. Isso porque diversos fatores podem ser atribuídos a essa análise.

Em primeiro lugar, a percepção tátil foram variáveis entre os participantes, devido às diferenças individuais na sensibilidade tátil. Portanto, alguns participantes podem ter enfrentado maior dificuldade em identificar as características no modelo 3D na cabeça da jararaca de veludo, especialmente devido à apresentação em escala real.

Além disso, é fundamental considerar que fatores pessoais desempenham um papel importante como, por exemplo, distrações, timidez ou nervosismo, podem afetar significativamente a percepção dos participantes durante a interação com material tátil. A experiência prévia dos participantes também pode influenciar a percepção de acessibilidade. Aqueles com menos experiência podem ter encontrado desafios adicionais na identificação das características.

É importante ressaltar que estas são apenas algumas das possíveis razões subjacentes a esta avaliação por meio da interação com os todos os participantes e que a percepção de acessibilidade pode variar consideravelmente de pessoa para pessoa. Os participantes com dificuldades não forneceram uma explicação abrangente e detalhada para justificar por que consideraram o modelo 3D **“pouco acessível, material bom”**.

Explorando outro tema que envolve os distintos tipos de matéria-prima, destaca-se o ABS, um filamento notável e de suma importância na fabricação de produtos diversos. Que se destaca pela sua versatilidade, sendo uma escolha popular devido à sua resistência, durabilidade e maleabilidade, características ideais para a confecção de peças robustos e duráveis. Seu custo mais acessível, comparado ao PLA, pode ser um fator significativo para sua adoção.

No entanto, é crucial mencionar as desvantagens do ABS, sobre a não biodegradabilidade e a exigência de temperaturas elevadas. Essas questões são contornadas ao operar o material em ambientes ventilados e utilizando impressoras fechadas. Essa abordagem estratégica reforça o ABS como um material alternativo versátil e eficaz (Francisco, 2016).

Na Figura 78, apresentamos a avaliação da qualidade do áudio nas audiodescrições, conforme relatado pelos participantes. Assim, observamos que a maioria, ou seja, cinco dos participantes classificou a qualidade do áudio como **“muito bom”** (83%), enquanto apenas um integrante a avaliou como **“bom”** (17%). Não houve relatos de **“razoável”** e **“muito ruim”** na avaliação da qualidade do áudio.

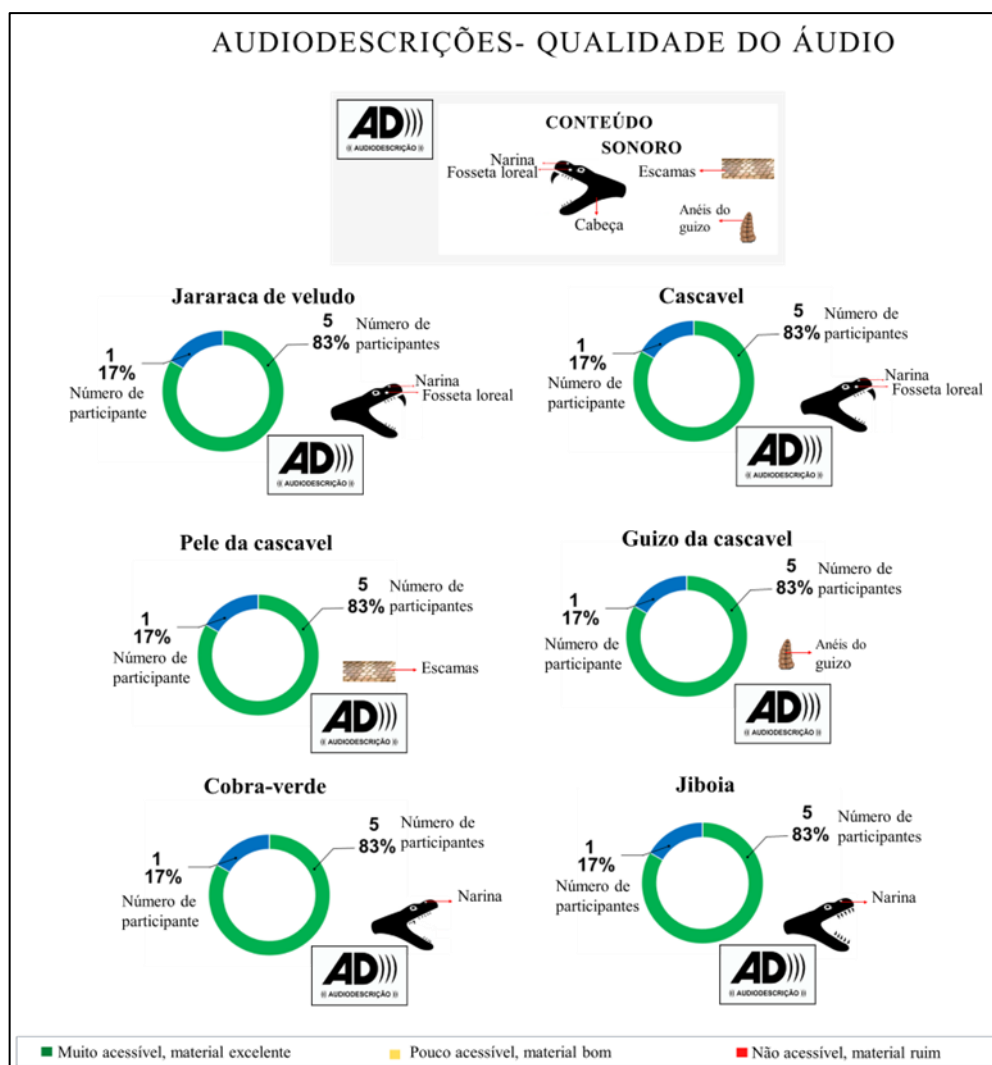


FIGURA 78. Pergunta do item E do questionário sobre audiodescrição: verificação da qualidade do áudio por meio do conteúdo sonoro.

Fonte: Acervo pessoal.

Esses resultados indicam uma resposta positiva por grande parte dos participantes em relação à qualidade do áudio da audiodescrição, isto é, a maioria deles percebeu a qualidade do áudio como sendo **“muito bom”**, o que sugere uma experiência auditiva satisfatória durante a audiodescrição, exceto por um participante. A razão para essa avaliação divergente foi atribuída a um problema específico: o fone de ouvido que não era compatível com o smartphone utilizado durante a exibição da audiodescrição, no momento da entrevista. Vale ressaltar que não estavam disponíveis outras opções de acessórios compatíveis, como fones de ouvido *bluetooth* ou caixa de som. Apesar desta limitação, o integrante do estudo demonstrou interesse em acompanhar o conteúdo auditivo relativo às características dos animais.

4.11. Expandido o aprendizado com os modelos 3D: pintura em cores de alto contraste e reais

Ao ampliar as dimensões dos modelos 3D para realçar detalhes, assim como empregar acabamento (colagem, lixamento e a pintura na cor branca), as peças 3D podem se transformar em ferramentas educacionais de grande impacto. Isso permite que estudantes e entusiastas vivenciem uma experiência imersiva e enriquecedora, especialmente ao explorar detalhes anatômicos e características das serpentes, como nos crânios (Figura 79). Essa abordagem torna a educação e a apreciação da anatomia desses animais muito mais acessíveis e cativantes, beneficiando tanto as pessoas videntes, quanto aqueles com a deficiência visual.

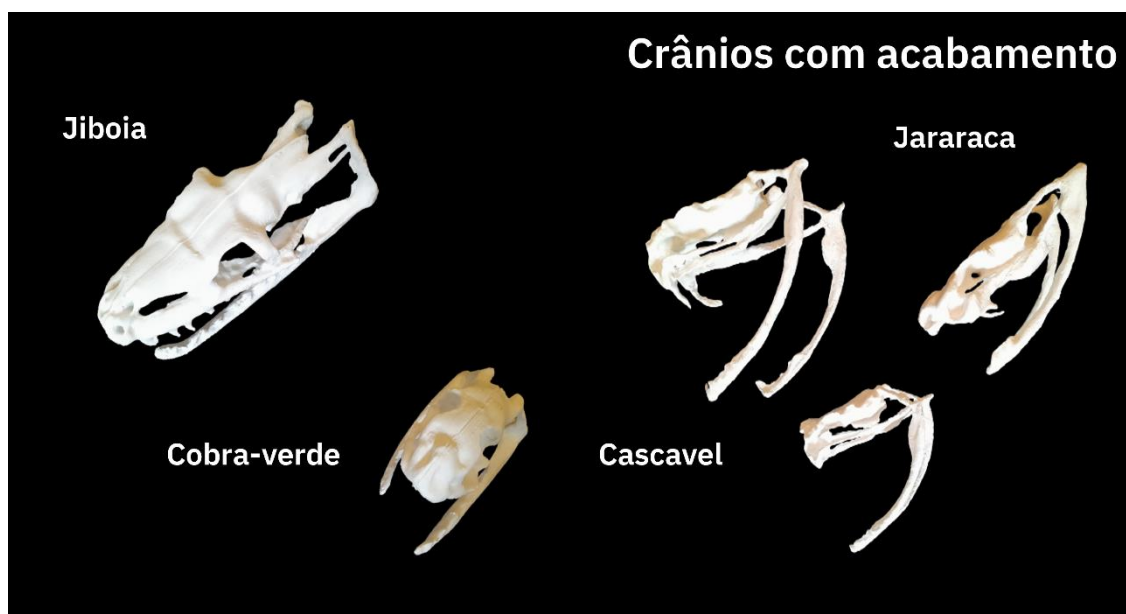


FIGURA 79. Modelos 3D finalizados dos crânios das serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

A tecnologia de impressão 3D, aliada à pintura em cores reais e alto contraste (amarelo preto e branco), tem o potencial de enriquecer a percepção visual dos objetos tridimensionais. Estes modelos tridimensionais não apenas cativam o sentido visual das pessoas com a visão, mas também proporcionam uma valiosa oportunidade para os indivíduos com baixa visão, explorarem e compreenderem as peças 3D de maneira mais tangível e aprofundada melhorando assim, sua experiência de aprendizado sobre as serpentes não peçonhentas (Figura 80) e peçonhentas (Figura 81).



FIGURA 80. Modelos 3D finalizados das serpentes não peçonhentas.

Fonte: Acervo pessoal.



FIGURA 81. Modelos 3D finalizados das serpentes peçonhentas.

Fonte: Acervo pessoal.

A fabricação aditiva enriquece significativamente a experiência de exploração para indivíduos com deficiência visual, permitindo uma percepção mais detalhada do mundo à sua volta. Isso promove a inclusão social e torna a educação mais acessível e eficaz.

Essa tecnologia encontra ampla aplicação em diversas áreas, notadamente na educação. Os modelos 3D em cores reais e alto contraste abrem novas possibilidades para a exploração de conceitos, proporcionando uma abordagem inovadora no aprendizado. Além disso, esses modelos desempenham um papel fundamental no estudo aprofundado das diversas características distintivas das cabeças e caudas das serpentes. Isto contribui significativamente para a compreensão desses animais e de seus comportamentos (Figura 82).

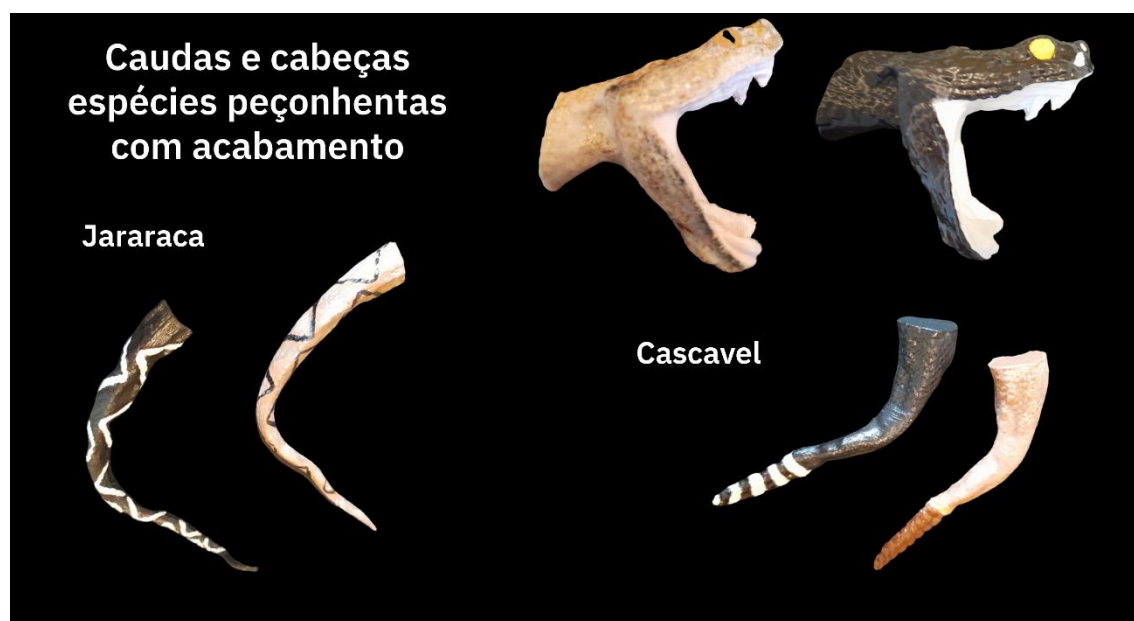


FIGURA 82. Modelos 3D finalizados das caudas e cabeças.

Fonte: Acervo pessoal.

Adicionalmente, no contexto dos tipos de locomoções, cada um apresenta adaptações anatômicas específicas e é empregado em situações particulares. Essa notável diversidade de movimentos que vista por meio da adaptação evolutiva das serpentes em uma gama de ambientes e modos de vida (Figura 83).



FIGURA 83. Modelos 3D finalizados dos quatro movimentos das serpentes.

Fonte: Acervo pessoal.

Os arquivos digitais em formatos STL, 3MF e o *G Code* da impressora *BIQU 1* e *ENDER 3*, que foram gerados durante este estudo, estão prontamente disponíveis para acesso e *download* (Apêndice F). Para acessar os links que estão destacados em uma lista completa. Basta localizá-los no texto, posicionar o cursor sobre o *link* e pressionar simultaneamente a tecla “*CTRL*” enquanto clica-se com o botão direito do mouse. Isso o levará ao seu navegador da *web* padrão, podendo assim acessar o material de interesse no *Google Drive*. Organizamos esses materiais de forma clara e lógica, tornando a localização fácil e rápida para os interessados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da literatura e dos resultados obtidos foi possível perceber que precisamos cada vez mais de profissionais trabalhando a inclusão social em todos os setores. Também é fundamental destacar que, cada vez mais, é importante a elaboração de materiais adaptados para o ensino e aprendizagem, com o intuito de aumentar o acesso de pessoas com deficiência visual aos espaços da sociedade.

Fizemos a validação de algumas dessas peças 3D, incorporando recursos como audiodescrição por meio de questionários e produzimos placas em Braille para intensificar a acessibilidade na educação, possibilitando um ambiente de aprendizado envolvente e inclusivo no estudo das serpentes. Além de seu valor educacional, estes modelos 3D também têm o potencial de elevar a conscientização sobre a importância da preservação das serpentes e a necessidade de uma convivência responsável com esses animais em nosso ecossistema. Em suma, a tecnologia de impressão 3D desempenha um papel crucial na promoção da inclusão, especialmente para indivíduos cegos e com baixa visão, ao oferecer acesso a materiais adaptados e tecnologias assistivas. Essa pesquisa demonstra como a biologia e a tecnologia podem avançar na construção de um mundo mais igualitário e acessível para todos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. G. **Impressão 3D**: um estudo exploratório sobre desenhos de modelos de negócio. 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Negócios) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12142/tde-17032020-180812/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ALVES, J. M. **Para além da acessibilidade**: a empatia na audiodescrição. 2021. 17 f. Monografia (Licenciatura em Biblioteconomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2021. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228425/TCC_Juliana%20Alves_Final%20DOC%20ENTREGA%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 dez. 2021.

ALVES, S. F.; ARAÚJO, V. L. S. Formação do audiodescritor: a estética cinematográfica como base para o aprendizado da estética da audiodescrição - materiais, métodos e produtos. **Caderno de Tradução**, Florianópolis v. 36, n. 3, p. 34-59, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/traducao/article/view/21757968.2016v36n3p34/32400>. Acesso em: 10 dez. 2021.

ALVES, S. F.; TELES, V. C.; PEREIRA, T. V. Propostas para um modelo brasileiro de audiodescrição para deficientes visuais. **Revista Tradução e Comunicação**, São Paulo, v. 22, n. 22 p. 1-21, 2011. Disponível em: <https://revista.pgskroton.com/index.php/traducom/article/view/1811>. Acesso em: 22 set. 2021.

ARCAND, K. K. *et al.* Touching the stars: improving NASA 3D printed data sets with blind and visually impaired audiences. **Journal of Science Communication**, Trieste, v. 18, n. 4, p. 1-22, 2019. Disponível em: https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/JCOM_1804_2019_A01.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

BARBOSA, J. B. M. *et al.* Utilização de impressoras 3D para o desenvolvimento de metodologias ativas em cursos de engenharia. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 10, n. 10, p. e181101018657, 2021. DOI 10.33448/rsd-v10i10.18657. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18657>. Acesso em: 1 set. 2023.

BELL, E. C.; SILVERMAN, A. M. Access to math and science content for youth who are blind or visually impaired. **The Journal of Blindness Innovation Research**, Baltimore, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://nfb.org/images/nfb/publications/jbir/jbir19/jbir090101.html>. Acesso em: 29 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: educação é a base. Brasília: Ministério da Educação, 2017. 600 p. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 1 set. 2023.

BRASIL. Ministério das Comunicações (MC). Portaria nº 188, de 24 de março de 2010. Altera o subitem 3.3 e o item 7 da Norma Complementar n. 01/2006 — Recursos de acessibilidade, para pessoas com deficiência, na programação veiculada nos serviços de radiodifusão de sons e imagens e de retransmissão de televisão. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 153, 25 mar. 2010. Disponível em: <http://repositorio.mctic.gov.br/handle/mctic/1959>. Acesso em: 15 dez. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 19 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Biblioteca Virtual em Saúde Ministério da Saúde. **Dia internacional de atenção aos acidentes ofídicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, mar. 2019b. Disponível em: <http://bvs.saude.gov.br/ultimas-noticias/2790-19-9-dia-internacional-de-atencao-aos-acidentes-ofidicos>. Acesso em: 27 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Acidentes de trabalho por animais peçonhentos entre trabalhadores do campo, floresta e águas, Brasil 2007 a 2017. **Boletim Epidemiológico**, Brasília, v. 50, n. 11, p. 1-14, mar. 2019a. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/marco/29/2018-059.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

BRULÉ, E. *et al.* MapSense: multi-sensory interactive maps for children living with visual impairments. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2016, San José, California, USA. **Proceedings** [...]. New York: Association for Computing Machinery, 2016. Disponível em: <https://hal.inria.fr/hal01263056/document>. Acesso em: 4 abr. 2022.

CALAZANS, A.; MARTINS, C. A. O uso da tecnologia de impressão 3D na educação: pressupostos conceituais a partir da teoria do duplo aspecto de Andrew Feenberg. **Revista Dialectus**, São Paulo, n. 23, p. 33-53, 2021. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/dialectus/article/view/71847/197293>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CANEDO-ARGUELLES, E. L.; SOMONTE, M. D. Estado actual del prototipado rápido y futuro de éste. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA GRÁFICA, 11., 1999, Logroño. **Proceedings** [...]. Logroño: Universidad de la Rioja, 1999. v. 3, p. 1242-1255. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358595456_Estado_actual_del_prototipado_rapido_y_futuro_de_este. Acesso em: 15 ago. 2023.

CBN CAMPINAS. **Festival internacional de filmes sobre deficiência**. Fala de: Graciela Pozzobon. Campinas: Estúdio CBN, 2021. 1 vídeo (7:50 min.). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fZ0QIa2LVqg>. Acesso em: 9 jan. 2022.

CHOI, S. H.; SAMAVEDAM, S. Modelling and optimisation of rapid prototyping. **Computers in Industry**, New York, v. 47, n. 1, p. 1-21, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361501001403>. Acesso em: 12

ago. 2023.

COMO fazer cortes precisos na sua impressão 3d com meshmixer. Produção de: Oswaldo Salzano. São Paulo: Estúdio 3D Print Academy Impressão 3D Pro e Maker, 2020. 1 vídeo (7:20 min.). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pVITNHBNvLk>. Acesso em: 18 jul. 2023.

COSTA, G. R. V.; MAIOR, I. M. M. L.; DE LIMA, N. M. Acessibilidade no Brasil: uma visão histórica. In: SEMINÁRIO, 3., OFICINAS ACESSIBILIDADE, TI E INCLUSÃO DIGITAL, 2., 2005, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Secretaria Especial dos Direitos Humanos, 2005. p. 1-5. Disponível em: http://www.prodiam.sp.gov.br/multimidia/midia/cd_atiid/conteudo/ATIID2005/MR1/01/AcessibilidadeNoBrasilHistorico.pdf. Acesso em 07 jan. 2022.

COSTA, L. M. Normas técnicas da audiodescrição nos Estados Unidos e na Europa e seus desdobramentos no Brasil: interpretação em foco. **Revista Brasileira de Tradução Visual**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 1-24, 2012. Disponível em: <https://adww.online/normas-tecnicas-da-audiodescricao-nos-estados-unidos-e-na-europa-e-seus-desdobramentos-no-brasil-interpretacao-em-foco/>. Acesso em: 30 set. 2021.

CRIE encaixes para impressão 3D de maneira muito rápida e fácil. Produção de: Murilo Laffranchi. Jaboticabal: Estúdio 3D Geek Show Impressão 3D, 2018. 1 vídeo (16:41 min.). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Kf7QfQTZ-R8>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CRISTO, A. L. L.; FREITAS, T. Y. P.; RODRIGUES, J.; LOPES, J. A interface entre terapia ocupacional e impressão 3D: desenvolvimento de protótipo de prótese funcional. In: MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L.C. (org.). **Tecnologia assistida desenvolvimento e aplicação**. Bauru: Canal 6 Editora, 2018. cap. 3, p. 213-223. Disponível em: <https://www.canal6livraria.com.br/pd-5ed353-tecnologia-assistida-desenvolvimento-e-aplicacao.html>. Acesso em: 21 jun. 2021.

DOMINGUES, C. A. *et al.* **A educação especial na perspectiva da inclusão escolar: os alunos com deficiência visual: baixa visão e cegueira**. Brasília: Secretaria de Educação Especial, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/43214>. Acesso em: 9 ago. 2021.

FERNANDES, W. L.; COSTA, C. S. L. Possibilidades da tutoria de pares para estudantes com deficiência visual no ensino técnico e superior. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 21, n. 1, p. 39-56, 2015. DOI 10.1590/S1413-65382115000100004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbee/a/NdbbF87fYFSTdrRwwLB8hWP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2023.

FRANCISCO, B. M. **Simulação no processo de injeção utilizando o software moldflow**. 2016. 40 f. Monografia (Tecnologia em Polímeros) - Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba, 2016. Disponível em: http://www.fatecsorocaba.edu.br/nucleos/naap/SIMULACAOINJECAO_SOFTWARE_MOLDFLOW-BEATRIZ-FRANCISCO.pdf. Acesso em: 16 nov. 2023.

FRANCO, E. P. C. A importância da pesquisa acadêmica para o estabelecimento de normas da audiodescrição no Brasil. **Revista Brasileira de Tradução Visual**, Recife, v. 3, n. 3, p. 1-14, 2010. Disponível em: <https://adwww.onlineimportancia-da-pesquisaacademica-para-o-estabelecimento-de-normas-da-audiodescricao-no-brasil/>. Acesso em: 22 set. 2021.

FRANCO, E. P. C.; SILVA, M. C. C. C. Audiodescrição: breve passeio histórico. In: MOTTA, L. M. V. M.; M. ROMEU FILHO, P. (org.). **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria dos Direitos das Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. cap. 1, p. 19-36. Disponível em: <http://www.vercompalavras.com.br/download/audiodescricao-transformando-imagemem-palavras.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2022.

GALVÃO FILHO, T. A. **Tecnologia assistiva para uma escola inclusiva: apropriação, demandas e perspectivas**. 2009. 346 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/10563/1/Tese%20Teofilo%20Galvao.pdf>. Acesso em: 2 set. 2023.

GONZAGA, A. Materiais adaptados ajudam a incluir. **Nova Escola Gestão**, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://gestaoescolar.org.br/conteudo/350/materiais-adaptados-ajudam-a-incluir#:~:text=%2D%20Objetos%20sonoros%20Inserir%20guizos%20ou,para%20que m%20tem%20dificuldade%20motora./>. Acesso em: 14 mar. 2021.

GONZALES, J. **Audiodescrição na TV aberta e nas plataformas streaming**. Bauru: Grupo de Pesquisa MATAV, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/31d4qaV>. Acesso em: 16 dez. 2021.

HU, D. L. *et al.* The mechanics of slithering locomotion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, New York, v. 106, n. 25, p. 10081-10085, 2009. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.0812533106>. Acesso em: 21 jul. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência**. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 17 nov. 2023.

INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. **Recursos didáticos na educação especial**. Rio de Janeiro: IBC, 2016. Disponível em: <http://www.ibc.gov.br/educacao/71-educacao-basica/ensino-fundamental/262-recursos-didaticos-naeducacaoespecial#:~:text=Recursos%20did%C3%A1ticos%20s%C3%A3o%20todos%20os,se%20num%20meio%20para%20facilitar%2C>. Acesso em: 19 fev. 2021.

JERONIMO, B. **A educação ambiental na preservação de serpentes**. 2013. 12 f. Monografia (Licenciatura em Biologia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119477/jeronimo_bc_tcc_botib.pdf?sequen ce=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 mar. 2021.

KÖNIG, N. *et al.* Method for segmentation and hybrid joining of additive manufactured segments in prototyping using the example of trim parts. **Designs**, Basel, v. 6, n. 1, p. 2, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2411-9660/6/1/2>. Acesso em: 2 set. 2023.

LOPES, A. P. S. **A tecnologia assistiva para a inclusão de alunos com deficiência na educação superior**: concepção e avaliação de um portal educacional para auxiliar a prática docente. 2019. 141 f. Dissertação (Mestrado em Cultura e Sociedade) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2773>. Acesso em: 5 set. 2023.

MACHADO, E. B.; PEIXOTO, P. B. **Prática cordados**: introdução ao preparo de esqueletos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. Disponível em: <https://www2.icb.ufmg.br/grad/labensino/PAE%20do%20site/Zoologia/07%20-%20esqueletos.pdf>. Acesso em: 1 set. 2021. Modifiquei os autores (verificar alterar no texto).

MELCHELS, F. P. W. Celebrating three decades of stereolithography. **Virtual and Physical Prototyping**, London, v. 7, n. 3, p. 173-175, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/17452759.2012.723408>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452759.2012.723408>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MOTTA, L. M. V. M. **O uso da audiodescrição na escola**: curso de formação de professores. São Paulo: Secretaria Municipal de São Paulo, 2012. Disponível em: <http://vercompalavras.com.br/download/O-USO-DA-AUDIODESCRICAO-NAESCOLA1.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2021.

NASCIMENTO, L. S. **Modalidades didáticas para ensino do conteúdo “Serpentes”**. 2018. 78 f. Monografia (Licenciatura em Biologia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018. Disponível em: <http://www.repositoriodigital.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/1902/2/201311314%20%20Lucas%20Santana%20do%20Nascimento.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

NEVES, C. N.; MAIA, R. M. C. S. O uso de materiais adaptados para o ensino da matemática para estudantes com deficiência visual. **Revista Boem**, Joinville, v. 6, n. 11, p. 1-19, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/boem/article/download/11862/8960/466546>. Acesso em: 19 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Relatório mundial sobre a visão**. Genebra: OMS, 2019. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/328717/9789241516570-por.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2023.

PEIXOTO, R. N. **O uso de tecnologias assistivas no processo de inclusão escolar: os professores e a escola**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da

Informação e Comunicação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/194232/>. Acesso em: 5 set. 2023.

PIERRO, B. Onde estão as serpentes brasileiras. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/onde-estao-as-serpentes-brasileiras/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

PIETY, P. J. The language system of audio description: an investigation as a discursive process. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, New York, v. 98, n. 8 p. 2-38, 2004. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ683817.pdf> . Acesso em: 6 jan. 2022.

PONTES, B. E. S. *et al.* Serpentes no contexto da educação básica: sensibilização ambiental em uma escola pública da Paraíba. **Experiências em Ensino de Ciências**, João Pessoa, v. 12, n. 7, p. 1-21, 2017. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID424/v12_n7_a2017.pdf. Acesso em: 21mar. 2021.

RAZGRIZ, G. **Ender a linha de impressoras 3D mais utilizada mundialmente**. Rio de Janeiro: Maker Hero, 2022. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/ender-a-linha-de-impressoras-3d-mais-utilizada-mundialmente>. Acesso em: 22 jul. 2023.

REIS, A. *et al.* **Análise de estratégias de impressão 3D por método FDM (modelagem de deposição fundida)**. 2021. 27 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica) - Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina, Joinville, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/26632/1/Dagonir%20e%20Alex-Rev18.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

REYNAGA-PEÑA, C. G. A microscopic world at the touch: learning biology with novel 2.5d and 3d tactile models. **Journal of Blindness Innovation and Research**, Baltimore, v. 1, n. 5, p. 1-8, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/CristinaReynagaPena/publication/27644899_A_Microscopic_World_at_the_Touch_Learning_Biology_with_Novel_25D_and_3D_Tactile_Models/links/583c938208ae3cb636559368/AMicroscopic-](https://www.researchgate.net/profile/CristinaReynagaPena/publication/27644899_A_Microscopic_World_at_the_Touch_Learning_Biology_with_Novel_25D_and_3D_Tactile_Models/links/583c938208ae3cb636559368/AMicroscopic-.). Acesso em: 9 jan. 2022.

RULE, A. C. Tactil and earth and space science materials for students with visual impairments: contours, craters, asteroids, and features of mars. **Journal of Geoscience Education**, Belling- ham, v. 59, n. 205, p. 1-14, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5408/1.3651404>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5408/1.3651404>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SAMPAIO, C. L. **Guia maker de impressão 3D: teoria e prática consolidadas**. Campinas: Open-Source, 2017. 588 p. E-book. Disponível em: <http://www.makerlinux.com.br/ebook>. Acesso em: 1 ago. 2021.

SANCHES, E. C. P.; MACEDO, C. M. S. Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais. **Revista Brasileira de**

Design da Informação, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 1-19, 2017. Disponível em: <https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/602>. Acesso em: 19 mar. 2021.

SANDBERG, R. 3D printing for blind people: the future potential of a cutting edge technology. **Incobs**, Hamburgo, jan. 2016. Disponível em: <https://www.incobs.de/articles/items/3d.html>. Acesso em: 19 mar. 2021.

SANTOS, F. L. S.; BRITO, M. F. G. Educação inclusiva: modelo didático de peixe para alunos com deficiência visual no ensino de ciências e biologia. **Revista Ciências e Idéias**, Nilópolis, v. 10, n. 3, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/1022/703>. Acesso em: 9 fev. 2021.

SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A. F. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.106014>. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/106014>. Acesso em: 20 ago. 2023.

SANTOS, M. J. **A escolarização do aluno com deficiência visual e sua experiência**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/10613/1/Miralva%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SANTOS, M. L. S. *et al.* Percepção e sensibilização ambiental sobre serpentes em uma Escola Pública de Ensino Médio no Município de Russas – CE. Ensino de Ciências e Biologia e Relações CTSA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 8., 2021, Fortaleza. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/enebio/2021/TRABALHO_EV139_MD1_SA17_ID955_14032020214728.pdf. Acesso em: 12 mar. 2021.

SANTOS, S.; BAPTISTA, G. Réplicas zoológicas para o ensino e aprendizagem de biologia: uma pesquisa colaborativa. **Revista Areté**, Manaus, v. 12, n. 26, p. 1-15, 2019. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1672/1019>. Acesso em: 19 fev. 2021.

SARRAF, V. P. **Reabilitação do museu**: políticas de inclusão cultural por meio da acessibilidade. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27151/tde-17112008-42728/publico/reabilitacao- museu.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SCORALICK, K. **Por uma TV acessível**: a audiodescrição e as pessoas com deficiência visual. 2017. 192 f. Tese (Doutorado em Comunicação) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347812644_Audiodescricao_no_telejornalismo

o_a_inclusao_das_pessoas_com_deficiencia_visual_por_meio_da_descricao_das_imagens. Acesso em: 16 dez. 2021.

SHIN, L. *et al.* Designing interactive 3D printed models with teachers of the visually impaired. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2019, Glasgow, Scotland. **Proceedings** [...]. New York: ACM, 2019. p. 1-14. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3290605.3300427>. Acesso em: 5 abr. 2022.

SILVA, L. C. S. **Anatomia dos répteis**. In: CURSO Conhecer Científico. São Paulo, 2018. p. 1-130. Apostila.

SILVEIRA, C. M. **Professores de alunos com deficiência visual: saberes, competências e capacitação**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grandedo Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/109232898/1/000421421-Texto%2BCompleto-0.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SOUSA, J. D. O. S. Leitura deformas como tato: possibilidade de aprendizagem significativa para alunos cegos. In: ENCONTRO EM EDUCAÇÃO ESPECIAL, 8., 2013, Londrina. **Anais** [...]. Londrina: UEL, 2013. p. 1-13. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/congresso multidisciplinar/pages/arquivos/anais/2013/AT16-2013/AT16-004.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

SOUZA, I. A. V. *et al.* Percepção dos alunos sobre serpentes em uma escola pública no sudoeste da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 42, p. e13, 2020. DOI 10.5902/2179460X40670. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/40670/html>. Acesso em: 7 set. 2023.

STELLA, L. F.; MASSABNI, V. G. Ensino de ciências: materiais didáticos para alunos com necessidades educativas especiais. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 353-374, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334175537_Ensino_de_Ciencias_Biologicas_materias_didaticos_para_alunos_com_necessidades_educativas_especiais. Acesso em: 21 mar. 2021.

TAKAGAKI, L. K. Capítulo 3. Tecnologia de impressão 3D. **Revista Inovação Tecnológica**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28-40, 2012. Disponível em: <https://doczz.com.br/doc/26444/capitulo-3.-tecnologia-de-impress%C3%A3o-3d-luizkoiti-takagaki>. Acesso em: 10 abr. 2023.

TURBIANI, R. **Cegueira afeta 39 milhões de pessoas no mundo: conheça suas principais causas**. São Paulo: BBC News Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48634186>. Acesso em: 1 mar. 2023.

VENTORINI, S. H.; SILVA P. A.; ROCHA F. S. **Deficiência visual: práticas pedagógicas e material didático**. São João Del Rei: Agência Carcará, 2016. Disponível em:

https://ufsj.edu.br/portalsepositorio/File/bdgc/Livro_deficiencia%20visual,%20pr%E1ticas%20pedeg%F3gicas%20e%20material.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.

YAMAMOTO, I. **Metodologias ativas de aprendizagem interferem no desempenho de estudantes**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. DOI 10.11606/D.12.2016.tde-22092016-121953. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-22092016-121953/pt-br.php>. Acesso em: 1 set. 2023.

APÊNDICE A

EXEMPLOS DAS AUDIODESCRIÇÕES

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS	
Projeto de acessibilidade No nosso estudo, escolhemos quatro espécies de serpentes, de forma a contemplar as peçonhentas e não peçonhentas. A saber, elas são (Bothrops moojeni) conhecidas como jararaca de veludo, (Crotalus durissus terrificus) Cascavel, (Philodryas olfersii) cobra-verde, (Boa constrictor amarali) a jiboia. Os modelos contemplam os formatos das escamas losango, oval e hexágono. Os movimentos de locomoção das serpentes, serpentino, retilíneo, ondulatório lateral e sanfonado. O formato das cabeças triangular e oval, os crânios da serpente exibindo os ossos da parte craniana, bem como os tipos de dente: áglifa, opistóglifa e solenóglifa. A cauda e o comportamento da serpente, como o guizo da cascavel, uma estrutura de queratina. E todos os recursos didáticos em 3D foram impressos do seu tamanho original, mas também ampliado. O que facilita o aluno a conseguir por meio do tato, percebeu os detalhes das cabeças e outras estruturas dos animais.   https://shre.ink/aAs6	Pele da cobra-verde A pele da cobra verde: recoberta de escamas em formato oval, na cor verde e uma faixa longitudinal de cor marrom, segue da cabeça a cauda.   https://shre.ink/aAsz

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Pele da cascavel

A pele da cascavel: recoberta de escamas em formato de losango, presente nas laterais do corpo, desenhos formando diamante nas cores castanho claro, bege e preta.



<https://shre.ink/aAsZ>

Guizo da cascavel

O guizo da cascavel: na extremidade da cauda, localiza-se uma estrutura oca de queratina com anéis de formato oval sendo que se constituem a medida em que o animal faz a troca de pele. Ao vibrar a cauda ela produz um som similar a uma panela de pressão, e têm como função alertar a presença dela no ambiente (exibição do ruído).



<https://shre.ink/aAs3>

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Crânio da Jararaca

No crânio há dois orifícios que permitem a acomodação dos olhos e duas pequenas cavidades nasais.

No superior da boca existem ossos maxilares finos e compridos e, na frente, duas presas afiadas e longas. Essa dentição é chamada de solenóglifa. Essas presas possuem um canal por onde inocula o veneno no local atingido.

Na parte inferior existem as mandíbulas dois ossos laterais, com presas pequenas, afiadas e curvadas para trás. Na vertical ligadas à estrutura do crânio o osso quadrado que capta as vibrações do solo. Dois ossos finos e pequenos nas laterais que estão ligados diretamente ao crânio e ao osso quadrado, chamados de columela também sensíveis às vibrações.

Nas laterais da estrutura craniana há duas pequenas cavidades que correspondem ao ouvido interno.



<https://shre.ink/aAsS>

Crânio da Cascavel

No crânio há dois orifícios que permitem acomodação dos olhos e duas pequenas cavidades nasais.

No superior da boca existem ossos maxilares finos e compridos e, na frente, duas presas afiadas e longas. Essa dentição é chamada de solenóglifa. Essas presas possuem um canal por onde inocula o veneno no local atingido.

Na parte inferior existem as mandíbulas dois ossos laterais, com presas pequenas, afiadas e curvadas para trás. Na vertical ligadas à estrutura do crânio o osso quadrado que capta as vibrações do solo. Dois ossos finos e pequenos nas laterais que estão ligados diretamente ao crânio e ao osso quadrado, chamados de columela também sensíveis às vibrações.

Nas laterais da estrutura craniana há duas pequenas cavidades que correspondem ao ouvido interno.



<https://shre.ink/aAsg>

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Crânio da Cobra-verde

No crânio há dois orifícios que permitem a acomodação dos olhos e duas pequenas cavidades nasais.

No superior da boca existem ossos maxilares finos e compridos e, ao fundo, duas presas afiadas, pequenas e com fenda estreita por onde o veneno escorre. Essa dentição é chamada de opistóglifa.

Na parte inferior existem as mandíbulas dois ossos laterais, com presas pequenas, afiadas e curvadas para trás. Na vertical ligadas à estrutura do crânio o osso quadrado que capta as vibrações do solo. Dois ossos finos e pequenos nas laterais que estão ligados diretamente ao crânio e ao osso quadrado, chamados de columela também sensíveis às vibrações.

Nas laterais da estrutura craniana há duas pequenas cavidades que correspondem ao ouvido interno.



<https://shre.ink/aAs8>

Crânio da Jiboia

No crânio há dois orifícios que permitem a acomodação dos olhos e duas pequenas cavidades nasais.

No superior da boca existem ossos maxilares finos e compridos e, com presas pequenas de mesmo tamanho, afiadas e curvadas para trás. Essa dentição é chamada de áglifa.

Na parte inferior existem as mandíbulas dois ossos laterais, com as presas pequenas de mesmo tamanho, afiadas e curvadas para trás. Na vertical ligadas à estrutura do crânio o osso quadrado que capta as vibrações do solo. Dois ossos finos e pequenos nas laterais que estão ligados diretamente ao crânio e ao osso quadrado, chamados de columela também sensíveis às vibrações.

Nas laterais da estrutura craniana há duas pequenas cavidades que correspondem ao ouvido interno.



<https://shre.ink/aAsB>

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Jararaca de veludo

A cabeça da jararaca de veludo: de formato triangular, alargada nas laterais, de vértice pontiagudo e olhos de tamanho pequeno. Entre os olhos e narinas, dois orifícios conhecidos como fossetas loreais, capazes de detectar as variações de temperatura.

Cabeça recoberta de escamas em formato de losango nas cores castanho escuro, bege e amarelo claro.

A cada lado da cabeça, uma faixa de cor castanho escuro segue do olho a lateral da cabeça.

Boca exageradamente aberta para engolir o alimento inteiro. O ângulo de abertura pode atingir 150 até 180 graus.



<https://shre.ink/aAEH>

Cascavel

A cabeça da cascavel: de formato triangular, alargada nas laterais, de vértice pontiagudo e olhos de tamanho pequeno.

Entre os olhos e narinas, dois orifícios conhecidos como fossetas loreais, capazes de detectar as variações de temperatura.

Cabeça recoberta de escamas em formato de losango nas cores castanho claro, bege e preta.



<https://shre.ink/aAE2>

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Cobra-verde

A cabeça da cobra-verde: de formato alongado e levemente arredondado nas laterais, olhos de tamanho grande e focinho fino. Na linha dos olhos seguindo em direção do focinho, dois orifícios conhecidos como narina, capaz de auxiliar na respiração. Cabeça recoberta de escamas em formato oval, na cor verde e uma faixa longitudinal de cor marrom, segue da cabeça a cauda.



<https://shre.ink/aAp2>

Jiboia

A cabeça da jiboia: de formato triangular, alargada nas laterais, de vértice levemente pontiagudo, olhos de tamanho grande e focinho largo.

Na linha dos olhos, seguindo em direção do focinho, dois orifícios conhecidos como narina, capaz de auxiliar na respiração.

Cabeça recoberta de escamas em formato de hexágono nas cores castanho claro, marrom e preta.

A cada lado da cabeça, uma faixa de cores marrom e preta segue do olho a lateral da cabeça.

Quando ameaçada produz um som similar a um pneu quando fura, porque expira com força o ar dos pulmões.

Esse som é conhecido como o “bafo da jiboia”. Não é tóxico e nem causa machucados na pele (**exibição do ruído**).



<https://shre.ink/aApi>

AS SERPENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS**Cauda da jararaca**

A cauda da jararaca: é longa, fina e lisa. Envolta por escamas em formato de losango. Presente nas laterais do corpo, desenhos formando triângulo nas cores, marrom, verde escuro e preta.



<https://shre.ink/aApv>

Cauda da cascavel

A cauda da cascavel: é curta e espessa apresentando na extremidade uma estrutura oca de anéis rígidos e feitos de queratina. Envolta por escamas em formato de losango. Presente nas laterais do corpo, desenhos formando diamante nas cores castanho claro, bege e preta.

Ao vibrar a cauda ela produz um som similar a uma panela de pressão, e têm como função alertar a presença dela no ambiente.



<https://shre.ink/aAp3>

LOCOMOÇÃO DAS SERPENTES**Serpentino**

São movimentos semicirculares ora para a direita e ora para a esquerda. E a cada deslocamento ela se move para frente.

Essa forma de locomoção é usada em ocasiões de fuga, deslocamento típico de serpentes rápidas, que pode ser usado tanto no chão como na água, pois, oferece muita agilidade.



<https://shre.ink/aApe>

Retilíneo

São movimentos em uma linha reta na horizontal. E a cada deslocamento todos os segmentos do corpo vão esticando e dobrando para frente. Assim ela vai rastejando o corpo volumoso e pesado, bem lentamente.

Essa forma locomoção é usada em ocasiões de caça, deslocamento típico para se aproximar da presa sem que ela perceba.



<https://shre.ink/aApg>

LOCOMOÇÃO DAS SERPENTES

Ondulatório lateral

São movimentos semicirculares seguidos de pequenos saltos para lado.

A cada deslocamento ela apoia a metade traseira do corpo no solo, o restante do corpo é impulsionado para laterais, em forma de pequenos saltos em qualquer direção com esse impulso ela consegue se mover.

Essa forma de locomoção é usada em substratos como areia, esse tipo de movimento evita o contato prolongado com a areia quente, que pode causar ferimentos no animal.



<https://shre.ink/aApl>

Sanfonado

É uma mistura de movimentos semicirculares e retilíneo.

A cada deslocamento ela realiza semicírculos no segmento traseiro do corpo, enquanto o restante permanece em uma linha reta tanto na horizontal no solo como elevada na vertical até que novamente os movimentos semicirculares sejam repetidos ela se move para frente.

Essa forma de locomoção é usada em locais estreitos, como em tocas de roedores, ou na vertical para subir nas árvores.



<https://shre.ink/aApB>

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

1. Identificação do responsável pela execução da pesquisa:

Título do Projeto: A elaboração de modelos em 3D como ferramenta pedagógica para o ensino sobre serpentes a pessoas com deficiências visuais.
Discente: Lívia Cristina Ambrósio.
Orientadora: Profa. Ass. Lígia Souza Lima Silveira da Mota.
Co orientador: Prof. Titular. Luís Carlos Paschoarelli.
Telefone para contato: (14) 98154-6903 e-mail: livia_001ambrosio@hotmail.com

2. Informações ao participante ou responsável:

Nome: _____
 Documento de Identificação (RG): _____
 Endereço: _____
 Bairro: _____ Cidade: _____ Estado: _____ Tel.: _____

a. Autorizo o convidado (a) a participar como voluntário (a) de uma pesquisa, na condição de avaliador (a) referente a Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens, intitulado: “A elaboração de modelos em 3D como ferramenta pedagógica para o ensino sobre serpentes a pessoas com deficiências visuais” pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Campus Botucatu.

b. O objetivo deste trabalho é a produção de um conjunto de modelos em tecnologia de impressão 3D adaptados aos estímulos sensoriais e assim, auxiliar no processo pedagógico da educação de zoologia com foco nas serpentes, oferecendo oportunidades iguais de aprendizagem permitindo a inclusão de pessoas com deficiências visuais. Para isso, os modelos em 3D terão placas no sistema braile empregando a norma NBR 9050 de acessibilidade gráfica, em conformidade com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

c. A contribuição do participante para esta pesquisa é de extrema relevância, porém, o mesmo é livre para recusar a participar ou mesmo abandonar o procedimento em qualquer momento, sem nenhuma penalização ou prejuízo.

d. A participação como voluntário (a), não confere nenhum privilégio, seja ele de caráter financeiro ou de qualquer outra natureza.

e. A participação nesta pesquisa não envolve qualquer risco a saúde do voluntário.

f. Fica em comum acordo a utilização do uso da imagem e a gravação da voz do participante para o projeto de Mestrado que será permitida para fins acadêmicos, educacionais ou institucionais.

g. Confirmo ter conhecimento do conteúdo deste termo. A minha assinatura abaixo indica que concordo que o menor participe desta pesquisa e por isso dou meu consentimento.

Botucatu, _____ de _____ de 2022.

Nome Completo e Assinatura do Responsável do Participante.

APÊNDICE C**QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DOS MODELOS EM 3D****INFORMAÇÕES GERAIS**

Nome do participante: _____

Cidade: _____ Idade: _____ Ano escolar: _____

Qual a condição e ou\ deficiência visual?

() Cegueira

() Baixa visão

1- Você já ouviu alguma informação sobre as serpentes?

() Sim

() Não

Em caso afirmativo, em qual (ou quais) locais? Pode ser assinalado mais de uma opção.

() Escola

() Instituições de pesquisa

() Amigos

() Familiares

() Livros em braile

() Audiolivros

() Rádio

() Televisão

() Museus de ciências ou zoológicos

2- Você alguma vez já teve a oportunidade de aprender sobre as serpentes com algum recurso de acessibilidade?

() Sim

() Não

Em caso afirmativo, cite qual foi o material e o local? _____

3- Como você classifica o seu nível de conhecimento sobre as principais características das serpentes?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

4- Você já teve alguma curiosidade sobre as serpentes?

() Muitas, nos conte um pouco sobre elas. _____

() Um pouco

() Nunca tive

5- O que você achou desta oportunidade de poder conhecer mais sobre as serpentes com um recurso de acessibilidade?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

MODELO 3D: “SERPENTES E AS SUAS CARACTERÍSTICAS”

01- Modelo 3D- Jararaca de veludo

A- Descreva como é o formato da cabeça da jararaca de veludo?

B- Foi possível perceber por meio do tato a localização da fosseta loreal na jararaca de veludo?

- () Sim, muito perceptível. Indique qual o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo definir o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do tato o formato das escamas localizada na cabeça da jararaca de veludo?

- () Sim, muito perceptível. Então cite o formato: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo definir o formato.
- () Não perceptível.

D- Você achou que ficou compreensível por meio do tato perceber a grande capacidade que este animal possui para abrir a boca e assim entender como é a jararaca de veludo?

- () Sim, muito compreensível. Explique o porquê? _____

- () Pouco compreensível. Explique o porquê? _____

- () Não compreensível. Explique o porquê? _____

E- O que você achou da cabeça da jararaca de veludo em relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear?

- () Muito acessível, material excelente. Explique o porquê? _____

- () Pouco acessível, material bom. Explique o porquê? _____

- () Não acessível, material ruim. Explique o porquê? _____

02- Modelo 3D- Cascavel

A- Descreva como é o formato da cabeça da cascavel?

B- Foi possível perceber por meio do tato a localização da fosseta loreal na cascavel?

- () Sim, muito perceptível. Indique qual o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo definir o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do tato o formato das escamas localizada na cabeça da cascavel?

- () Sim, muito perceptível. Então cite o formato: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo definir o formato.
- () Não perceptível.

D- Você achou que ficou compreensível por meio do tato a comparação do tamanho do modelo original da cascavel em relação ao modelo ampliado e assim entender como é a cascavel?

- () Sim, muito compreensível. Explique o porquê? _____

- () Pouco compreensível. Explique o porquê? _____

- () Não compreensível. Explique o porquê? _____

E- O que você achou da cabeça da cascavel em relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear?

() Muito acessível, material excelente. Explique o porquê? _____

() Pouco acessível, material bom. Explique o porquê? _____

() Não acessível, material ruim. Explique o porquê? _____

03- Modelo 3D- Pele da Cascavel

A- Descreva como é o formato das escamas que recobrem o corpo da cascavel?

B- Foi possível perceber por meio do tato como é pele da cascavel?

() Sim, muito perceptível. Mencione como é? _____

() Pouco perceptível, mas não consigo perceber a pele da cascavel.

() Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do tato o formato das escamas localizado no corpo da cascavel?

() Sim, muito perceptível. Então cite o formato: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo definir o formato.

() Não perceptível.

D- Você achou que ficou compreensível por meio do tato a comparação do tamanho do modelo original da pele da cascavel em relação ao modelo ampliado e assim entender como é a pele da cascavel?

() Sim, muito compreensível. Explique o porquê? _____

() Pouco compreensível. Explique o porquê? _____

() Não compreensível. Explique o porquê? _____

E- O que você achou da pele da cascavel em relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear?

() Muito acessível, material excelente. Explique o porquê? _____

() Pouco acessível, material bom. Explique o porquê? _____

() Não acessível, material ruim. Explique o porquê? _____

04- Modelo 3D- Guizo da cascavel

A- Descreva como é o formato do guizo da cascavel?

B- Foi possível perceber por meio do tato a localização dos anéis no guizo da cascavel?

() Sim, muito perceptível. Então cite a quantidade: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo definir a quantidade.

() Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do tato o formato dos anéis no guizo da cascavel?

() Sim, muito perceptível. Então cite o formato: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo definir o formato.

() Não perceptível.

D- Você achou que ficou compreensível por meio do tato a comparação do tamanho do modelo original do guizo em relação ao modelo ampliado e assim entender como é o guizo da cascavel?

() Sim, muito compreensível. Explique o porquê? _____

() Pouco compreensível. Explique o porquê? _____

() Não compreensível. Explique o porquê? _____

E- O que você achou do guizo da cascavel com relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear?

() Muito acessível, material excelente. Explique o porquê? _____

() Pouco acessível, material bom. Explique o porquê? _____

() Não acessível, material ruim. Explique o porquê? _____

05- Modelo 3D- Cobra verde

A- Descreva como é o formato da cabeça da cobra verde?

B- Foi possível perceber por meio do tato a localização da narina na cobra verde?

- () Sim, muito perceptível. Indique qual o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo definir o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do tato o formato das escamas localizada na cabeça da cobra verde?

- () Sim, muito perceptível. Então cite o formato: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo definir o formato.
- () Não perceptível.

D- Você achou que ficou compreensível por meio do tato a comparação do tamanho do modelo original da cobra verde em relação ao modelo ampliado e assim entender como é a cobra verde?

- () Sim, muito compreensível. Explique o porquê? _____
- _____
- _____
- () Pouco compreensível. Explique o porquê? _____
- _____
- _____
- () Não compreensível. Explique o porquê? _____
- _____
- _____

E- O que você achou da cabeça da cobra verde em relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear?

() Muito acessível, material excelente. Explique o porquê? _____

() Pouco acessível, material bom. Explique o porquê? _____

() Não acessível, material ruim. Explique o porquê? _____

06- Modelo 3D- Jiboia

A- Descreva como é o formato da cabeça da jiboia?

B- Foi possível perceber por meio do tato a localização da narina na jiboia?

() Sim, muito perceptível. Indique qual o local: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo definir o local.

() Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do tato o formato das escamas localizada na cabeça da jiboia?

() Sim, muito perceptível. Então cite o formato: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo definir o formato.

() Não perceptível.

D- Você achou que ficou compreensível por meio do tato a comparação do tamanho do modelo original em relação ao modelo ampliado e assim entender como é a jiboia?

() Sim, muito compreensível. Explique o porquê? _____

() Pouco compreensível. Explique o porquê?_____

() Não compreensível. Explique o porquê?_ _____

E- O que você achou da cabeça da jiboia em relação ao modelo 3D e a qualidade do material ao tatear?

() Muito acessível, material excelente. Explique o porquê?_____

() Pouco acessível, material bom. Explique o porquê?_____

() Não acessível, material ruim. Explique o porquê?_____

QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DAS AUDIODESCRIÇÕES

INFORMAÇÕES GERAIS

Nome do participante: _____

Cidade: _____ Idade: _____ Ano escolar: _____

Qual a condição e ou\ deficiência visual?

() Cegueira

() Baixa visão

1- Você já ouviu alguma informação sobre as serpentes?

() Sim

() Não

Em caso afirmativo, em qual (ou quais) locais? Pode ser assinalado mais de uma opção.

() Escola

() Instituições de pesquisa

() Amigos

() Familiares

() Livros em braile

() Audiolivros

() Rádio

() Televisão

() Museus de ciências ou zoológicos

2- Você alguma vez já teve a oportunidade de aprender sobre as serpentes com algum recurso de acessibilidade?

() Sim

() Não

Em caso afirmativo, cite qual foi o material e o local? _____

3- Como você classifica o seu nível de conhecimento sobre as principais características das serpentes?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

4- Você já teve alguma curiosidade sobre as serpentes?

() Muitas, nos conte um pouco sobre elas. _____

() Um pouco

() Nunca tive

5- O que você achou desta oportunidade de poder conhecer mais sobre as serpentes com um recurso de acessibilidade?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

AUDIODESCRIÇÃO: “SERPENTES E AS SUAS CARACTERÍSTICAS”

01- Audiodescrição- Jararaca de veludo

A- Descreva como é o formato da cabeça da jararaca?

B- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição a localização da fosseta loreal na jararaca de veludo?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição o formato das escamas localizada na cabeça da jararaca de veludo?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o formato: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o formato.
- () Não perceptível.

D- A partir das audiodescrições sobre a jararaca de veludo, você conseguiu imaginar este animal em sua totalidade?

- () Sim, perfeitamente.
- () Sim, porém com um pouco de dificuldade.
- () Não consegui.

Explique o porquê da sua escolha. _____

E- O que você achou da audiodescrição da jararaca de veludo em relação à qualidade do áudio?

- () Muito bom
- () Bom
- () Razoável
- () Ruim
- () Muito ruim

Explique o porquê da sua escolha. _____

02- Audiodescrição- Cascavel.

A- Descreva como é o formato da cabeça da cascavel?

B- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição a localização da fosseta loreal na cascavel?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição o formato das escamas localizada na cabeça da cascavel?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o formato: _____
- _____
- _____

() Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o formato.

() Não perceptível.

D- A partir das audiodescrições sobre a cascavel, você conseguiu imaginar este animal em sua totalidade?

- () Sim, perfeitamente.
- () Sim, porém com um pouco de dificuldade.
- () Não consegui.

Explique o porquê da sua escolha.

E- O que você achou da audiodescrição da cascavel em relação à qualidade do áudio?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

Explique o porquê da sua escolha.

03- Audiodescrição- Pele da Cascavel.

A- Descreva como é o formato das escamas que recobrem o corpo da cascavel?

B- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição como é a pele da cascavel?

() Sim, muito perceptível. Mencione como é: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo mencionar como é pele da cascavel.

() Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição o formato das escamas localizado no corpo da cascavel?

() Sim, muito perceptível. Mencione o formato: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o formato.

() Não perceptível.

D- A partir das audiodescrições sobre a pele da cascavel, você conseguiu imaginar como ela é em sua totalidade?

() Sim, perfeitamente.

() Sim, porém com um pouco de dificuldade.

() Não consegui.

Explique o porquê da sua escolha.

E- O que você achou da audiodescrição da pele cascavel em relação à qualidade do áudio?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

Explique o porquê da sua escolha.

04- Audiodescrição- Guizo da cascavel

A- Descreva como é o formato do guizo da cascavel?

B- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição a localização dos anéis no guizo da cascavel?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mas não consigo mencionar o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição o formato dos anéis no guizo da cascavel?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o formato: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o formato.
- () Não perceptível.

D- A partir das audiodescrições sobre o guizo da cascavel, você conseguiu imaginar ele em sua totalidade?

- () Sim, perfeitamente.
- () Sim, porém com um pouco de dificuldade.
- () Não consegui.

Explique o porquê da sua escolha.

E- O que você achou da audiodescrição do guizo da cascavel em relação à qualidade do áudio?

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

Explique o porquê da sua escolha.

05- Audiodescrição- Cobra verde

A- Descreva como é o formato da cabeça da cobra verde?

B- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição a localização da narina na cobra verde?

() Sim, muito perceptível. Mencione o local: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o local.

() Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição o formato das escamas localizada na cabeça da cobra verde?

() Sim, muito perceptível. Mencione o formato: _____

() Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o formato.

() Não perceptível.

D- A partir das audiodescrições sobre a cobra verde, você conseguiu imaginar este animal em sua totalidade?

- () Sim, perfeitamente.
() Sim, porém com um pouco de dificuldade.
() Não consegui.

Explique o porquê da sua escolha.

E- O que você achou da audiodescrição da cobra verde em relação à qualidade do áudio?

- () Muito bom
() Bom
() Razoável
() Ruim
() Muito ruim

Explique o porquê da sua escolha.

06- Audiodescrição- Jiboia.

A- Descreva como é o formato da cabeça da jiboia?

B- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição a localização da narina na jiboia?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o local: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o local.
- () Não perceptível.

C- Foi possível perceber por meio do conteúdo da audiodescrição o formato das escamas localizada na cabeça da jiboia?

- () Sim, muito perceptível. Mencione o formato: _____
- () Pouco perceptível, mas não consigo mencionar o formato.
- () Não perceptível.

D- A partir das audiodescrições sobre a jiboia, você conseguiu imaginar este animal em sua totalidade?

- () Sim, perfeitamente.
- () Sim, porém com um pouco de dificuldade.
- () Não consegui.

Explique o porquê da sua escolha.

E- O que você achou da audiodescrição da jiboia em relação à qualidade do áudio?

- () Muito bom
- () Bom
- () Razoável
- () Ruim
- () Muito ruim

Explique o porquê da sua escolha.

APÊNDICE D

PLANO DE AULA DOS MODELOS 3D

Ao explorarem os modelos 3D, os estudantes terão a oportunidade de conhecer a anatomia das serpentes por meio de materiais produzidos com a tecnologia de impressão 3D. Deixando sempre os alunos (as) se expressem e a partir disso, realizar a mediação para a transmissão de conhecimento. A fim de garantir que os estudantes possam expressar-se sem dificuldades, é importante auxiliá-los a explorar os modelos tridimensionais de maneira gradual e organizada. Durante esse processo, a estratégia é questionar os alunos em cada etapa do questionário, visando avaliar a eficiência, eficácia e satisfação do recurso didático utilizado.

01 – Jararaca de veludo

Ao explorar o modelo 3D da cabeça da jararaca, os alunos podem observar os detalhes anatômicos com maior precisão. É importante permitir que os alunos expressem suas percepções conforme interagem com o material didático. Caso encontrem dificuldades, pode-se questioná-los sobre a perceptibilidade da cabeça da serpente através dos sentidos sensoriais, chegando até a possibilidade de

compará-la com alguma figura geométrica. Nesse momento, é válido deixar os alunos expressarem suas opiniões livremente. Se necessário, ao questionar os alunos sobre como descrever o formato da cabeça da serpente, pode-se indagar se ela se assemelha mais a um formato triangular ou oval. O objetivo é estimular a participação dos alunos e promover a reflexão sobre as características anatômicas das serpentes.

- Ao permitir que os alunos explorem as laterais da cabeça da serpente no modelo 3D, é uma ótima oportunidade para fornecer uma explicação didática sobre a localização das glândulas de veneno nessa região interna. Durante essa interação, é apropriado questionar os alunos sobre a possibilidade de perceberem o formato específico dessa área. Encorajar os alunos a expressarem suas observações é fundamental.

Caso seja necessário, indague os alunos sobre a largura das laterais da cabeça da serpente. Perguntar se eles consideram essa área pouco ou bastante alargada pode estimular uma análise mais detalhada das características anatômicas. O objetivo é envolver os alunos na exploração do

modelo e incentivá-los a observar os detalhes de maneira crítica.

- Na região do 'focinho', ao permitir que o aluno (a) explore o modelo 3D, é viável questionar se foi possível identificar as estruturas sensoriais, como os olhos e as narinas. É importante incentivar o aluno (a) a expressar suas observações livremente. Neste contexto, surge uma oportunidade para fornecer uma explicação didática sobre a ausência de pálpebras nas serpentes, reforçando o caráter educativo do processo. **(Por meio do item da letra A do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como são as características da jararaca de veludo).**

Questionar o aluno (a) se já estudou o conceito das fossetas loreais. Encorajar o aluno (a) a compartilhar seu conhecimento sobre o assunto. Solicitar ao estudante que localize essa estrutura sensorial no modelo 3D sem assistência. Caso haja dificuldade em encontrar a região desejada, orientar o aluno (a) até a localização correta. Em seguida, fornece uma explicação didática sobre a função das fossetas loreais, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada do tema. **(Por meio do item da letra B do questionário observar-se participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções**

sensoriais o local das fossetas sensoriais).

A exploração das escamas no modelo 3D da cabeça da jararaca de veludo deve ser conduzida com cuidado pelo aluno (a), permitindo que ele (a) aprecie os detalhes da textura da pele como um todo. Se necessário, questionar o aluno (a) sobre a textura das escamas, se elas são ásperas ou lisas. Nesse momento, é oportuno explicar de maneira didática que as escamas desempenham papéis como a redução do desgaste provocado pelo atrito do corpo com o solo, a proteção contra radiação solar e a prevenção da desidratação por perda de água através da pele. Encorajar o aluno (a) a observar se é possível identificar o formato das escamas e a expressar suas percepções. Caso seja necessário, mencionar que as escamas possuem um formato de losango.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe quais são as cores da jararaca de veludo. Permitir que o aluno (a) se expresse livremente. Explicar que as cores predominantes são o castanho escuro, o bege e o amarelo claro. Através do item C do questionário, observar se o participante da pesquisa consegue definir, por meio das percepções sensoriais, a textura e o formato das escamas. **(Por meio do item da letra C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções**

sensoriais a textura e o formato das escamas).

Questionar o aluno (a) se ele (a) já estudou sobre o que as serpentes se alimentam. Permitir que o aluno (a) se expresse livremente. Neste sentido, surge a oportunidade de explicar de forma didática que as serpentes possuem uma ampla variedade de dieta, embora todas as espécies sejam carnívoras. Solicitar ao estudante que localize a abertura da boca da jararaca de veludo no modelo 3D sem mediação. Se o aluno (a) tiver dificuldade em encontrar essa região, orientá-lo (a) até que a localize

Explicar de forma didática ao aluno (a) que as serpentes engolem o alimento inteiro. Isso ocorre porque as serpentes não têm a capacidade de mastigar, devido à flexibilidade dos ossos do crânio e da boca. **(Por meio do item da letra D do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir compreender por meio das percepções sensoriais a grande capacidade que este animal possui para abrir a boca).**

Questionar o aluno (a) se o material do modelo 3D (filamento PLA) tem um toque agradável, ou machuca as mãos. Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar a opinião do aluno (a) se o modelo da jararaca de veludo auxiliou na compreensão do conteúdo sobre as serpentes? **(Por meio do item da letra E do questionário**

observar-se o participante da pesquisa irá conseguir opinar com facilidade por meio das percepções sensoriais sobre a qualidade do material).

02 - Cascavel

Ao explorar o modelo 3D da cabeça da cascavel, os alunos podem observar os detalhes anatômicos com maior precisão. É importante permitir que os alunos expressem suas percepções conforme interagem com o material didático. Caso encontrem dificuldades, pode-se questioná-los sobre a perceptibilidade da cabeça da serpente através dos sentidos sensoriais, chegando até a possibilidade de compará-la com alguma figura geométrica.

- Nas laterais da cabeça da serpente ao aluno (a) explorar está área do modelo 3D, deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que é nesta região interna também se localizam as glândulas de veneno. Questioná-lo (a) se é possível perceber o formato desta área. Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a lateral é pouco ou bastante alargada.

- Na região do 'focinho', ao permitir que o aluno (a) explore o modelo 3D, é viável questionar se foi possível identificar as estruturas sensoriais, como os olhos e as narinas. É importante incentivar o aluno

(a) a expressar suas observações livremente. Neste contexto, surge uma oportunidade para fornecer uma explicação didática sobre a ausência de pálpebras nas serpentes, reforçando o caráter educativo do processo. **(Por meio do item da letra A do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como são as características da jararaca de veludo). (Por meio do item da letra A do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como são as características da cascavel).**

Por meio do conhecimento já adquirido sobre as fossetas loreais, solicitar ao estudante que ele (a) procure está estrutura sensorial sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para a localização. **(Por meio do item da letra B do questionário observar-se participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções sensoriais o local das fossetas sensoriais).**

A exploração das escamas do modelo 3D na cabeça da cascavel deve ser feita com calma pelo aluno (a), para que ele (a) consiga sentir os detalhes da pele como um todo. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a textura das escamas é áspera ou lisa? Questioná-lo (a)

se é possível perceber o formato das escamas? Deixar o aluno (a) se expressar. Deixar o aluno (a) se expressar. Será importante observar se vai ser preciso mencionar ao aluno (a) que o formato da escama é um losango.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe quais as cores da cascavel? Deixar o aluno (a) se expressar. Explicar que as cores são castanho-claros, bege e preta. **(Por meio do item da letra C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções sensoriais a textura e o formato das escamas).**

Questionar o aluno (a) se já imaginou o tamanho de uma cascavel. Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar ao estudante que ele (a) explore o tamanho do modelo original. Neste sentido surge a oportunidade de explicar de forma didática que as serpentes podem crescer ao longo de sua vida, mais que uma cascavel adulta pode atingir o tamanho de aproximadamente 1,5 metro.

- Por meio do conhecimento já adquirido sobre o animal, o modelo ampliado foi mais adequado para entender como é o tamanho do animal e identificar os elementos que compõem a cascavel em comparação do tamanho do modelo original? Deixar o aluno (a) se expressar. **(Por meio do item da letra D do questionário observar-se o participante**

da pesquisa irá conseguir comparar o tamanho original da cascavel em relação ao modelo ampliado por meio das percepções sensoriais e entender como é este animal).

Questionar o aluno (a) se o material do modelo 3D (filamento PLA) tem um toque agradável, ou machuca as mãos? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar a opinião do aluno (a) se o modelo da cascavel auxiliou na compreensão do conteúdo sobre as serpentes? **(Por meio do item da letra E do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir opinar com facilidade por meio das percepções sensoriais sobre a qualidade do material).**

03 – Pele da cascavel

Ao explorar o modelo 3D da pele da cascavel é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes. Deixar o aluno (a) se expressar conforme for conhecendo o material didático. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) se a escamas que recobrem o corpo da cascavel é perceptível aos sentidos sensoriais ao ponto de comparar com alguma figura geométrica. Deixar o aluno (a) se expressar. Questionar o aluno (a) ao perguntar como descrever o formato da escama, losango, ou oval.

-Na região do corpo da serpente ao aluno (a) explorar está área do modelo 3D, deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que as serpentes trocam de pele, em um intervalo de pelo menos de 4 a 5 vezes no ano, isso representa que o animal está em crescimento.

-A exploração das escamas do modelo 3D no corpo da cascavel deve ser feita com calma pelo aluno (a), para que ele (a) consiga sentir os detalhes da pele como um todo. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a textura das escamas é áspera ou lisa? **(Por meio do item da letra A, B e C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como são as características, formato e textura das escamas).**

Por meio do conhecimento já adquirido sobre o animal, o modelo ampliado foi mais adequado para entender/identificar as características que compõem a pele cascavel em comparação do tamanho do modelo original da pele da cascavel. Deixar o aluno (a) se expressar. **(Por meio do item da letra D do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir comparar o tamanho original da pele da cascavel em relação ao modelo ampliado por meio das percepções sensoriais e entender como**

são as escamas que recobrem o corpo do animal).

Questionar o aluno (a) se o material do modelo 3D (filamento PLA) tem um toque agradável, ou machuca as mãos? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar a opinião do aluno (a) se o modelo da pele cascavel auxiliou na compreensão do conteúdo sobre as serpentes. **(Por meio do item da letra E do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir opinar com facilidade por meio das percepções sensoriais sobre a qualidade do material).**

04 – Guizo da cascavel

Durante a exploração do modelo 3D do guizo da cascavel, é esperado que o aluno (a) perceba os detalhes da estrutura. É importante permitir que o aluno (a) se expresse à medida que se familiariza com o material didático. Caso o aluno (a) encontre dificuldades, pode-se questionar se ele (a) consegue perceber o guizo da serpente por meio dos sentidos sensoriais a ponto de imaginar a disposição de cada um dos anéis no guizo. Deixe o aluno (a) expressar sua opinião. Se necessário, pode-se perguntar ao aluno (a) como descreveria o formato dos anéis do guizo da cascavel, considerando se são ovalados ou quadrados.

-A exploração do guizo do modelo 3D deve ser feita com calma pelo aluno (a), para que ele (a) consiga sentir os detalhes da estrutura como um todo. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar a quantidade de anéis o guizo possui.

- Na área do guizo da serpente, ao explorar essa região no modelo 3D, é uma ótima oportunidade para explicar de forma didática que o número de anéis presentes não está necessariamente associado à idade do animal. Em vez disso, a formação dos anéis está diretamente relacionada com o processo de troca de pele da serpente. **(Por meio do item da letra A, B e C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como é o formato como da estrutura como um todo do guizo da cascavel).**

Através do conhecimento prévio sobre o animal, o modelo ampliado foi mais eficaz para compreender a estrutura como um todo e para identificar os anéis que compõem o guizo da cascavel, em comparação ao tamanho do modelo original? Por favor, sinta-se à vontade para expressar sua opinião. **(Por meio do item da letra D do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir comparar o tamanho original do guizo da cascavel em relação ao modelo ampliado por meio das percepções**

sensoriais e entender como é a estrutura).

Questionar o aluno (a) se o material do modelo 3D (filamento PLA) tem um toque agradável, ou machuca as mãos? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar a opinião do aluno (a) se o modelo da cascavel auxiliou na compreensão do conteúdo sobre as serpentes? **(Por meio do item da letra E do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir opinar com facilidade por meio das percepções sensoriais sobre a qualidade do material).**

05 – Cobra-verde

Ao explorar o modelo 3D da cabeça da cobra-verde é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes. Deixar o aluno (a) se expressar conforme for conhecendo o material didático. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) se a cabeça da cobra-verde é perceptível aos sentidos sensoriais ao ponto de comparar com alguma figura geométrica. Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar como descrever o formato da cabeça, alongado ou curto?

- Nas laterais da cabeça da serpente ao aluno (a) explorar está área do modelo 3D, deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que é nesta

região interna que se localizam uma **glândula chamada** de Duvernoy, que auxilia a imobilização e captura das presas, lubrificação do alimento, higiene bucal e que raramente acontece pode acontecer um acidente ofídico. Questioná-lo (a) se é possível perceber o formato desta área? Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a lateral é pouco ou bastante alargada? **(Por meio do item da letra A do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como são as características da cobra-verde).**

- Na região do “focinho” ao aluno (a) explorar o modelo 3D é possível perguntar ao estudante se foi possível perceber as estruturas sensoriais como: olhos e narina? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar ao estudante que ele (a) procure estas estruturas sensoriais sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para a localização. **(Por meio do item da letra B do questionário observar-se participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções sensoriais o local olhos e narina).**

A exploração das escamas do modelo 3D na cabeça da cobra -verde deve ser feita com calma pelo aluno (a), para que ele (a) consiga sentir os detalhes da pele como um

todo. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a textura das escamas é áspera ou lisa? Questioná-lo (a) se é possível perceber o formato das escamas? Deixar o aluno (a) se expressar. Será importante observar se vai ser preciso mencionar ao aluno (a) que o formato da escama é oval.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe quais as cores da cobra-verde? Deixar o aluno (a) se expressar. Explicar que as cores são verdes e uma faixa longitudinal de cor marrom, segue da cabeça a cauda. **(Por meio do item da letra C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções sensoriais a textura e o formato das escamas).**

Por meio do conhecimento já adquirido sobre o animal, o modelo ampliado foi mais adequado para entender como é o tamanho do animal e identificar os elementos que compõem a cobra-verde em comparação do tamanho do modelo original? Deixar o aluno (a) se expressar. **(Por meio do item da letra D do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir comparar o tamanho original da cobra-verde em relação ao modelo ampliado por meio das percepções sensoriais e entender como é este animal).**

Questionar o aluno (a) se o material do modelo 3D (filamento PLA) tem um toque

agradável, ou machuca as mãos? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar a opinião do aluno (a) se o modelo da cascavel auxiliou na compreensão do conteúdo sobre as serpentes? **(Por meio do item da letra E do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir opinar com facilidade por meio das percepções sensoriais sobre a qualidade do material).**

06 - Jiboia

Ao explorar o modelo 3D do modelo 3D da cabeça da jiboia é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes. Deixar o aluno (a) se expressar conforme for conhecendo o material didático. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) se a cabeça da jiboia é perceptível aos sentidos sensoriais ao ponto de comparar com alguma figura geométrica. Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar como descrever o formato da cabeça, triangular ou oval e de vértice levemente ou muito pontiagudo? **(Por meio do item da letra A do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções sensoriais como são as características da jiboia).**

- Na região do “focinho” ao aluno (a) explorar o modelo 3D é possível perguntar

ao estudante se foi possível perceber as estruturas sensoriais como: olhos e narina? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar ao estudante que ele (a) procure estas estruturas sensoriais sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para mencionar a localização. **(Por meio do item da letra B do questionário observar-se participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções sensoriais o local dos olhos e narina).**

A exploração das escamas do modelo 3D na cabeça da jiboia deve ser feita com calma pelo aluno (a), para que ele (a) consiga sentir os detalhes da pele como um todo. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a textura das escamas é áspera ou lisa? Questioná-lo (a) se é possível perceber o formato das escamas? Deixar o aluno (a) se expressar. Deixar o aluno (a) se expressar. Será importante observar se vai ser preciso

mentonar ao aluno (a) que o formato da escama é de um hexágono.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe quais as cores da jiboia? Deixar o aluno (a) se expressar. Explicar que as cores são castanho claro, marrom e preta. **(Por meio do item da letra C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções sensoriais a textura e o formato das escamas).**

Por meio do conhecimento já adquirido sobre o animal, o modelo ampliado foi mais adequado para entender como é o tamanho do animal e identificar os elementos que compõem a jiboia em comparação do tamanho do modelo original? Deixar o aluno (a) se expressar. **(Por meio do item da letra D do questionário observar-se o participante da pesquisa da pesquisa irá conseguir opinar com facilidade por meio da das percepções sensoriais sobre a qualidade do material).**

PLANO DE AULA DAS AUDIODESCRIÇÕES

Ao ouvirem as audiodescrições os estudantes poderão ter a oportunidade de conhecer como são as serpentes por meio do recurso que visa de acessibilidade já que o intuito será de traduzir as características anatômicas dos animais em palavras. Deixando sempre os alunos (as) se expressem e a partir disso, realizar a mediação para a transmissão de conhecimento. E para que não exista nenhuma dificuldade do estudante de se expressar, deve-se auxiliar os mesmos a entender a audiodescrição por etapas, e com isso pretende-se ir questionando o aluno (a) em cada item do questionário para verificar a eficiência, eficácia e a satisfação do recurso de inclusão social.

Antes que iniciar audiodescrição investigar se o aluno conhece a audiodescrição.

1-Você ouvir falar na audiodescrição (AD)?

- () Não, nunca utilizei.
- () Sim, já utilizei.
- () Uso pouco este recurso, e por isso gostaria de utilizar nesta pesquisa.

01 – Jararaca de veludo

A- Ao ouvir audiodescrição do modelo 3D da cabeça da jararaca é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes.

Após exibição do áudio pela primeira vez já perguntar como é o formato da cabeça da jararaca, deixar o aluno (a) se expressar. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) qual figura geométrica foi citada na audiodescrição. Deixar o aluno (a) se expressar, se for preciso exibir mais uma vez até o aluno conseguir descrever o formato da cabeça. Se for o caso questionar o aluno (a) ao perguntar como descrever o formato da cabeça, triangular ou oval?

- Nas laterais da cabeça da serpente perguntar ao aluno (a) como foi descrito está área por meio da audiodescrição, deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que é nesta região interna que se localizam as glândulas de veneno. Questioná-lo (a) se ele já sabia que a jararaca de veludo é animal que injeta veneno? Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar por onde é injetado o veneno que é fabricado na glândula de veneno, deixar o aluno (a) se expressar.

B- Questionar o aluno (a) se já estudou o que são as fossetas loreais? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar ao estudante que ele (a) mencione local desta estrutura sensorial sem mediação, se caso estiver com dificuldade de citar, exibir novamente audiodescrição ao aluno (a) até falar a

região desejada. Explicar de forma didática a função das fossetas loreais.

C- Ao ouvir as informações das escamas da jararaca de veludo, deixar o aluno (a) se expressar. Neste sentido surge a oportunidade de explicar de forma didática que as escamas diminuem o desgaste causado pelo atrito do seu corpo com chão, proteção contra a radiação solar e a desidratação com a perda de água pela pele.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe ou lembra quais as cores da jararaca de veludo foram citadas na audiodescrição, uma, duas ou três? Deixar o aluno (a) se expressar. Explicar que as cores são castanho escuro, bege e amarelo claro.

- Questionar o aluno (a) se já estudou o que as serpentes se alimentam? Deixar o aluno (a) se expressar. Neste sentido surge a oportunidade de explicar de forma didática que as serpentes possuem uma variedade de dieta muito grande, no entanto todas as espécies são carnívoras. Solicitar ao estudante que ele (a) prestou atenção no momento que mencionou a abertura da boca da jararaca de veludo, se caso estiver com dificuldade de exibir novamente o trecho, até ao aluno entender. E assim explicar de forma didática ao aluno (a) que as serpentes engolem o alimento inteiro, isso porque as serpentes não podem mastigar já que os ossos do crânio e da boca são bastante flexíveis.

D- Questionar o aluno (a) sobre audiodescrição da jararaca de veludo, deixar o aluno (a) se expressar. Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **o volume do som**:

() Baixo

() Alto

() Agradável

- Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a velocidade da fala**:

() Rápida

() Lenta

() Média

() Ideal

- Às vezes muitos detalhes fazem com que nos percamos no conceito do objeto e deve-se selecionar os mais relevantes, neste sentido, solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a explicação**:

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

- Você faria mudanças na audiodescrição/gravação? Quais? Deixar o aluno (a) se expressar.

02 - Cascavel

A- Ao ouvir audiodescrição do modelo 3D da cabeça da cascavel é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes.

Após exibição do áudio pela primeira vez já perguntar como é o formato da cabeça da jararaca, deixar o aluno (a) se expressar. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) qual figura geométrica foi citada na audiodescrição. Deixar o aluno (a) se expressar, se for preciso exibir mais uma vez até o aluno conseguir descrever o formato da cabeça. Se for o caso questionar o aluno (a) ao perguntar como descrever o formato da cabeça, triangular ou oval?

- Nas laterais da cabeça da serpente perguntar ao aluno (a) como foi descrito está área por meio da audiodescrição, deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que é nesta região interna que se localizam as glândulas de veneno. Questioná-lo (a) se ele já sabia que a cascavel é animal que injeta veneno? Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar por onde é injetado o veneno que é fabricado na glândula de veneno, deixar o aluno (a) se expressar.

B- Por meio do conhecimento já adquirido sobre as fossetas loreiais, solicitar ao estudante que ele (a) explique sobre está estrutura sensorial sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para comentar sobre este assunto.

C- Ao ouvir as informações das escamas da cascavel, deixar o aluno (a) se expressar

ao citar o formato. Neste sentido surge a oportunidade de solicitar ao estudante que ele (a) mencione um outro animal que tenha escamas sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para comentar sobre este assunto.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe ou lembra quais as cores da cascavel foram citadas na audiodescrição, uma, duas ou três? Deixar o aluno (a) se expressar. Explicar que as cores são castanho claro, bege e preta.

D- Questionar o aluno (a) sobre audiodescrição da cascavel, deixar o aluno (a) se expressar. Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **o volume do som**:

() Baixo

() Alto

() Agradável

- Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a velocidade da fala**:

() Rápida

() Lenta

() Média

() Ideal

- Às vezes muitos detalhes fazem com que nos percamos no conceito do objeto e deve-se selecionar os mais relevantes, neste sentido, solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a explicação**:

() Muito bom

- () Bom
 () Razoável
 () Ruim
 () Muito ruim

03 – Guizo da cascavel

A- Ao ouvir audiodescrição do guizo da cascavel é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes. Após exibição do áudio pela primeira vez já perguntar como é o formato dos anéis do guizo, deixar o aluno (a) se expressar. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) qual formato geométrico foi citada na audiodescrição. Deixar o aluno (a) se expressar, se for preciso exibir mais uma vez até o aluno conseguir descrever o formato do guizo como um todo.

B- Ao ouvir as informações sobre o guizo da cascavel questionar o aluno em relação a localização do guizo, perguntar a onde fica o guizo segundo audiodescrição?

Deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que o número de anéis não representa a idade, a formação está diretamente relacionada com a medida em que o animal faz a troca de pele.

C- Nesta pergunta do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções auditiva como é o formato dos anéis guizo da cascavel quadrado ou oval?

D- Questionar o aluno (a) sobre audiodescrição do guizo cascavel, deixar o aluno (a) se expressar. Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **o volume do som**:

- () Baixo
 () Alto
 () Agradável

- Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a velocidade da fala**:

- () Rápida
 () Lenta
 () Média
 () Ideal

- Às vezes muitos detalhes fazem com que nos percamos no conceito do objeto e deve-se selecionar os mais relevantes, neste sentido, solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a explicação**:

- () Muito bom
 () Bom
 () Razoável
 () Ruim
 () Muito ruim

04 – Cobra-verde

A- Ao ouvir audiodescrição do modelo da cabeça da cobra-verde é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes. Após exibição do áudio pela primeira vez já perguntar como é o formato da cabeça da cobra-verde, deixar o aluno (a)

se expressar. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) ao perguntar como descrever o formato da cabeça, alongado ou curto?

- Nas laterais da cabeça da serpente perguntar ao aluno (a) como foi descrito está área por meio da audiodescrição? Deixar o aluno (a) se expressar. Se caso for preciso questionar o aluno (a) ao perguntar se a lateral é pouco ou bastante alargada? Deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que é nesta região interna que se localizam uma **glândula chamada** de Duvernoy, que auxilia a imobilização e captura das presas, lubrificação do alimento, higiene bucal e que raramente acontece pode acontecer um acidente ofídico.

B- Na região do “focinho” ao aluno (a) ao ouvir a audiodescrição da cobra-verde perguntar ao estudante se foi possível perceber as estruturas sensoriais como: olhos e narina? Deixar o aluno (a) se expressar. Deve-se aproveitar a oportunidade para explicar de forma didática que a narina responsável somente para respiração, e ao colocar a língua para dentro e fora da boca ela conseguir sentir o cheiro com auxílio da órgão de Jacobson, que fica no palato.

C- A ouvir audiodescrição da cobra ver-de questioná-lo (a) o aluno se é possível perceber o formato das escamas? Deixar o aluno (a) se expressar. Ao perguntar qual

é o formato das escamas da cobra-verde? Será importante observar se vai ser preciso mencionar ou não ao aluno (a) que o formato da escama é oval.

-Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe quais as cores da cobra-verde? Deixar o aluno (a) se expressar. Se for o caso exibir novamente audiodescrição até o aluno dizer que as cores são verdes e uma faixa longitudinal de cor marrom, segue da cabeça a cauda.

Neste sentido surge a oportunidade de solicitar ao estudante que ele (a) mencione um outro animal que tenha escamas sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para comentar sobre este assunto.

D- Questionar o aluno (a) sobre audiodescrição da cobra-verde, deixar o aluno (a) se expressar. Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou audiodescrição:

() Rápida e sucinta

() Lenta e com muitos detalhes

() Média, e destacando apenas o que é importante

() Não importa-se a velocidade, importante que houve clareza nas características do animal

E- Questionar o aluno (a) sobre audiodescrição da cobra-verde, deixar o aluno (a) se expressar. Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **o volume do som:**

() Baixo

() Alto

() Agradável

- Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a velocidade da fala:**

() Rápida

() Lenta

() Média

() Ideal

- Às vezes muitos detalhes fazem com que nos percamos no conceito do objeto e deve-se selecionar os mais relevantes, neste sentido, solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a explicação:**

() Muito bom

() Bom

() Razoável

() Ruim

() Muito ruim

- Você faria mudanças na audiodescrição/gravação? Quais? Deixar o aluno (a) se expressar.

05 - Jiboia

A- Ao ouvir audiodescrição o modelo 3D da cabeça da jiboia é possível que o aluno (a) perceba como são os detalhes. Após exibição do áudio pela primeira vez já perguntar como é o formato da cabeça da jiboia, deixar o aluno (a) se expressar. Em caso de dificuldade questioná-lo (a) qual figura geométrica foi citada na

audiodescrição. Deixar o aluno (a) se expressar, se for preciso exibir mais uma vez até o aluno conseguir descrever o formato da cabeça. Se for o caso questionar o aluno (a) ao perguntar como descrever o formato da cabeça, triangular ou oval e de vértice levemente ou muito pontiagudo? **(Por meio do item da letra A do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir descrever por meio das percepções auditivas como são as características da jiboia).**

- Na região do “focinho” ao aluno (a) ao ouvir sobre a audiodescrição da jiboia é possível perguntar ao estudante se foi possível perceber as estruturas sensoriais como: olhos e narina? Deixar o aluno (a) se expressar. Solicitar ao estudante que ele (a) mencione a localização destas estruturas sensoriais sem mediação, e assim observar o nível de facilidade ou dificuldade para a localização. **(Por meio do item da letra B do questionário observar-se participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções auditiva o local dos olhos e narina).**

C- A ouvir audiodescrição questioná-lo (a) o aluno se é perceber o formato das escamas? Deixar o aluno (a) se expressar. Será importante observar se vai ser preciso mencionar ou não ao aluno (a) que o formato da escama é de um hexágono.

- Perguntar ao aluno (a) se ele (a) sabe quais as cores da jiboia? Deixar o aluno (a) se expressar. Explicar que as cores são castanho claro, marrom e preta. **(Por meio do item da letra C do questionário observar-se o participante da pesquisa irá conseguir definir por meio das percepções auditiva o formato das escamas).**

D- Questionar o aluno (a) sobre audiodescrição da jiboia, deixar o aluno (a) se expressar. Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **o volume do som:**

- ☐ Baixo
- ☐ Alto
- ☐ Agradável

- Caso for necessário solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a velocidade da fala:**

- ☐ Rápida
- ☐ Lenta
- ☐ Média
- ☐ Ideal

- Às vezes muitos detalhes fazem com que nos percamos no conceito do objeto e deve-se selecionar os mais relevantes, neste sentido, solicitar a opinião do aluno (a) se ele considerou **a explicação:**

- ☐ Muito bom
- ☐ Bom
- ☐ Razoável
- ☐ Ruim
- ☐ Muito ruim

APÊNDICE E

PLACAS EM BRAILLE E PLACAS COM Qr CODE TÁTIL



PELE DA CASCABEL

PELE DA CASCABEL

unesp 

GUIZO DA CASCABEL

GUIZO DA CASCABEL

unesp 

COBRA-VERDE

COBRA-VERDE

unesp 

PELE DA COBRA-VERDE

PELE DA COBRA-VERDE

unesp

JIBOIA

JIBOIA

unesp

CRÂNIO DA JARARACA

CRÂNIO DA JARARACA

unesp

CRÂNIO DA CASCAVEL

CRÂNIO DA CASCAVEL

unesp 

CRÂNIO DA COBRA-VERDE

CRÂNIO DA COBRA-VERDE

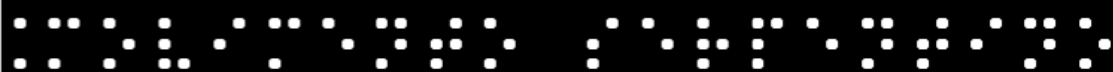
unesp 

CRÂNIO DA JIBOIA

CRÂNIO DA JIBOIA

unesp 

MOVIMENTO SERPENTINO



unesp 

MOVIMENTO RETILÍNEO



unesp 

MOVIMENTO ONDULATÓRIO LATERAL



unesp 

MOVIMENTO SANFONADO

movimento sanfonado

unesp 

CAUDA DA JARARACA

cauda da jararaca

unesp 

CAUDA DA CASCAVEL

cauda da cascaavel

unesp 

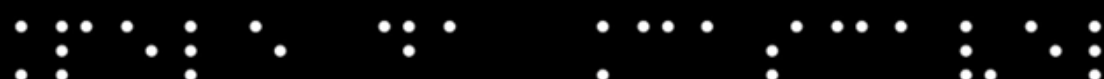
PROJETO DE ACESSIBILIDADE

[illegible]

**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**

[illegible]

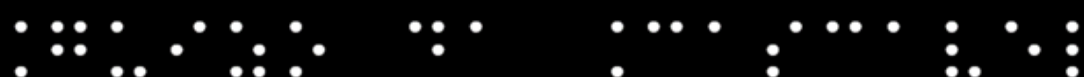
PELE DA CASCAVEL



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



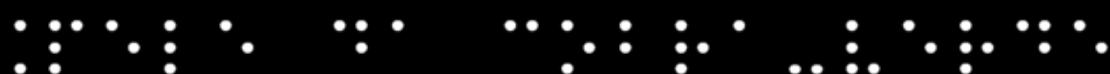
GUIZO DA CASCAVEL



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



PELE DA COBRA-VERDE



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



JIBOIA



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição

CRÂNIO DA JARARACA



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**

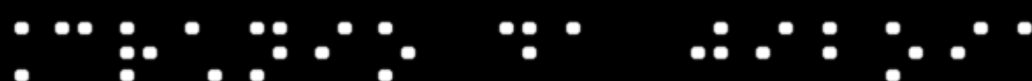


CRÂNIO DA CASCAVEL

**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



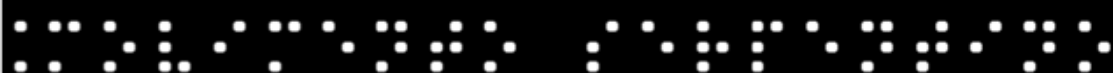
CRÂNIO DA JIBOIA



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



MOVIMENTO SERPENTINO



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



MOVIMENTO RETILÍNEO



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



MOVIMENTO ONDULATÓRIO LATERAL

MOVIMENTO ONDULATÓRIO LATERAL

**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



MOVIMENTO ONDULATÓRIO LATERAL
A descrição de áudio para o movimento
ondulatório lateral está disponível no aplicativo
unesp

MOVIMENTO SANFONADO

[illegible]

**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**

[illegible]

CAUDA DA JARARACA

**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



CAUDA DA JARARACA
A CAUDA DA JARARACA É O NOME
DADO À CAUDA DA JARARACA
QUE É O NOME DADO À CAUDA DA JARARACA

CAUDA DA CASCAVEL



**Aponte a câmera do celular
para o QR Code
e acesse a audiodescrição**



APÊNDICE F

ARQUIVOS DIGITAIS EM DIVERSOS FORMATOS

ARQUIVO
DIGITAL

CABEÇAS

LINK

<https://shre.ink/Uy8E>

CRÂNIOS

LINK

<https://shre.ink/Uya0>

ESCAMAS

LINK

<https://shre.ink/U5VY>

GUIZO

LINK

<https://shre.ink/U5VN>

CAUDAS

LINK

<https://shre.ink/UyaO>

LOCOMOÇÃO DAS SERPENTES

LINK

<https://shre.ink/UyaF>

ARQUIVO DIGITAL G CODE



CABEÇAS

LINK

<https://shre.ink/UH8O>

ESCAMAS

LINK

<https://shre.ink/UH8x>

GUIZO

LINK

<https://shre.ink/UH8M>

CAUDAS

LINK

<https://shre.ink/UH8i>

LOCOMOÇÃO DAS SERPENTES

LINK

<https://shre.ink/UH8s>

ARQUIVO DIGITAL 3MF E G CODE



ENDER 3

CABEÇAS (ESCALA REAL) E CRÂNIOS (ESCALA AMPLIADA)

JARACACA DE VELUDO E CRÂNIO JARARACA

LINK

<https://shre.ink/UyaA>

CASCADEL

LINK

<https://shre.ink/Uyaj>

COBRA-VERDE

LINK

<https://shre.ink/Uyaq>

JIBOIA

LINK

<https://shre.ink/U5Gv>

CAPÍTULO II

Trabalho enviado para à revista DAT Journal, Design, Art and Technology

Normas disponíveis em: <https://datjournal.emnuvens.com.br/dat/about/submissions>

DIGITALIZAÇÃO DE ESTRUTURAS BIOLÓGICAS NO DESIGN DE MATERIAL INSTRUCIONAL TÁTIL PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

BIOLOGICAL STRUCTURES SCANNING IN DESIGN OF TACTILE INSTRUCTIONAL MATERIAL FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

Mauro I. A. Junior¹; Livia C. Ambrósio²; Lígia S. L. S. da Mota²;
Fausto O. Medola¹; Luis C. Paschoarelli¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Design, Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design - Câmpus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Câmpus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.

RESUMO

Design Assistivo se caracteriza pelo processo de desenvolvimento de Tecnologias Assistivas, a qual promover funcionalidade e a inclusão de pessoas com deficiência. O desenvolvimento de material instrucional para o ensino de pessoas com deficiência visual pode ocorrer por meio das novas tecnologias de digitalização e impressão 3D. O presente estudo objetivou desenvolver material instrucional tátil, a partir de estruturas biológicas de serpentes. Foram realizadas digitalizações de crânios, cabeças, escamas e cauda de diferentes espécies. Os arquivos digitais foram editados em *softwares* específicos. Foram descritos procedimentos de verificação e análise dos fatores e parâmetros que implicam em uma melhor definição e acurácia dos modelos virtuais, controlando a relação dimensional com a percepção de detalhes como escamas e formato anatômico. Os protótipos foram obtidos por tecnologia de impressão 3D, permitindo analisar fatores e parâmetros que implicaram em uma melhor precisão dos detalhes; além da possibilidade de validação da interação de uso (eficácia e eficiência) em condições educacionais.

Palavras-Chave: *Design* Assistivo; Tecnologia Assistiva; Digitalização 3D; Material Didático; Inclusão.

ABSTRACT

Assistive *Design* is characterized by the development of Assistive Technologies, which promote functionality and inclusion of people with disabilities. The development of instructional material for teaching people with visual impairment can occur through the new technologies of 3D scanning and printing. This study aimed to develop tactile instructional material, based on snake biological structures. Skulls, heads, scales and tails of different species were scanned. The digital files were edited in specific *software*. Procedures of verification and analysis of the factors and parameters that imply in a better definition and accuracy of the virtual models were described, controlling the dimensional relation with the perception of details such as scales and anatomical format. The prototypes were obtained by 3D printing technology, allowing the analysis of factors and parameters that implied in a better accuracy of the details; besides the possibility of validation of the use interaction (effectiveness and efficiency) in educational conditions.

KEY WORDS: Assistive *Design*; Assistive Technology; 3D scanning; Courseware; Inclusion.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as tecnologias virtuais passaram a contribuir expressivamente nos métodos de *Design* de Produto, especialmente com os sistemas de digitalização e impressão tridimensionais (3D). Entre as vantagens destacam-se a obtenção com velocidade, precisão e acurácia das informações - dimensão e formato - dos objetos digitalizados; e a qualidade da visualização dos conceitos e da produtividade do processo (Kus; Unver; Taylor, 2009). Estes autores destacam ainda outros pontos positivos: a eficiência na produção de protótipos; a recuperação instantânea de informações; a possibilidade de compartilhamento de dados via internet com outros profissionais; a redução de custos e de espaços para armazenamento; além da redução do risco de dano ou perda dos materiais, já que podem ser armazenados de maneira virtual.

As tecnologias de captura e digitalização 3D foram inicialmente desenvolvidas e aplicadas para inspeções de peças e equipamentos fabris e industriais. Mas, de acordo com Dezen-Kempton *et al.* (2015), estas aplicações alcançaram outros setores, tais como a arquitetura, a odontologia, a medicina, entre outros. Na área da Tecnologia Assistiva, o acesso e a utilização dessas tecnologias 3D, aplicadas nos métodos de *Design* Assistivo, podem contribuir para a popularização e disseminação de produtos mais adequados aos processos de reabilitação e satisfatórios aos usuários.

No que refere aos materiais instrucionais desenvolvidos a partir da perspectiva do *Design* Assistivo, Brulé *et al.* (2016) destacam o impacto positivo que os mesmos geram no desenvolvimento de habilidades de crianças com deficiência. Apesar disso, quanto aos materiais instrucionais bidimensionais, Peña (2015) enfatiza suas disponibilidades, mas aponta que ainda se mostram pouco eficazes na questão do aprendizado ativo.

No caso da aprendizagem das pessoas com deficiência visual, Arcand *et al.* (2019) sugerem a existência de conhecimentos em que, no momento de ensino, a abstração visual possa ser substituída por uma abstração tátil (p.e. a representação de um modelo em escala de estruturas arquitetônicas). Esses autores indicam que sistemas 3D seriam recursos alternativos para ensinar as pessoas com deficiência visual, e que seu avanço tecnológico permite sua implementação nas escolas em diferentes partes do mundo. Salientam também a necessidade de criar e investigar o melhor design dos modelos em 3D, de forma a atender, com qualidade, a demanda escolar. Isto exige parcerias dos professores com profissionais qualificados na área da tecnologia.

No tocante ao desenvolvimento de modelos de estruturas biológicas (particularmente, animais), Zuffi *et al.* (2017), apresentam um estudo para obtenção de modelos de quadrúpedes, reforçando a dificuldade de obtenção dos dados pelo comportamento pouco cooperativo dos animais. A baixa presença de investigações nesta área mostra a expressiva demanda por estudos voltados à compreensão e definição de métodos específicos para este tipo de problema: digitalização (ou, escaneamento) e representação tridimensional de estruturas biológicas.

Apesar de existirem materiais instrucionais disponíveis em versão digital, ainda é um desafio a representação de alta qualidade de textura e precisão geométrica para impressão tridimensional.

Há também outros estudos que aplicaram as técnicas de escaneamento tridimensional, de modo aplicado: Hu *et al.* (2018), no projeto de vestuário; Haleem e Javaid (2018) e Treleaven e Wells (2007) na medicina; Ares *et al.* (2014) na antropometria; e D'apuzzo (2006) em campos diversos (militar, medicina, arte e cinema). Entretanto, para o estudo sobre ofídios ainda não existem relatos metodológicos sobre o processo de escaneamento dessas estruturas biológicas, especialmente se destinados ao desenvolvimento de materiais instrucionais para o ensino de pessoas com deficiência visual. Desta maneira, foi estabelecida a seguinte questão de pesquisa: que procedimentos são necessários para a digitalização (escaneamento) e prototipagem (por impressão 3D) estruturas biológicas de serpentes, que possam servir de material instrucional e didático (protótipos táteis) para Pessoas com Deficiência Visual?

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi desenvolver um método de obtenção (escaneamento) e tratamento de malhas, e prototipagem de material didático instrucional, tendo como objeto de estudo serpentes peçonhentas e não peçonhentas. Neste sentido, buscou-se verificar agilidade e qualidade na reprodução de modelos virtuais (arquivos digitais), possibilitando a impressão 3D de protótipos táteis, com melhores detalhes, definição e resistência e, conseqüentemente, potencializar sua aplicação no ensino para Pessoas com Deficiência Visual.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Características do Estudo e Aspectos Éticos

O estudo caracterizou-se por uma abordagem exploratória, descritiva, aplicada e transdisciplinar. As atividades envolveram técnicas e equipamentos do LEI - Laboratório de Ergonomia e Interfaces da FAAC-UNESP - Campus Bauru; e CEVAP - Centro de Estudos e Venenos Animais Peçonhentos, UNESP - Campus Botucatu. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA (Registro junto ao CONCEA – Conselho Nacional de Controle e Experimentação Animal: CIAEP/CONCEA nº 01.0115.2014), sob número 0195/2021, da FMVZ-UNESP - Campus Botucatu.

3.2 Objeto De Estudo

Caracterizou-se como objeto de estudo as serpentes, Cascavel (*Crotalus durissus terrificus*), Jararaca (*Bothrops jararaca*), Jiboia (*Boa constrictor*) e Cobra Verde (*Philodryas olfersii*), particularmente suas características (Figura 84): Escama quilhada (cascavel e jararaca) ou lisa (jiboia e cobra-verde); Dentição solenóglifas (cascavel e jararaca); Opistóglifa (cobra-verde) e Áglifa (jiboia); Cabeça triangular vértice pontiaguda (cascavel e jararaca), alongado levemente arredondado (cobra-verde), triangular alargado (jiboia); e a Cauda da cascavel.

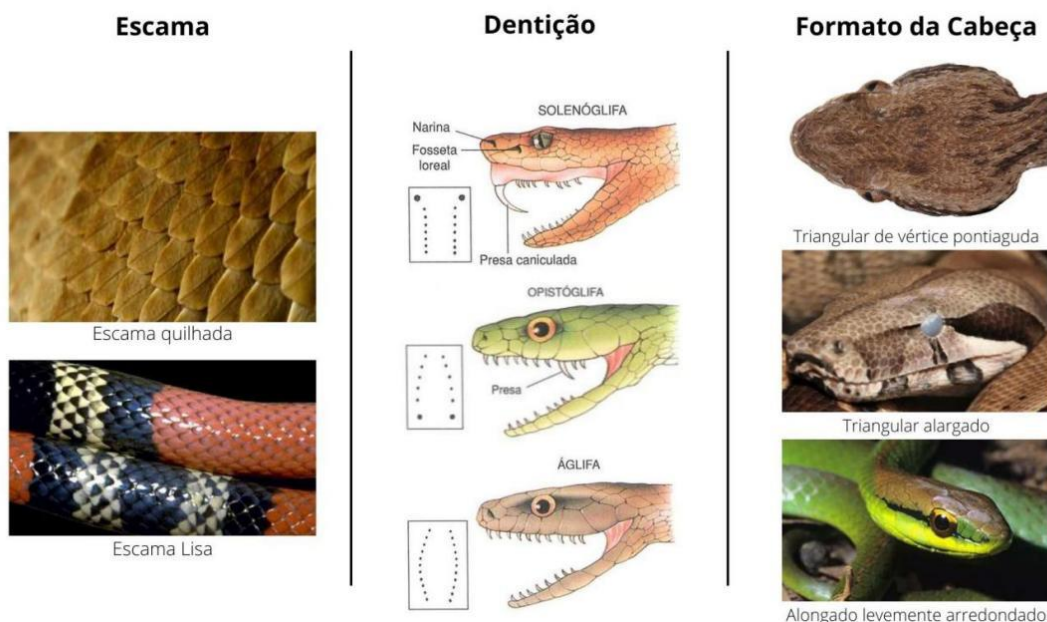


FIGURA 84. Características anatômicas dos ofídios.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.3 Instrumentos

Para o desenvolvimento do estudo foi utilizado o *Scanner EinScan-SE (SHINING 3D)*, com próprio *software EXScan S v3.1.0.1*, instalado em um notebook *LENOVO IDEAPAD Z400*, com os requisitos de sistema: *Windows 10 (64 bits)*, Memória RAM de 8GB, processador *i7 3520m*, Placa gráfica 2GB de VRAM, e monitor: 1920x1080. Este equipamento utiliza um emissor de luz e dois sensores ópticos junto às câmeras: o primeiro projeta um padrão de luz sobre a estrutura a ser escaneada, e os sensores fazem aquisição da reflexão de luz por meio de triangulação. Dessa forma, o *software EXScan S v3.1.0.1* interpreta o posicionamento das estruturas e gera uma nuvem de pontos tridimensionais. O scanner também possui uma mesa giratória sobre a qual o objeto deve ser disposto, possibilitando o seu escaneamento total. O equipamento possui os seguintes requisitos mínimos: *Windows 7/8/10 (64 bits)*, Memória RAM de 16GB ou superior, processador *i5 3ª geração* ou superior, Placa gráfica 2GB de VRAM ou superior, e monitor: 1920x1080.

Para a edição e correção das malhas, utilizou-se o *Software GOM Inspect* versão gratuita, em um notebook *DELL Inspiron 7580*. Esse *software* tem como propósito principal a comparação geométrica de arquivos CAD com as malhas de produtos de engenharia, visando entender as limitações tecnológicas dos equipamentos de produção.

Ainda, o *software* apresenta também uma seção voltada para correção e edição de malhas. A escolha deste software se deu pelo fato de apresentar interface simples e ferramentas de alta precisão, voltadas para reparo das malhas. Outros *softwares* como o *opensource Blender* e o *Fusion 360* (da Autodesk) também foram cogitados, devido ao fato de possuírem versões grátis e serem de fácil acesso. Para a preparação dos arquivos para impressão 3D, particularmente o fatiamento, utilizou-se o *software Ultimaker CURA* 4.13.1. E a impressão dos protótipos foi realizada em uma impressora 3D de filamento *BIQU B1*.

3.4 Procedimentos - Etapa I

A Etapa I caracterizou-se pela digitalização dos crânios de “Cascavel”, “Cobra Verde”, “Jararaca” e “Jiboia”, além da cauda de uma “Cascavel” (Figura 85), e foi realizada no Laboratório de Ergonomia e Interfaces, da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da UNESP.



FIGURA 85. Estruturas escaneadas na primeira coleta.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.4.1 Compreensão do processo de escaneamento

O processo de escaneamento precisou ser preparado a partir de alguns parâmetros. Após calibragem, criou-se um “*work*”, que funcionou como um arquivo contendo todas as informações do objeto escaneado. Este arquivo se divide em “*projects*”, os quais apresenta as pastas “*groups*” e, estes, organizam os “*takes*”. Cada *take* constitui-se em um processo de aquisição de dados, ligado diretamente à rotação da mesa giratória. Ou

seja, um “*groups*” com 20 *takes* irá contar com 20 nuvens de pontos, os quais foram obtidos durante a rotação total da mesa. Dessa forma, quanto maior o número de *takes*, maior o tempo para rotacionar a mesa por completo. Os “*groups*” podem ser alinhados entre si para complementar furos, ou regiões que não foram alcançadas entre os *takes*, facilitando a obtenção de dados.

Em relação aos parâmetros, pode-se definir o brilho do padrão de luz, ajustando-o de acordo com a coloração do objeto. Também é possível definir a quantidade de *takes*, sendo possível obter entre 8 e 36 *takes*. Há ainda um ajuste de velocidade entre os *takes*, mas recomenda-se que não seja alterado. Pode-se também selecionar entre o uso de cores e texturas, ou somente o escaneamento tridimensional. Por fim, escolhe-se o método de alinhamento, no entanto, neste modelo de scanner o alinhamento pode ser realizado exclusivamente pela geometria, no qual se utiliza as formas do objeto para alinhar os pontos ao final dos *takes*. Portanto, torna-se possível ajustar o escaneamento, de acordo com cada objeto.

3.4.2 Testes de escaneamento

Antes de iniciar o processo de digitalização propriamente dito, foram realizados cinco testes para definição dos parâmetros de escaneamento, os quais foram decisivos no preparo e escaneamento das serpentes. Caracterizou-se pelo escaneamento de objetos cotidianos e brinquedos, visto que possuem formas complexas e variabilidade de cores (previstas nas serpentes).

O ‘teste de volume máximo’ (Figura 86) verificou escaneamento de objetos com dimensões superiores às da mesa giratória. Para isto, foi escaneado (em dois “*groups*”) um objeto tridimensional figurativo (“coruja”), com aproximadamente 355 mm de altura. Na segunda tomada, o objeto foi girado sobre a mesa giratória, realizando uma captura complementar para alinhamento posterior, tendo ocorrido satisfatoriamente.

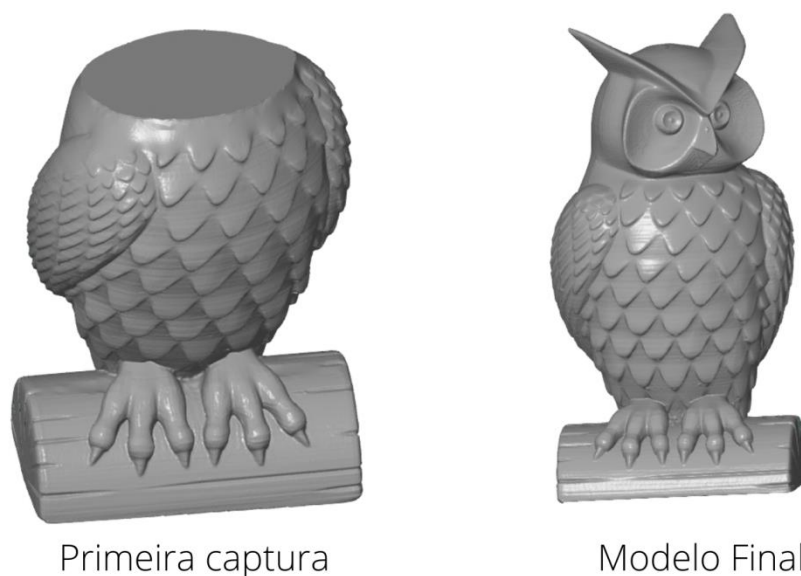


FIGURA 86. Teste de volume máximo.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O “teste de influência da quantidade de *takes*” (Figura 87) verificou se a quantidade de *takes* influencia na qualidade da malha, nos detalhes do modelo virtual e no tempo de escaneamento.



FIGURA 87. Teste de influência da quantidade de *takes*.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Foi utilizado o mesmo objeto do teste anterior, com 8, 16 e 36 *takes*; e tempos de 3, 5 e 15 minutos respectivamente. As malhas apresentaram pouca alteração de qualidade, com a presença de ruídos nos *takes* mais curtos. Entendeu-se então que a melhor opção seria uma quantidade média de *takes*, equilibrando o tempo com a qualidade, evitando ruídos e furos nas malhas.

O “teste de influência de cores e texturas” (Figura 88) baseou-se na digitalização de cores e texturas como função complementar, visando possível uso para desenvolvimento futuro de protótipos destinados a pessoas com baixa visão. Para isto, foi utilizado um modelo (“boneco”) colorido; e realizadas duas capturas de 20 *takes*, com e sem textura, alcançando os tempos de 20 e 10 minutos respectivamente. O uso de texturas aumentou o ruído da peça, não sendo viável para os procedimentos pretendidos.



FIGURA 88. Teste de influência das cores e texturas na duração do escaneamento.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O “teste de movimentação brusca entre *groups*” (Figura 89) objetivou verificar a obtenção de superfícies distintas com elevada qualidade. Para tal, foi digitalizado um brinquedo (o qual possui superfície complexa) fixado com “plastilina” sobre a mesa giratória. Os resultados apontaram precisão satisfatória, facilitando a complementação de partes complexas. Essa verificação foi essencial para o planejamento de suportes e do posicionamento das serpentes no escaneamento final.

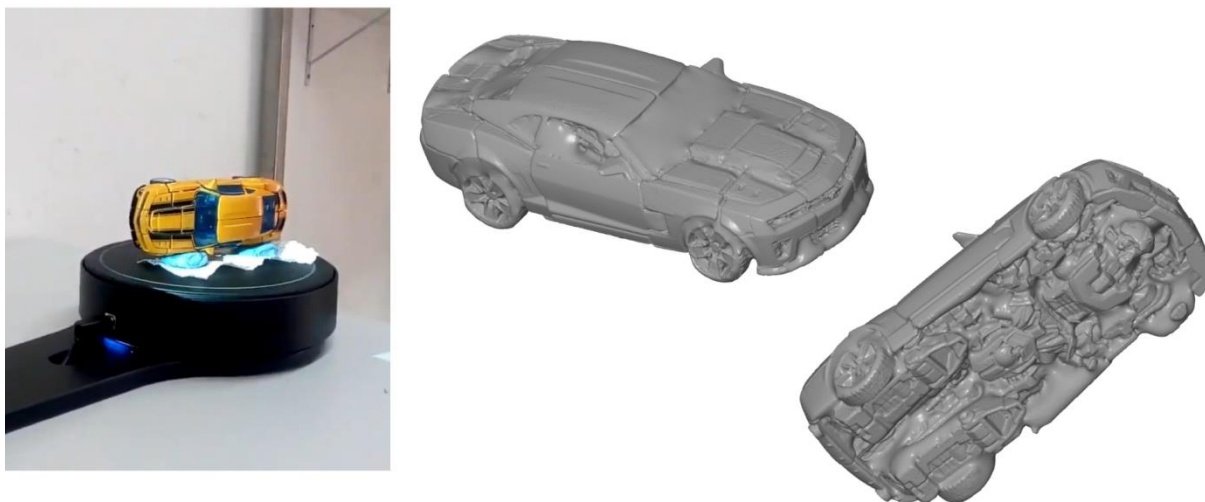


FIGURA 89. Teste movimentação brusca entre *groups*.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O “teste de repetição” (Figura 90) objetivou identificar e registrar dados de estruturas que apresentam elementos simétricos axialmente, geralmente resultando em falhas na malha e repetição desses elementos, devido à falta de informação geométrica na orientação tridimensional do modelo (conforme observado no corpo das serpentes, de forma cilíndrica e escamas padronizadas). O sólido gerado apresentou furos e falta de qualidade em algumas partes do objeto, no entanto obteve sucesso em partes que possuíam uma superfície em forma de pino, indicando que elementos externos com forma simples podem ser utilizados para mitigar o problema.

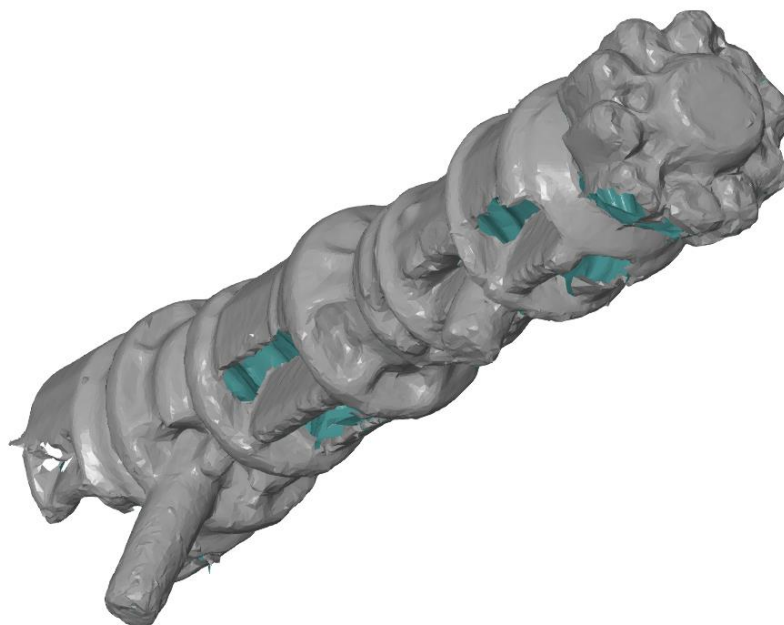


FIGURA 90. Teste de repetição.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Após a realização dos testes foi decidido que um conjunto de 20 *takes* como padrão para o escaneamento das serpentes, com intensidade de brilho de acordo com a espécie, e sem o uso de cores e texturas. Assim, foi possível obter cada um desses conjuntos em aproximadamente 10 minutos, com a necessidade de 2 ou mais “*groups*” para cada serpente por completo.

3.4.3 Suportes

Para auxiliar na digitalização foram desenvolvidos suportes produzidos com palitos de madeira pintados de preto (para não comprometerem o escaneamento) e fixados em “plastilina”, permitindo a angulação entre os “*groups*” (Figura 91-A). Também foi desenvolvido um suporte com plástico translúcido para apoiar o corpo das serpentes, com a elevação da cabeça dessas (Figura 91-B).

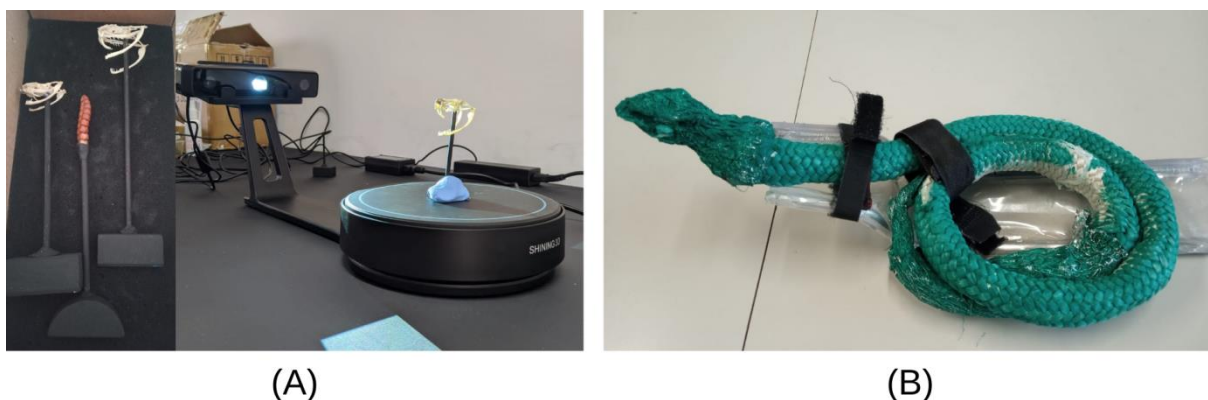


FIGURA 91. À esquerda, suportes de fixação dos crânios (A). À direita, suporte translúcido (B).

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.4.4 Edição dos dados

Os arquivos digitais foram transformados em malhas no formato STL, e posteriormente, editados no software *GOM Inspect*. Procedimentos de correção foram necessários e ocorreram na seguinte ordem: 1 - remoção de estruturas de suporte; 2 - remoção de ruídos; 3 - reparo de estrutura; 4 - fechamento de furos; 5 - melhoria na malha; 6 - adaptação para impressão; 7 - última verificação de erros; e 8 - exportação do arquivo digital.

As estruturas de suporte (palitos, plastilina e suporte plástico) são também escaneados e precisam ser excluídos do arquivo digital (Figura 92). Este procedimento deu-se com a seleção total ou parcial destes elementos e consequente exclusão, com os espaços resultantes desta remoção sendo reparados posteriormente. Os ruídos se caracterizam pela formação de pequenas estruturas pontiagudas (em formato de pirâmide), gerados no momento do alinhamento das nuvens de pontos. Apesar de minúsculos, atrapalham no momento do “fatiamento” do modelo para impressão. Sua remoção envolve a identificação, seleção e exclusão da região, e correção da deformação gerada pela remoção da região. Apesar de simples, é um processo que demanda tempo e atenção para reconhecimento das regiões de erro (Figura 93).

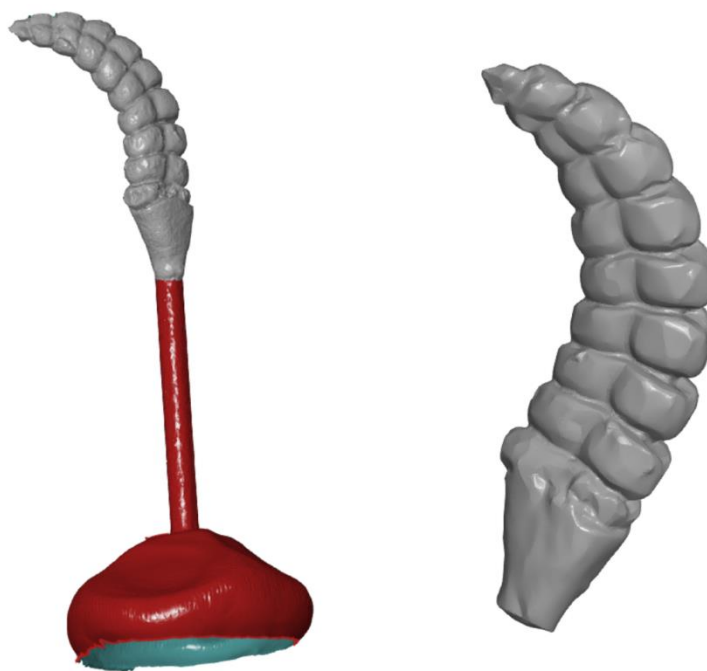
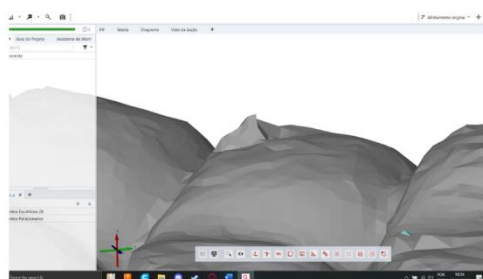
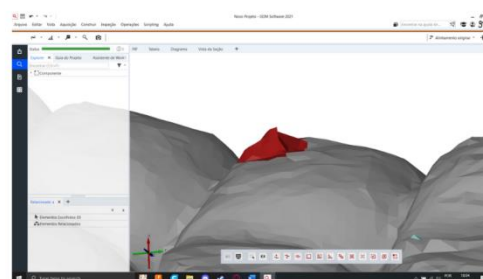


FIGURA 92. Remoção das estruturas de suporte.

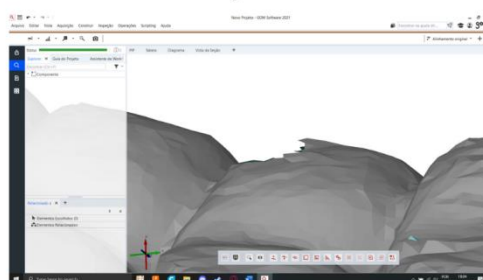
Fonte: Acervo pessoal, 2022.



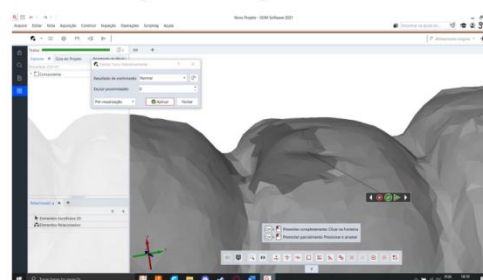
Identificação do ruído



Seleção da região alterada



Remoção da região alterada



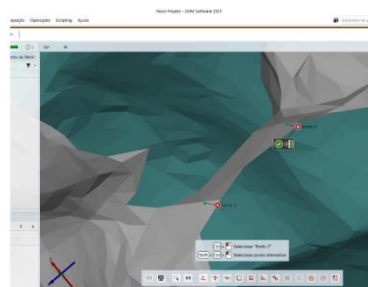
Fechamento do furo gerado

FIGURA 93. Remoção de ruídos.

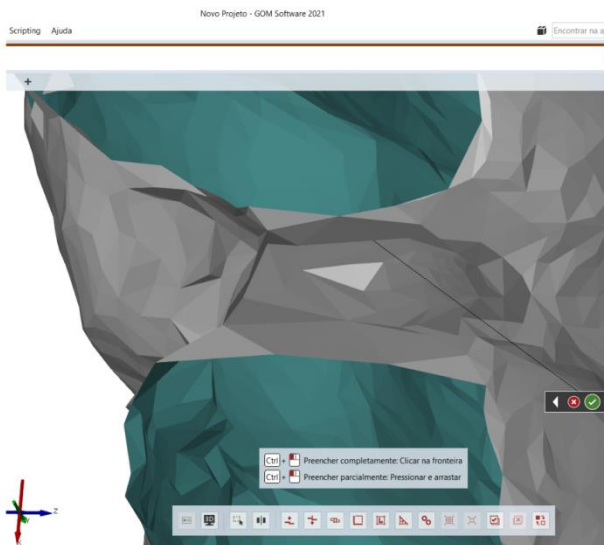
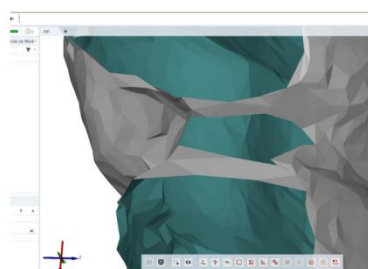
Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O reparo da estrutura geralmente ocorre pelas limitações da tecnologia ou erros de alinhamento, exigindo a comparação visual da malha com o objeto original (serpente) e correção particular de cada uma dessas estruturas. Uma ferramenta para esse reparo seria

a “ponte de malha”, que cria uma pequena ponte baseada nos triângulos selecionados, permitindo a alteração da tangência da malha (Figura 94).



Criação das pontes



Preenchimento dos furos

FIGURA 94. Reparo da Estrutura.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O fechamento dos furos da malha serve tanto para manter a textura e visual próprios das serpentes, como para gerar uma malha sem erros para o momento do fatiamento. O fechamento deve ser realizado com base no objeto de estudo, visando adaptar da melhor forma sua tridimensionalidade. Isto permite ajuste fino de quanto a malha a ser fechada interage com suas as bordas, com acabamento suave ou grosseiro (Figura 95).

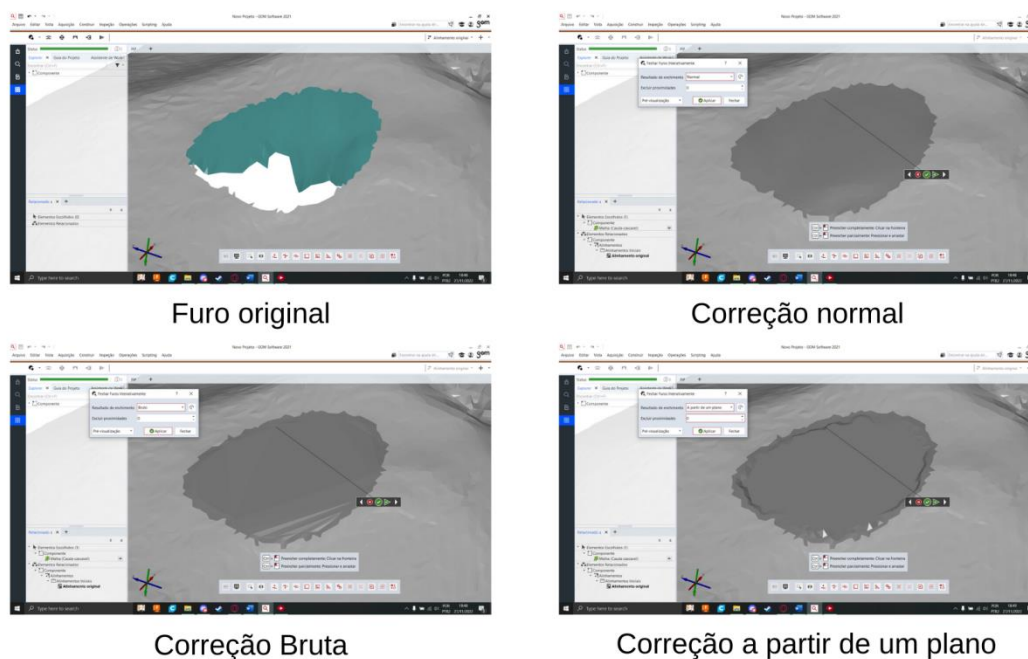


FIGURA 95. Fechamento de furos.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

A melhoria da malha é realizada com ferramentas de suavização ou refinamento, que atuam com um tratamento geral nos triângulos da região selecionada (Figura 96).

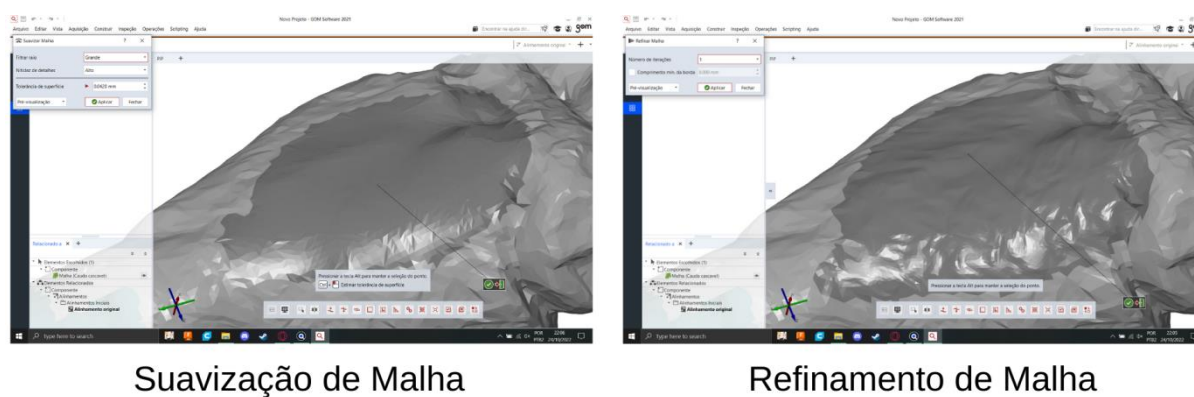


FIGURA 96. Melhoria da malha.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O fatiamento para impressão depende da criação de uma região plana, a qual serve de fixação na mesa da impressora. Para isso, pode-se cortar a malha na região desejada e corrigir o furo gerado a partir de um plano (Figura 97).

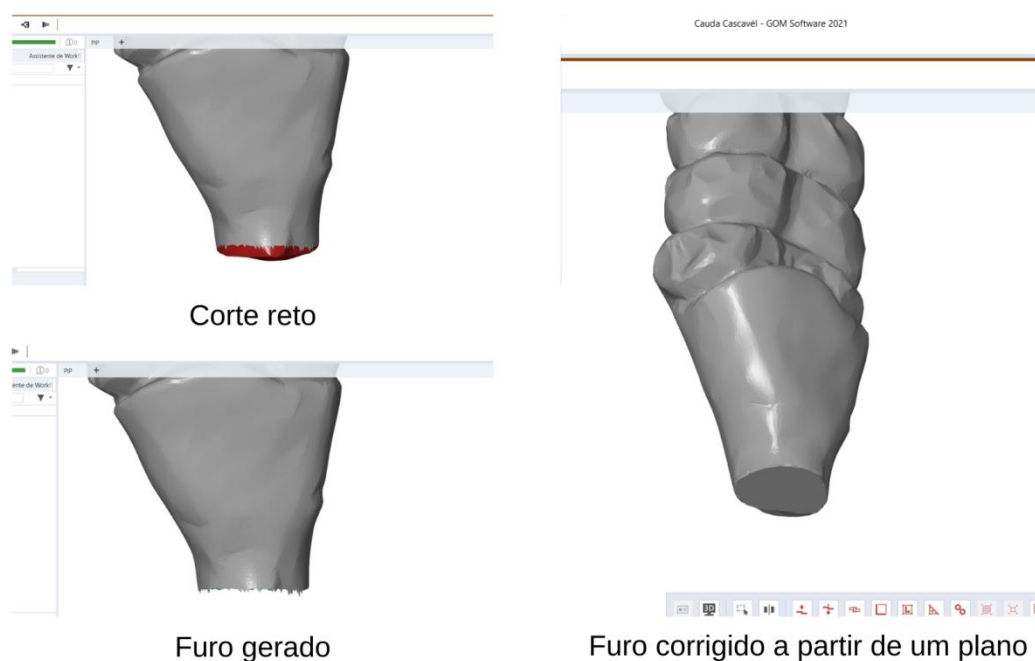


FIGURA 97. Adaptação para impressão.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Para garantir que não existam problemas de leitura da malha, torna-se necessário verificar a presença de erros, o que é realizado pela função “eliminar erros da malha”, a qual permite a verificação e correção automática expressiva dos mesmos; e indica, de modo cromático, os erros que não podem ser corrigidos automaticamente, facilitando sua identificação para correção individual (Figura 98).

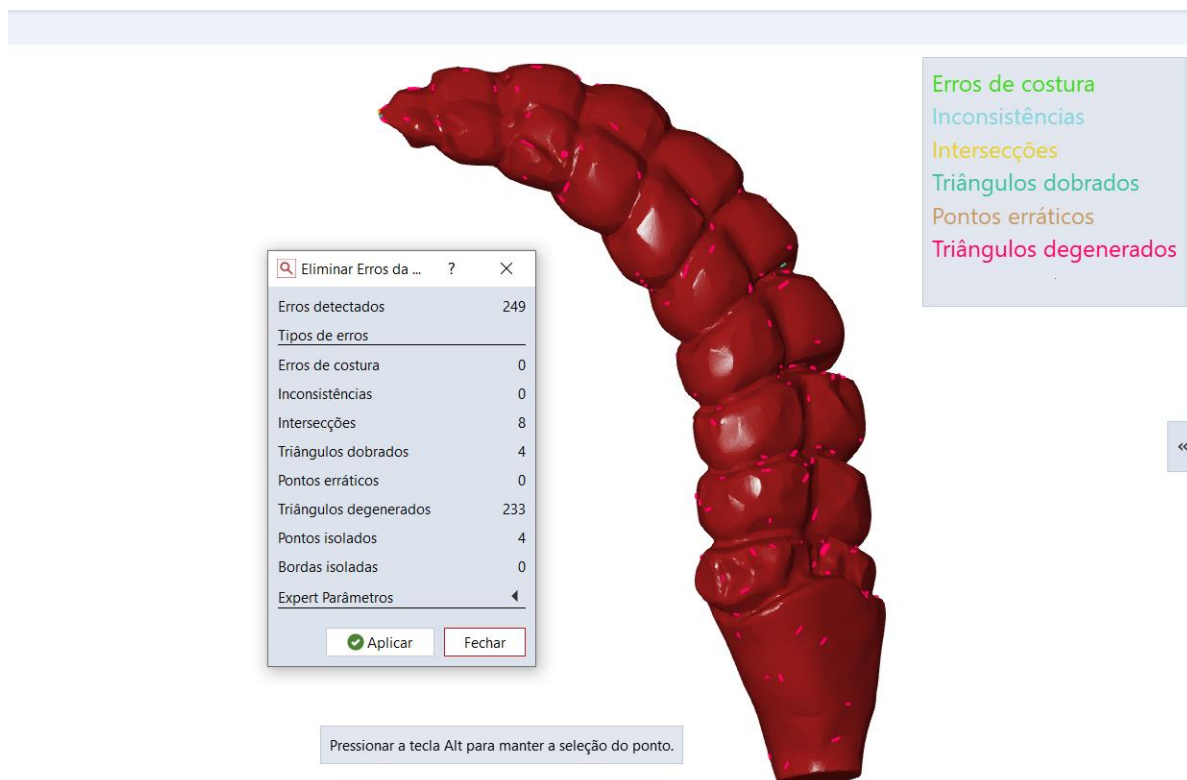


FIGURA 98. Verificação de erros.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

A oitava e última etapa no tratamento das malhas é a exportação. Neste caso, seleciona-se a malha que deseja ser exportada, salvando o arquivo em extensão “STL” (Figura 99). Esta extensão mostra-se ideal para compartilhamento em diversas plataformas, sendo a mais empregada nas comunidades de impressão 3D, devido a qualidade geométrica do modelo e tamanho reduzido do arquivo digital.

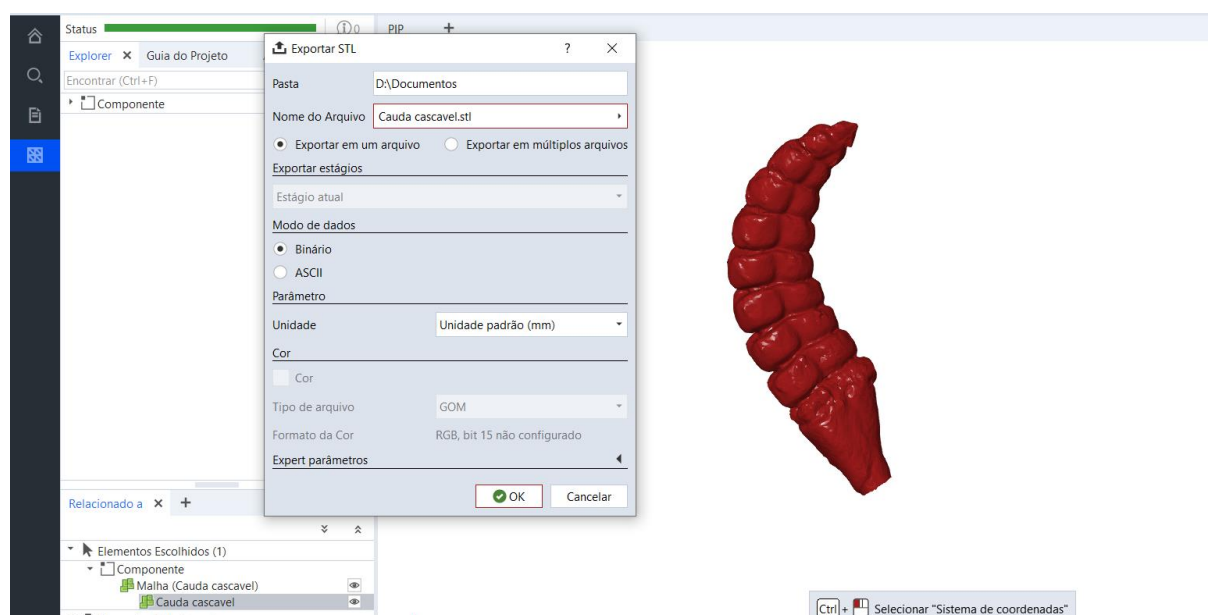


FIGURA 99. Exportação.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.4.5 Malhas obtidas na etapa I

Neste sentido, foram obtidos os arquivos digitais contendo os crânios da Cascavel, Jararaca, Jiboia e Cobra Verde; assim como a cauda da Cascavel (Figura 101).

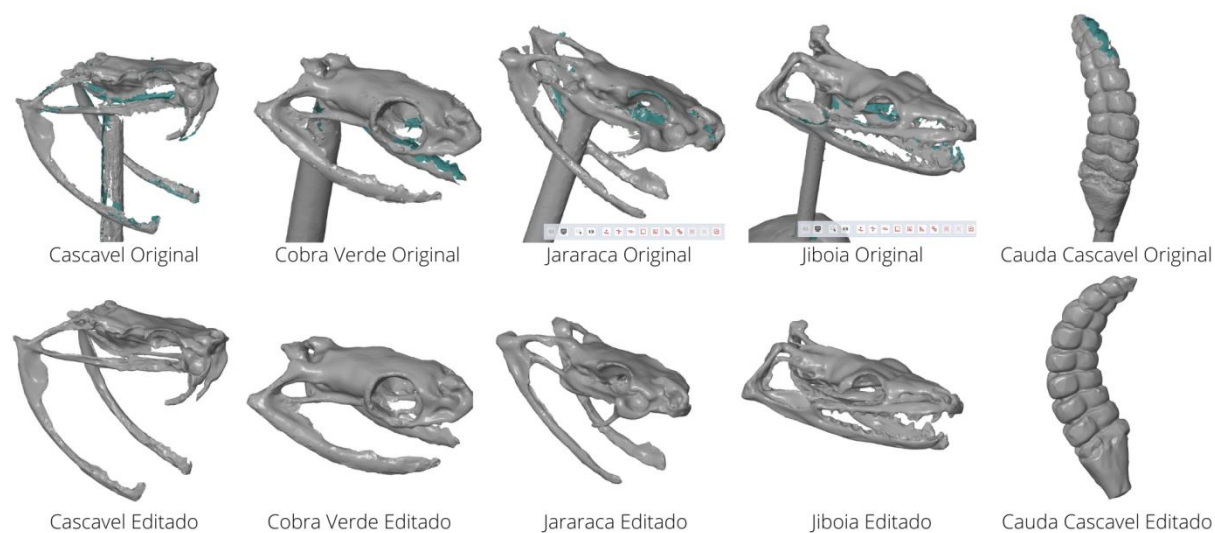


FIGURA 100. Malhas obtidas após o tratamento da primeira coleta.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3.4.6 Impressão 3D dos crânios e cauda das serpentes

A partir dos arquivos digitais, foram impressos tridimensionalmente os primeiros protótipos dos crânios das serpentes (Figura 101). A preparação e a impressão se mostraram problemáticas, devido à ausência de superfícies planas do objeto de estudo e sua espessura extremamente fina. Dessa forma, os resultados não foram satisfatórios, com destaque às “quebras” dos modelos, durante a retirada dos suportes. Por outro lado, a cauda da Cascavel não apresentou problemas durante a impressão (Figura 102).

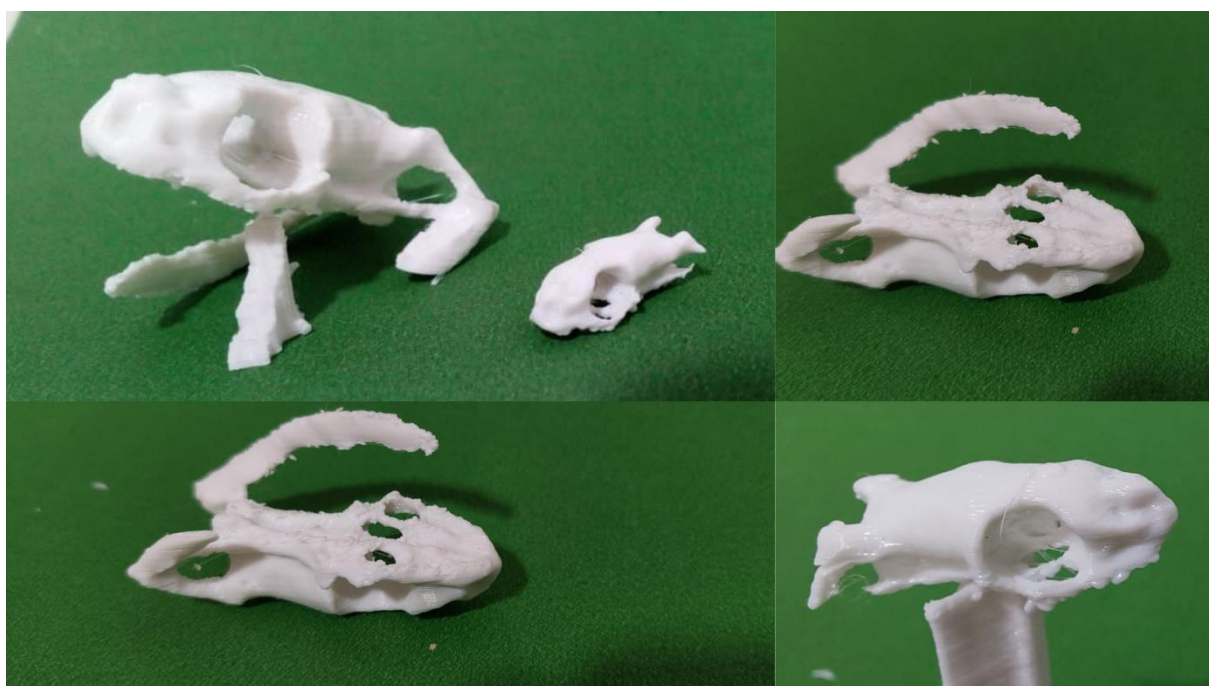


FIGURA 101. Protótipos do crânio de Cobra-Verde em escalas original e 200%.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.



FIGURA 102. Protótipos da cauda de cascavel.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.5 Procedimentos - Etapa II

A Etapa II caracterizou-se pela digitalização da cabeça de “Cascavel”, “Cobra Verde” e “Jiboia”, além da escama de “Jiboia” e “Cobra Verde” (Figura 103). Todas as serpentes estavam fixadas em formol a 10% e conservadas em álcool 70%, e fazem parte de uma coleção didática do Centro de Estudos e Venenos Animais Peçonhentos (CEVAP-UNESP) e o procedimento foi realizado no Laboratório Didático do Departamento de Ciências Químicas e Biológicas do Instituto de Biociências de Botucatu da UNESP.



FIGURA 103. Serpentes fixadas em formol e conservadas em álcool.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.5.1 Preparação e escaneamento de cabeças e escamas das serpentes

Para o escaneamento planejou-se empregar os mesmos suportes da Etapa I (Figura 104), no entanto, foram encontradas dificuldades para posicionar as serpentes, devido a rigidez dos espécimes conservados em formol e álcool etílico. Da mesma maneira, foram observadas limitações tecnológicas durante o escaneamento da “Cobra-Verde”, que sofreu escurecimento das escamas, em decorrência do processo de conserva, dificultando a reflexão dos padrões de luz e obtenção da nuvem de pontos.

O procedimento de escaneamento (retirada da conserva, preparação do suporte, preparação sobre a mesa giratória, realização do escaneamento e devolução no meio de conserva) de cada serpente, durou aproximadamente 90 minutos. Em média, foram necessárias três sessões de escaneamento para cada serpente, incluindo a necessidade de alinhamento manual de alguns arquivos. Todo este procedimento demonstra que o uso de animais mortos conservados em uma solução de álcool foi uma opção que proporcionou conforto e segurança dos pesquisadores, especialmente quando comparado à manipulação de espécimes vivos, os quais aumentariam as chances de erros e acidentes.



FIGURA 104. Suportes e escaneamento da segunda coleta.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Da mesma maneira que na Etapa I, após o escaneamento, os arquivos digitais foram transformados em malhas no formato STL e, posteriormente, editados no *software GOM Inspect* (Figura 105).

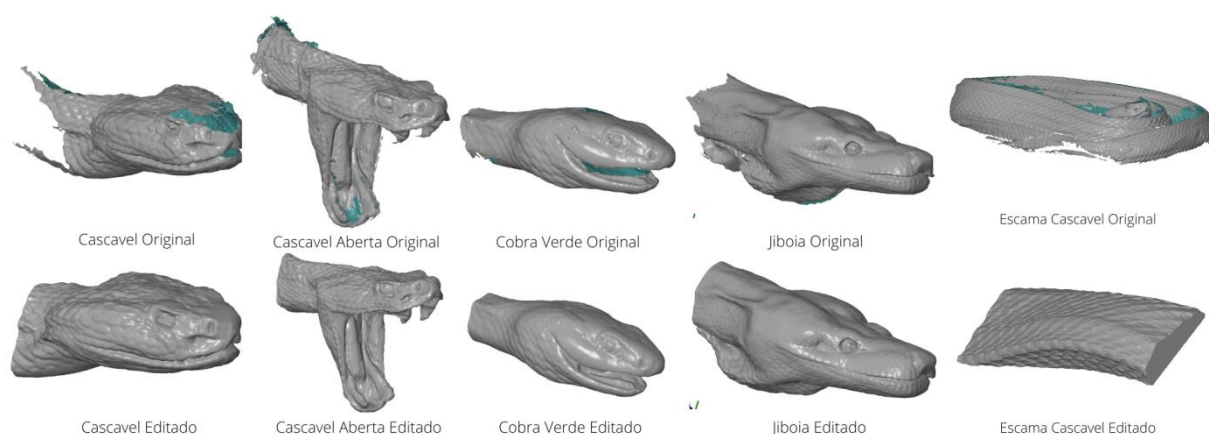


FIGURA 105. Malhas obtidas após o tratamento da segunda coleta.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3.5.2 Preparação e escaneamento de cabeças e escamas das serpentes

Para a prototipagem das Cabeças e Escamas das Serpentes, realizou-se o fatiamento dos arquivos com o *software Ultimaker CURA 4.13.1*. Quanto à matéria-prima de impressão dos protótipos, optou-se por empregar PLA (Polylactic Acid Biopolymer), devido a sua facilidade de trabalho e custo-benefício. O PLA e o ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) estão entre os polímeros mais comumente utilizados no processo de impressão 3D (Pokharna; Ghantasala; Rozhkova, 2021) do tipo FFF (*Fused Filament Fabrication*). Entretanto, o ABS possui características em relação a temperatura, necessitando total controle térmico, apresentando problemas em impressoras de mesa aberta, como a utilizada no estudo (*BIQU B1*).

3.5.3 Parâmetros de impressão

Com vistas a garantir qualidade técnica (geometria e precisão tridimensional) do material instrucional didático para pessoas com deficiência visual, mesmo com “prejuízo” no tempo de impressão e quantidade de matéria-prima, foram analisados e especificados os seguintes parâmetros: Altura da Camada, Espessura da Parede, Quantidade de Camadas na Parede, Espessura do Topo e Base, Preenchimento, Temperatura do Bico, Temperatura da Mesa, Velocidade de Impressão, Velocidade da Ventoinha, Suporte e Adesão à Mesa.

TABELA 1 - Parâmetros utilizados na impressão dos protótipos.

Parâmetro	Valor
Filamento	PLA
Altura da Camada	0.12mm
Espessura da Parede	1.2mm
Quantidade Camadas na Parede	3
Espessura do Topo e da Base	0.84mm
Preenchimento	5% Cúbico
Temperatura do Bico	190°C
Temperatura da Mesa	70°C
Velocidade de Impressão	60mm/s
Velocidade da Ventoinha	100%
Suporte	Modo Árvore - 5%
Adesão a Mesa	Brim - 8mm

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O parâmetro “Altura da Camada” (*quality*), define a altura de cada camada da impressão, permitindo aumentar a espessura e diminuir o tempo de impressão; ou diminuir a espessura e melhorar a qualidade do acabamento superficial da peça. Neste sentido, foi definida a altura de 0.12 mm, visando garantir a melhor qualidade dos protótipos.

O parâmetro “Espessura da Parede” (*wall thickness*) garante o nível de resistência das paredes externas. Quanto mais espessas, mais resistentes; porém demandam maior tempo de impressão. Devido ao baixo esforço mecânico que os protótipos seriam submetidos (manipulados pelas pessoas com deficiência visual), a espessura foi de 1.2mm. De modo associado a este parâmetro, define-se a “Quantidade de Camadas na Parede” (*wall line thickness*), cuja escolha foi de três camadas.

O parâmetro “Espessura do Topo e Base” (*top/bottom thickness*) garante a espessura das áreas horizontais da impressão, sendo que espessuras maiores garantem maior sucesso no processo da impressão, mas não apresentam grande impacto após seu término. Para aplicação neste estudo, foi adotada espessura de 0,84 mm.

O “Preenchimento” (*infill*) caracteriza a densidade do objeto e é definido em porcentagem. Preenchimentos maiores garantem maior resistência estrutural, mas demandam maior quantidade de material e tempo de impressão. Considerando que a

manipulação dos protótipos pelas pessoas com deficiência visual visa principalmente o reconhecimento tátil de formas, tamanhos e texturas, é esperado que os protótipos não sejam submetidos a altos níveis de força e, portanto, foi definido o valor de 5% com padrão cúbico de preenchimento.

O parâmetro “Temperatura do Bico” (*hotend*) depende das características no material do filamento e situa-se na faixa de 180°C a 220°C. Neste sentido, foram impressas amostras de torres de temperatura (Figura 106) com variação da “Temperatura de Bico” em diferentes níveis e, após análise da qualidade das peças, foi definida a temperatura de 190°C. Recomenda-se verificar a temperatura ideal de acordo com o fornecedor, máquina e local de impressão; variando a cada caso.

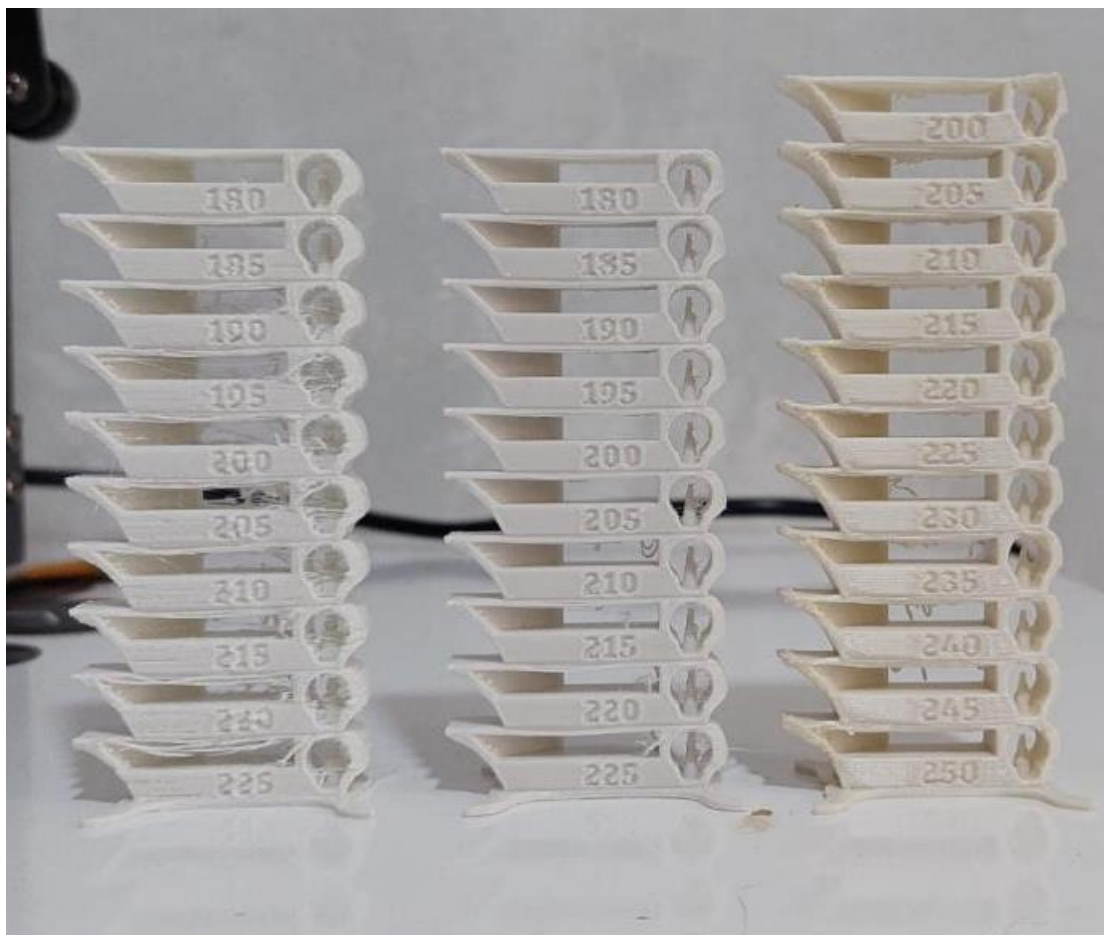


FIGURA 106. Torres de temperatura para PLA e ABS.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O parâmetro “Temperatura da Mesa de Impressão” (*build plate temperature*) garante aderência e fixação da peça no momento da impressão e foi utilizada a temperatura de 70°C, recomendado pelo fabricante do equipamento.

Já o parâmetro “Velocidade de Impressão” (*print speed*) define quantos milímetros por segundo o bico extrusor percorre. Velocidades menores garantem melhor fixação do filamento sobre as camadas, no entanto aumentam consideravelmente o tempo de impressão. Dessa forma, foi adotada a velocidade de 60mm/s.

A “Velocidade da Ventoinha” (*fan speed*) é o parâmetro que influencia no tempo de solidificação do material depositado, garantindo seu resfriamento. Isto depende da matéria-prima utilizada e, considerando o uso do PLA, a velocidade foi de 100%.

Os dois últimos parâmetros são o “Suporte” (*support*) e a “Adesão à mesa” (*build plate adhesion*). “Suportes” são estruturas que apoiam as partes do protótipo que se apresentam com ângulos acentuados (p.e. 45°). Visando o adequado uso da matéria-prima, foi escolhido o suporte em modo “Árvore” (*tree*), com preenchimento de 5% (Figura 107-A), o qual cria pequenos “troncos”, de acordo com a disposição do objeto. Já a adesão à mesa (*build plate adhesion*) refere-se à padrões de deposição de material criados antes do início da impressão do objeto principal, com a função de garantir que: haja filamento no bico de impressão, seja depositada uma camada ao redor do objeto, melhorando sua adesão; e seja depositada a superfície de base para a impressão. Neste sentido, com o propósito de melhorar a adesão do objeto, mas sem causar dificuldades de remoção, foi definida a função Brim, com 8mm de espessura (Figura 107-B).



(A)



(B)

FIGURA 107. Suporte em árvore ao lado do protótipo de cabeça de cascavel (A). Adesão em função Brim com 8mm de espessura (B).

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Quanto à orientação e escala de impressão, é importante destacar que os arquivos foram planejados para serem impressos em dois tamanhos distintos: em escala real e em escala ampliada, com limite de tamanho de 120 mm de altura, variando de 190% a 250% em proporção, visto que os arquivos foram orientados de forma similar (Figura 108). Este parâmetro garantiu que as impressões fossem padronizadas e adequadas para o filamento do tipo PLA utilizado para os protótipos.

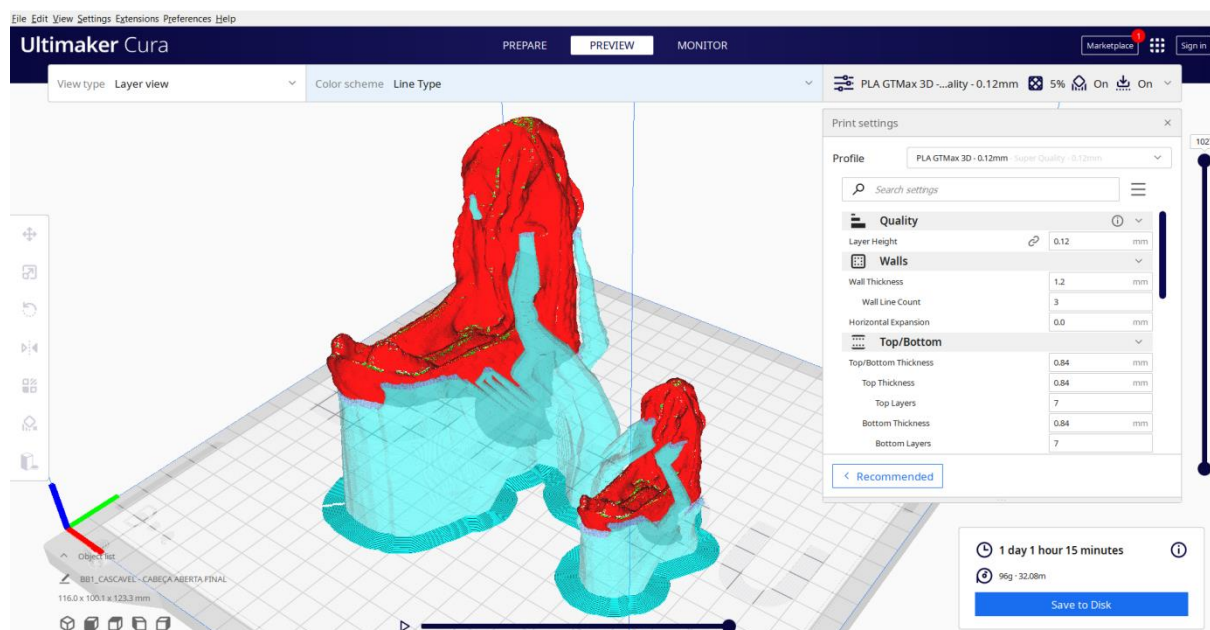


FIGURA 108. Orientação e escala de impressão.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

A partir da preparação e definição dos parâmetros de impressão, foram impressos os protótipos de material instrucional didático tátil, a saber: cabeças de Cascavel e Cobra verde, Escama de Cascavel, Cauda de Cascavel - em diferentes escalas (Figura 109), os quais serão utilizados na aprendizagem de Pessoas com Deficiência Visual.



FIGURA 109. Protótipos impressos das cabeças de Cascavel e Cobra verde, escama de Cascavel, e cauda de Cascavel.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Apesar dos resultados, materializados na forma de protótipos impressos, apresentarem satisfatória qualidade técnica, entende-se que o principal contributo do presente estudo refere-se a descrição e apresentação dos procedimentos metodológicos adotados (Figura 110), principalmente no que se refere à aplicação das tecnologias de digitalização e impressão tridimensional, o qual foi planejado para garantir que pessoas não especialistas possam executá-lo plenamente.

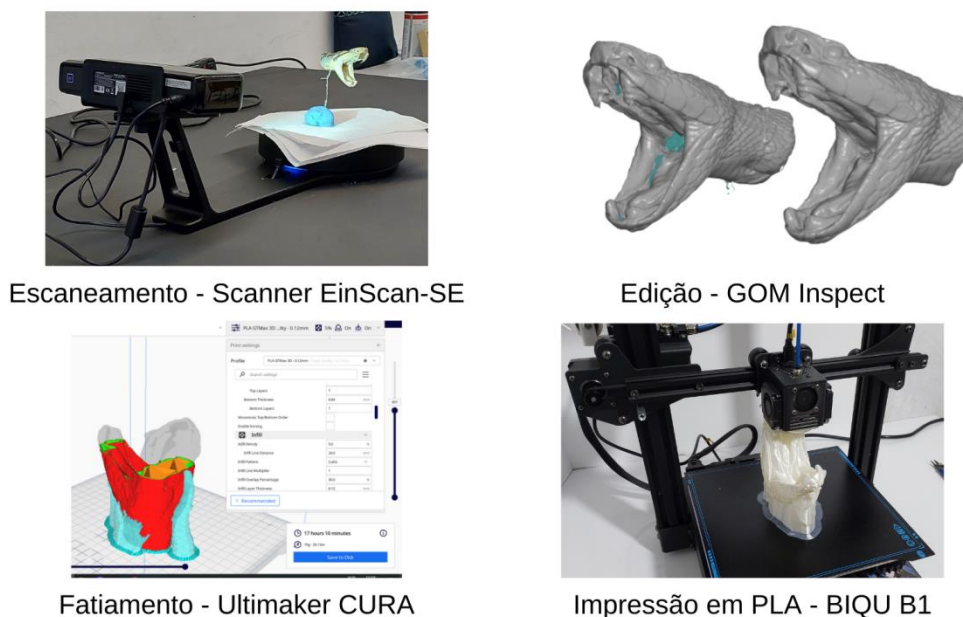


FIGURA 110. Método utilizado para desenvolver os materiais.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO

De acordo com a Constituição, da República Federativa do Brasil (Brasil, 1988), a “educação é direito de todos” (Art. 205), e o ensino será ministrado com base em diferentes princípios, incluindo a “igualdade de condições para o acesso e permanência na escola” (Art. 206). Neste sentido, buscar alternativas de material instrucional-didático para atender as diferentes condições dos indivíduos, parece ser uma das premissas para a aplicação dos princípios do Design Assistivo. Na prática, o desenvolvimento de material instrucional-didático tátil demonstra ser uma importante ferramenta para os processos na aprendizagem de Pessoas com Deficiência Visual.

O presente projeto de pesquisa tecnológica buscou desenvolver procedimentos de digitalização de estruturas biológicas de serpentes peçonhentas e não peçonhentas, visando obter modelos/protótipos táteis dessas estruturas, considerando agilidade, qualidade na reprodução de detalhes, definição e resistência, os quais visam contribuir para o ensino de Pessoas com Deficiência Visual.

Em relação ao escaneamento, as malhas geradas foram consideradas satisfatórias para o desenvolvimento dos modelos, com pequenos problemas, mas passíveis de ajustes. Entretanto, para este êxito foi necessário a compreensão do posicionamento das estruturas

de forma adequada sobre a mesa giratória, o que foi possível com o uso dos suportes utilizados. Destaca-se ainda o caráter interdisciplinar deste projeto e o conhecimento no campo da biologia e zootecnia, bem como o acompanhamento de profissionais especializados nesta área, visto que a manipulação dessas estruturas biológicas pode apresentar riscos.

A edição da malha ocorreu de forma eficiente com o auxílio do software *GOM Inspect*, permitindo que profissionais que não apresentam domínio tecnológico possam usá-las. Além disso, os resultados apontam que as malhas obtidas a partir dos procedimentos descritos neste estudo apresentaram boa qualidade visual e de textura.

No tocante a impressão 3D, os protótipos de crânios apresentaram problemas de qualidade, por conta de sua geometria e espessura. Estas foram limitações observadas em relação a impressão em filamento. Neste caso, recomenda-se o uso de impressão em resina fotossensível. Por outro lado, os protótipos de cabeça, escama e cauda apresentaram excelentes resultados, com poucas imperfeições relacionadas a suportes. Destacam-se os protótipos das cabeças, as quais possuem maior quantidade de detalhes (presença de escamas dorsais, labiais e abdominais; formato externo; distância e posição dos olhos e fossetas; tamanho e profundidade da boca; e posicionamento da dentição), que são percebidos de forma visual e, também, tátil para pessoas sem deficiência visual.

De modo geral, pode-se afirmar que a digitalização dos crânios e cauda de serpentes apresentou êxito. Entretanto, apenas a impressão da cauda é que resultou em um protótipo com elevada qualidade, uma vez que a impressão dos crânios ainda precisa ser aperfeiçoada. Apesar de Zuffi *et al.* (2017) ter encontrado problemas na digitalização de quadrúpedes, em decorrência do comportamento dos animais, aqui o problema esteve relacionado mais à pequena dimensão do objeto e a dificuldade de se estabelecer estruturas adequadas para o processo de impressão.

Já os resultados de digitalização de cabeças e escamas de serpentes foram exitosos, tanto no processo de digitalização, quanto na materialização (impressão) dos protótipos, os quais apresentam-se em diferentes escalas. Estes protótipos servirão para avaliações de interação, em atividades de ensino de estudantes com deficiência visual, possibilitando validar (ou não) o presente processo, bem como possíveis ajustes necessários para o seu aprimoramento. Tais avaliações são fundamentais, visto que Arcand *et al.* (2019) destacam a importância de protótipos (modelos 3D) na estimulação da abstração tátil de pessoas com deficiência visual.

Outro importante aspecto refere-se ao fato do presente estudo ter focado apenas as estruturas biológicas de ofídios, o que demonstra um fator de ineditismo, visto que outros estudos já aplicaram técnicas similares, em outras estruturas biológicas (Hu *et al.*, 2018; Haleem; Javaid, 2018; Ares *et al.*, 2014; D'Apuzzo, 2006; e Treleaven; Wells, 2007).

Por fim, a troca de informações entre as diferentes áreas (Design, Biologia e Zootecnia), em uma ação transdisciplinar, viabilizou o desenvolvimento de um método de obtenção das imagens e reprodução de protótipos de estruturas de serpentes que poderá trazer importantes contribuições para o ensino a Pessoas com Deficiência Visual.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo descreve o desenvolvimento de procedimentos de digitalização e impressão tridimensional de estruturas biológicas de serpentes; aplicados à produção de protótipos táteis que podem facilitar o aprendizado de Pessoas com Deficiência Visual sobre o tema.

As etapas seguintes envolverão a avaliação desses protótipos/modelos em situações de ensino desses usuários, cujo resultado esperado é a validação dos mesmos como material instrucional/didático.

Dessa forma, conclui-se que as tecnologias atuais permitiram a obtenção dos dados com qualidade, com possibilidade de alteração de escala e formato a fim de cumprir objetivos específicos; além de permitir compartilhamento dos modelos de forma virtual em base de dados gratuitas pela internet, possibilitando educadores (ou profissionais que tenham acesso às tecnologias de impressão 3D), possam acessar e produzir os protótipos dessas estruturas biológicas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processos 120746/2021-2 e 304619/2018-3; e FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo 2021/08651-7.

REFERÊNCIAS

ARCAND, K. K. *et al.* Touching the stars: improving NASA 3D printed data sets with blind and visually impaired audiences. **Journal of Science Communication**, Trieste, v. 18, n. 4, p. 1-22, 2019. DOI 10.22323/2.18040201. Disponível em: https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/JCOM_1804_2019_A01.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

ARES, M. *et al.* 3D scanning system for in-vivo imaging of human body. In: OSTEN, W. (ed.). **Fringe 2013**. Berlin: Springer, 2014. p. 899-902. DOI 10.1007/978-3-642-36359-7_168.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Palácio do Planalto, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 mar. 2023.

BRULÉ, E. *et al.* MapSense: multi-sensory interactive maps for children living with visual impairments. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2016, San José, California, USA. **Proceedings [...]**. New York: Association for Computing Machinery, 2016. DOI 10.1145/2858036.2858375.

D'APUZZO, N. State of the art of the methods for static 3D scanning of partial or full human body. In: 3D MODELLING, PROCEEDINGS OF CONFERENCE, 2006, Paris, France. **Proceedings [...]**. Zurich: Homometrica Consulting, 2006. p. 1-8.

DEZEN-KEMPTER, E. *et al.* Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 10, p. 113-168, 2015.

DIGITAL LIFE. **Digital life: creating accurate 3d models of life on earth**. New York, 2017. Disponível em: <http://digitallife3d.org>. Acesso em: 26 maio 2022.

HALEEM, A.; JAVAID, M. 3D scanning applications in medical field: a literature-based review. **Clinical Epidemiology and Global Health**, New Delhi, v. 7, n. 2, p. 199-210, 2019. DOI 10.1016/j.cegh.2018.05.006.

HU, P. *et al.* Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning. **International Journal of Clothing Science and Technology**, Leeds, v. 30, n. 2, p. 159-174, 2018. DOI 10.1108/ijcst-05-2017-0067.

KUS, A.; UNVER, E.; TAYLOR, A. A comparative study of 3D scanning in engineering, product and transport design and fashion design education. **Computer Applications in Engineering Education**, Honolulu, v. 17, p. 263-271, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.2021>.

POKHARNA, P. P.; GHANTASALA, M. K.; ROSHKOVA, E. A. 3D printed polylactic acid and acrylonitrile butadiene styrene fluidic structures for biological applications: Tailoring bio-material interface via surface modification. **Materials**

Today Communications, Oxford, v. 27, p. 102348, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102348>.

REYNAGA-PEÑA, C. G. A microscopic world at the touch: learning biology with novel 2.5d and 3d tactile models. **Journal of Blindness Innovation and Research**, Mexico, v. 1, n. 5, p. 1-8, 2015. DOI 10.5241/5-54.

TRELEAVEN, P. ; WELLS, J. 3D Body scanning and healthcare applications. **Computer**, Long Beach, v. 40, n. 7, p. 28-34, 2007. DOI 10.1109/mc.2007.225.

ZUFFI, S. *et al.* 3D Menagerie: modeling the 3D shape and pose of animals. *In*: IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION (CVPR), 2017, Honolulu, USA. **Proceedings** [...]. Washington: IEEE, 2017. p. 5524-5532. DOI 10.1109/CVPR.2017.586