



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA – DBI

KATHLEEN MAHRA DA SILVA ALCÂNTARA CASTRO

**ESTUDANDO LONGE DE MUSEUS DE HISTÓRIA NATURAL:
EFEITO DOS MODELOS 3D NA APRENDIZAGEM E MOTIVAÇÃO**

SÃO CRISTÓVÃO/ SE
2018

KATHLEEN MAHRA DA SILVA ALCÂNTARA CASTRO

**ESTUDANDO LONGE DE MUSEUS DE HISTÓRIA NATURAL:
EFEITO DOS MODELOS 3D NA APRENDIZAGEM E MOTIVAÇÃO**

Monografia, apresentada ao Curso de Biologia da
Universidade Federal de Sergipe, como requisito
para obtenção do título de Licenciatura em Ciências
Biológicas.

Orientador: Dr.º Pablo Ariel Martinez

SÃO CRISTÓVÃO/ SE
2018

AGRADECIMENTOS

O ato de agradecer mostra que não estamos sozinhos na jornada da vida. Assim, agradeço em primeiramente minha família, pois foi com o apoio da minha mãe e do meu esposo nos momentos mais difíceis que consegui alcançar meus objetivos.

Agradeço em especial, ao professor Pablo Ariel Martinez, pois aceitou o desafio de orientar uma monografia em educação, proporcionando um excelente aprendizado, mesmo não estando em sua área comum de atuação. Também agradeço a Talita Amado, pois foi através dela que aprendi a fazer os modelos 3D e que serviu de expiração para minha monografia. Agradeço também ao professor Marcelo Farias por disponibilizar alguns exemplares da sua coleção para minha pesquisa. Por fim, também sou grata aos meus amigos de laboratório, pois me auxiliaram direta ou indiretamente.

RESUMO

Os museus de história natural são centrais na aprendizagem e motivação dos jovens pelo universo científico. Estas instituições representam parte da biodiversidade existente na natureza quanto daquelas já extinta. Neste sentido, o uso destes espaços tornam-se essências para o ensino de ciência. Contudo, as ausências de Museus de História Natural em países em desenvolvimento dificultam o processo de educação, pois essas nações apresentam outras demandas sócias que não permitem a criação destas instituições. Assim, os Museus de História Natural estão centrados principalmente em países desenvolvidos. Com o avanço tecnológico, novas ferramentas têm surgido para auxiliar na construção de modelos 3D virtuais a partir de imagens 2D. Estes modelos oferecem vantagem quando comparado a estruturas bidimensional devido sua maior capacidade de manipulação além de permitir observar as estruturas em diversos ângulos. Neste contexto, este estudo tem como objetivo compreender como o uso de modelos tridimensionais auxilia na motivação pela ciência e no aprendizado de zoologia. Assim, foram testadas duas hipóteses neste trabalho: *hipóteses da motivação*, onde se espera que o uso de modelos 3D aumente a motivação dos estudantes pela ciência e a *hipótese do aprendizado*, onde os modelos 3D contribuirão para um aumento do conhecimento dos alunos da mesma forma que aqueles que possuem acesso a coleções biológicas. Este estudo contou com três grupos: (i) *grupo do controle* (N=22), onde esses participantes tiveram apenas aulas no formato tradicional; (ii) *grupo da Prática* (N=22), onde esses participantes tiveram tanto aulas no formato tradicional quanto aula prática com material biológico; (iii) *grupo do Modelo 3D* (N=23), esse grupo teve tanto a aula expositiva quanto aulas práticas com modelos 3D de anfíbios. Para testar nossas duas hipóteses foram utilizados questionários pré e pós, antes das instruções do conteúdo e após as ministrações das aulas respectivamente. Posteriormente foi realizado um ANOVA-TWO WAY para analisar se as respostas diferenciam entre os grupos de estudo. Os resultados mostraram que não houve efeito dos modelos 3D sobre a motivação dos estudantes, onde todos os grupos apresentaram uma motivação equivalente após as aulas. Estes resultados sugerem que a ausência de diferença entre os grupos em relação à motivação foi devido ao curto tempo dedicado ao uso desta ferramenta. No entanto, verificou-se que os grupos *do Modelo 3D e Prática* tiveram um aumento significativo na aprendizagem em comparação ao grupo *Controle*. Assim, nosso estudo demonstra a importância dos modelos 3D no ensino de zoologia, principalmente em instituições distantes das grandes coleções biológicas.

Palavras-Chaves: Anfíbios; Coleções Biológicas; Ensino; Países em desenvolvimento; Zoologia.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Museus de História Natural do Brasil. Na imagem os pontos representam os museus: 1- Museu Paraense Emílio Goeldin, Belém; 2- Museu Nacional, UFRJ, Rio de Janeiro; 3- Museu de História Natural de Taubaté, São Paulo; 4- Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo; 5- Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo; 6- Museu de História Natural Capão da Imbuia Wood, Curitiba; 7- Museu Entomológico Fritz Plaumann, Santa Catarina. O triângulo identifica a localidade de Aracajú, a qual se encontra a mais de 1500 km dos museus mais importantes do país..... 10
- Figura 2** – Modelos 3D de anuros. a: *Phyllomedusa burmeisteri*; b: *Proceratophrys cristiceps*; c: *Pipa Carvalhoi*..... 11
- Figura 3** - Etapas do processo de construção dos Modelos 3D a partir de imagens 2D. a: obtenção de diferentes ângulos do espécime a partir de fotografias; b: sobreposição de imagens 2D; c: Modelo 3D do espécime. (Imagem cedida por Talita Ferreira Amado) 11
- Figura 4** – Gráfico de barra mostrando a motivação dos alunos (pré e pós-teste) em relação às práticas de ensino Controle, Modelo 3D e Prática. A linha nas barras identifica o desvio padrão. 14
- Figura 5**-Gráfico de barra mostrando o Aprendizado dos alunos (pré e pós-teste) em relação às práticas de ensino Controle, Modelo 3D e Prática. A linha nas barras identifica o desvio padrão. 14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da Análise da “Motivação” ANOVA TWO-WAY 15

Tabela 2 - Resultado da Análise da “Aprendizagem” ANOVA TWO-WAY 15

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO..... | 8 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 10 |
| Construção dos Modelos 3D virtuais a partir de fotogrametria..... | 10 |
| Grupos de Estudo | 11 |
| Instrumento de Pesquisa - Construção e Validação de Questionário | 12 |
| Avaliação do efeito de motivação e aprendizagem dos modelos 3D | 13 |
| RESULTADOS | 13 |
| DISCUSSÃO | 16 |
| REFERÊNCIAS | 18 |
| APÊNDICE 1 | 21 |
| APÊNDICE 2 | 23 |

INTRODUÇÃO

Os museus de história natural são centrais na aprendizagem e motivação dos jovens pela ciência. Essas instituições representam a diversidade biológica tanto de espécies que estão presentes na natureza, quanto de espécies já extintas. Na educação, os museus de História Natural exercem uma conexão entre o conhecimento científico com o cotidiano dos estudantes, contribuindo no aprendizado e interesse dos jovens pelo universo científico (STRONCK, 1983; HAUAN, 2014; MARTIN ET AL., 2016). Além disso, dispõem de recursos (Ex. salas de apoio para educação e coleções biológicas) que possibilitam uma diversificação metodológica, e que estão ausentes nos espaços formais de ensino (GRIFFIN, 2004; MARTIN ET AL., 2016).

Grande parte dos acervos biológicos estão expostos nos principais museus de nações desenvolvidas (ex. Muséum national d'histoire naturelle; London Natural History Museum; Smithsonian Institution) e tem apoiado o ensino formal. Essas nações colocam educação como prioridade em suas políticas públicas, investindo parte de suas receitas econômicas em setores que aprimorem a qualidade de ensino (BULDUK ET AL., 2013). Por outro lado, países em desenvolvimento possuem alguns obstáculos no uso dessas instituições para fins educacionais, pois a escassez de divulgação destes espaços e o baixo investimento na educação dificultam o acesso (BULDUK ET AL., 2013). Os países subdesenvolvidos apresentam diversos problemas sociais (distribuição inadequada de renda; desigualdades econômicas abruptas; má distribuição dos recursos públicos; alto índice de insegurança; etc.), o que faz com que a criação de museus de história natural não seja uma prioridade.

Ante a ausência do aceso direto a um determinado organismo ou a uma determinada estrutura, o uso de representações visuais no aprendizado tem se mostrado eficaz para compreensão de conceitos científicos (WU ET AL., 2001; MIKROPOULOS ET AL., 2003; HALPINE, 2008). Um exemplo marcante de como uma representação visual pode influenciar no desenvolvimento do conhecimento é a estrutura proteica em alfa-hélice, a partir de um modelo tridimensional desenvolvido em 1950 por Linus Pauling. Esta representação não só facilitou o entendimento da descoberta como também motivou outros pesquisadores a contribuir com a construção de modelos que representam estruturas de diferentes escalas (HALPINE, 2008). No nível cognitivo, recursos visuais aumentam a capacidade do cérebro em armazenar e recuperar informações, além de melhorar a compreensão de conceitos abstratos (MCDANIEL & EINSTEIN, 1986). Neste sentido, os modelos tem sido importantes instrumentos visuais no ensino.

Os modelos tridimensionais têm apoiado educadores na elucidação das teorias científicas, uma vez que estabelecem uma analogia com a realidade (MINTZ ET AL., 2001; GILBERT, 2005; ROTBAIN ET AL., 2006). Entre as principais vantagens no uso destes modelos está a sua capacidade de manipulação, além da possibilidade de percorrer diferentes ângulos das estruturas (WU ET AL., 2001). No ensino de biologia, por exemplo, modelos 3D têm auxiliado principalmente na compreensão de estruturas moleculares e anatômicas. Um estudo que fez uso deste método no ensino de genética mostrou a eficácia dos modelos tridimensionais na compreensão da estrutura do DNA em relação ao modelo 2D (ROTBAIN ET AL., 2006). Já em outro estudo que também comparou ambos os modelos na identificação de estruturas internas dos animais, constatou-se que alunos que utilizaram modelos 3D apresentavam uma maior riqueza de detalhes em seus desenhos comparados ao uso de imagens 2D (PROKOP ET AL., 2007). Em virtude do avanço tecnológico novas ferramentas surgem com o propósito de auxiliar na construção destes modelos. Uma gama de aplicativos, softwares e plataformas têm viabilizado a captura de imagens bidimensionais para a criação destas estruturas tridimensionais (WU ET AL., 2001; NGUYEN ET AL., 2014). Como consequência, a construção de modelos 3D virtuais traz vantagem em relação aos físicos, devido à diminuição de custos e possibilidade de produção em massa em um menor intervalo de tempo.

No Brasil, um país com mais de 8,5 milhões de km² de território, os museus de história natural estão centrados nos principais centros urbanos, onde se concentram as principais indústrias (Fig. 1), dificultando o acesso de muitos estudantes que vivem fora destas regiões (LOPES, 1996). Assim, estudantes das capitais da região norte e nordeste devem percorrer distancias enormes para poder ter acesso aos Museus de História Natural. Diante destas situações, tornam-se imprescindíveis novas abordagens no ensino da ciência que atendam as crescentes demandas do âmbito educacional. No presente trabalho, analisou-se o impacto dos modelos tridimensionais virtuais com objetivo compreender como o uso desta ferramenta auxilia na motivação pela ciência e no aprendizado de zoologia. Para isto, trabalhamos com estudantes de ensino médio de uma escola pública na cidade de Aracajú (Fig. 1), onde menos de 10% dos estudantes tiveram algum acesso a Museus de História Natural. Assim, testamos duas hipóteses: (i) *motivação pela ciência*, onde se espera que o uso dos modelos 3D aumente a motivação dos jovens da mesma forma que acontece com os alunos que possuem acesso a coleções biológicas; (ii) *aprendizado*, onde o uso dos modelos 3D auxiliam na melhor compreensão do conteúdo, assim como observado por alunos que têm acesso as coleções.

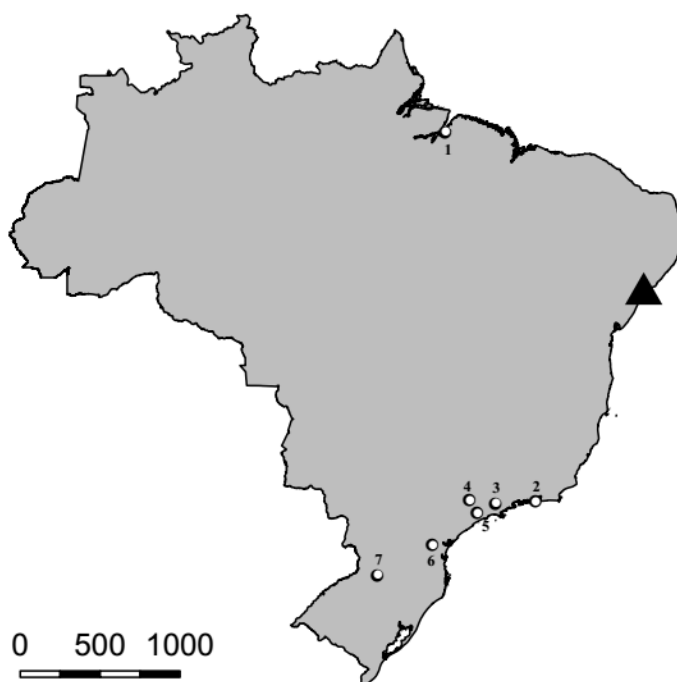


Figura 1 - Museus de História Natural do Brasil. Na imagem os pontos representam os museus: 1- Museu Paraense Emílio Goeldin, Belém; 2- Museu Nacional, UFRJ, Rio de Janeiro; 3- Museu de História Natural de Taubaté, São Paulo; 4- Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo; 5- Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo; 6- Museu de História Natural Capão da Imbuia Wood, Curitiba; 7- Museu Entomológico Fritz Plaumann, Santa Catarina. O triângulo identifica a localidade de Aracaju, a qual se encontra a mais de 1500 km dos museus mais importantes do país.

MATERIAL E MÉTODOS

Construção dos Modelos 3D virtuais a partir de fotogrametria

Foram realizados modelos 3D de representantes da ordem dos anuros (Fig. 2). Os modelos 3D de anfíbios foram obtidos a partir de três etapas: (i) Posicionamos os indivíduos num mini estúdio de fotografia iluminado e utilizamos uma plataforma giratória de 360 graus, a qual permitia obter diferentes ângulos para fotografar um mesmo objeto; (ii) as fotografias dos indivíduos foram adquiridas com uma câmara Sony a6000 com auxílio de um tripé. Um total de 74 fotos por indivíduo foi realizado visando cobrir as diferentes estruturas dos espécimes (Fig. 3). Utilizou-se o aplicativo Foldio 360 para a obtenção das fotografias, o qual utiliza sensores de bluetooth e IR para se conectar diretamente a câmera digital e smartphone, evitando assim movimentos bruscos da câmera e do espécimen; (iii) os modelos 3D de anfíbios foram gerados utilizando o software Autodesk Recap Photo. Este software reconstrói objetos 3D a partir de imagens 2D (Fig. 3).

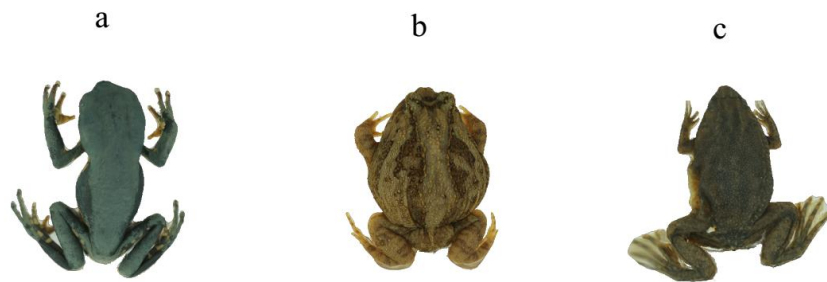


Figura 2 – Imagens obtidas a partir de Modelos 3D de anuros. **a:** *Phyllomedusa burmeisteri*; **b:** *Proceratophrys cristiceps*; **c:** *Pipa Carvalhoi*.

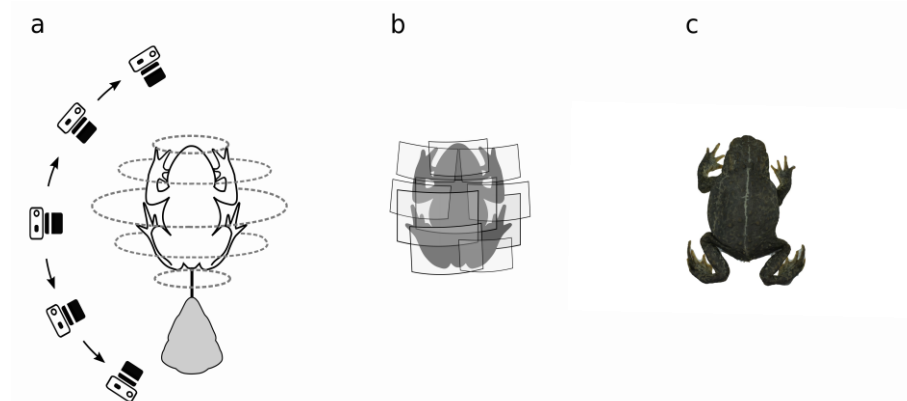


Figura 3 - Etapas do processo de construção dos Modelos 3D a partir de imagens 2D. **a:** obtenção de diferentes ângulos do espécime a partir de fotografias; **b:** sobreposição de imagens 2D; **c:** Imagem obtida a partir de um Modelo 3D do espécime. (Cedida por Talita Ferreira Amado)

Grupos de Estudo

O estudo foi realizado com 67 estudantes brasileiros do 2^a ano do ensino médio com idade média de 17 anos do estado de Sergipe, localizado na região nordeste do país. Os estudantes foram divididos em três grupos. O primeiro correspondeu ao grupo que recebeu ensino no formato tradicional (grupo *Controle Negativo*, N=22). As aulas foram ministradas utilizando quadro-branco e Datashow para guiar os estudantes às questões do livro. O segundo correspondeu ao grupo que recebeu aulas tradicionais e atividades práticas com coleções biológicas de anfíbios (grupo *Prática*, N= 22). O terceiro grupo recebeu além de ensino tradicional, aulas práticas com uso de modelos 3D (grupo *Modelo 3D*, N=23). Todos os estudantes dos grupos receberam “3 horas/aulas” de aula expositiva. Os estudantes dos

grupos, *prática* e *modelo 3D*, foram incorporados mais “1hora/aula” dedicadas a atividades práticas.

Instrumento de Pesquisa - Construção e Validação de Questionário

Para verificar a eficácia do modelo 3D no ensino de zoologia ou se este auxilia na motivação dos estudantes pelas áreas científicas foram utilizados questionários como instrumento de pesquisa. Dois questionários foram realizados para cada um dos grupos, um foi aplicado antes (pré-questionário) e o outro após da ministração das aulas (pós-questionário) (Apêndice 2). Ambos os questionários foram entregues a três especialistas (um herpetólogo e dois especialistas em educação) da Universidade Federal de Sergipe a fim de avaliar os seus conteúdos, modificando-os de acordo com as sugestões destes profissionais. Os questionários consistem em três tipos de perguntas: (i) questionário fechado que verificar a motivação dos estudantes em áreas científicas; (ii) questionário aberto e (iii) de múltipla-escolha que avalia o conhecimento dos estudantes no assunto. Para o questionário aberto foi elaborado um score (entre 0 a 1) para avaliar as respostas individuais de cada estudante (Apêndice 1, Tabela S1).

A consistência interna dos questionários foi estimada de acordo com o índice alfa Cronbach (CRONBACH, 1951). Esse índice é usado para medir a confiabilidade de um questionário e se baseia no grau de correlação entre os itens. O coeficiente alfa pode ser obtido de acordo com a equação:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right)$$

Onde K equivale o número de itens do questionário, S_i^2 é a variação do item e S_t^2 é a variação total do teste. Esses valores de alfa podem varia entre 0 a 1. Assim, quanto mais próximo de 1 for o valor maior será a fiabilidade do teste. Em geral, considera-se satisfatório um questionário que apresente valores de $\alpha \geq 0,70$ (NUNNALLY, 1978). As análises foram realizadas no pacote *psych* (WILLIAM REVELLE, 2018) na plataforma R 3.4.

A existência de um pré-questionário mais difícil que o pós-questionário pode acarrear dois problemas potenciais: (i) se existe um aumento dos scores dos alunos do pré para o pós-questionário não saberíamos se é resultado de um aumento no conhecimento no tema, ou simplesmente porque o pós-questionário era mais simples, e (ii) dado que o pré-questionário é aplicado a alunos antes de eles terem as aulas, um pré-questionário muito

difícil poderia levar a ter pouca variância nas respostas. Assim, verificamos se o pré e pós-teste tinham níveis de dificuldade equivalentes. Para isso, aplicamos ambos os questionários com alunos do 3º ano do ensino médio que já tinham estudado zoologia dos vertebrados. A partir de um teste t-student pode-se observar que as notas obtidas pelos alunos não apresentavam diferenças em relação aos testes de motivação ($p > 0.05$) (Apêndice 1, Tabela S2 e Fig. S1). Por outro lado, as questões que avaliam o nível de conhecimento apresentaram diferenças significativas ($p < 0.05$) (Apêndice 1, Tabela S2 e Fig. S2). Entretanto, o resultado evidencia que os questionários (pré e pós) divergem em relação ao nível de dificuldade, onde as questões do pré-teste são mais fáceis que do pós.

Avaliação do efeito de motivação e aprendizagem dos modelos 3D

Os questionários foram dados aos estudantes referentes aos três grupos, antes das instruções de zoologia (pré-teste) e após a realização de todas as aulas (pós-teste). Para estimar o efeito dos modelos 3D na motivação e aprendizagem dos alunos, compararam-se as diferenças antes e depois das aulas, assim como as diferenças entre os três grupos de estudo. Para isto, foi realizada uma análise de variância (ANOVA TWO-WAY).

RESULTADOS

Neste estudo, se examinou como os modelos 3D contribuem para motivação e aprendizado dos estudantes através de questionários como instrumento de pesquisa. A partir da análise de consistência interna se verificou valores de $\alpha = 0.7$ e $\alpha = 0.76$ para ambos os testes (pré e pós) respectivamente, constatando a fiabilidade dos questionários.

De acordo com a média aritmética obtida pelos três grupos estudo (*Controle*, *Modelo 3D* e *Prática*) antes das ministrações das aulas (pré-teste), observou-se que todos os grupos apresentavam um padrão similar tanto em relação à motivação pela ciência quanto no conhecimento sobre os anfíbios (Fig.4 e Fig. 5). No entanto, as médias de motivação obtidas após as aulas (pós-teste) foram equivalentes para todos os grupos, assim, verificou-se que o uso de modelos 3D não teve um efeito na motivação dos participantes do estudo. Por outro lado, no que se refere ao conhecimento houve uma divergência na média de conhecimento entre o grupo *Controle* com os outros grupos analisados (Fig. 4 e Fig. 5).

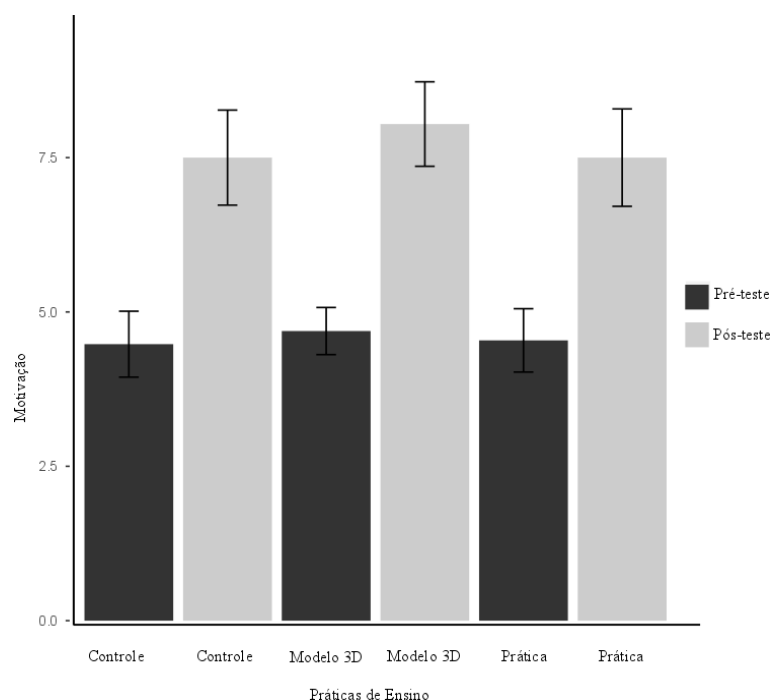


Figura 4 – Gráfico de barra mostrando a motivação dos alunos (pré e pós-teste) em relação às práticas de ensino Controle, Modelo 3D e Prática. A linha nas barras identifica o desvio padrão.

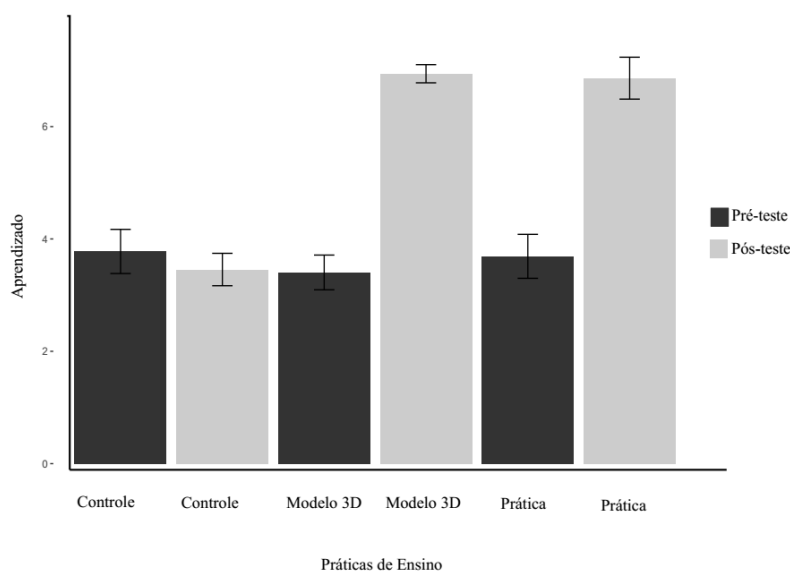


Figura 5. Gráfico de barra mostrando o Aprendizado dos alunos (pré e pós-teste) em relação às práticas de ensino Controle, Modelo 3D e Prática. A linha nas barras identifica o desvio padrão.

A partir da análise de variância, observou-se uma clara diferença na motivação dos estudantes pela ciência, antes das instruções de zoologia (pré-teste) e após as aulas (pós-teste) ($p < 0,001$) (Tabela 1 e Fig.4). Entretanto, ao comparar os grupos estudados não se verificou diferenças significativas ($p = 0,7952$) (Tabela 1 e Fig. 4). Assim, verifica-se que independente

do método de ensino utilizado (*Controle*, *Modelo 3D* e *Prática*), todos os participantes dos grupos sentiram-se motivados pela ciência de forma semelhante. Ao comparar ambos os testes (pré e pós) com os métodos de ensino (*Controle*, *Modelo 3D* e *Prática*), também não se observaram diferenças significativas ($p=0.9438$), demonstrando que os diferentes métodos de ensino tiveram um efeito similar na motivação.

Tabela 1 - Resultado da Análise da “Motivação” ANOVA TWO-WAY

| | df | Sum Sq | Mean Sq | F | P-value |
|-------------------|----|--------|---------|---------|---------------|
| Teste (pré e pós) | 1 | 316.60 | 316.60 | 37.1034 | 1.3^{-08} * |
| Método | 2 | 3.92 | 1.96 | 0.2296 | 0.7952 |
| Teste: Método | 2 | 0.99 | 0.49 | 0.0579 | 0.9438 |

* $p<0.001$

Com base no teste ANOVA TWO-WAY se observou uma diferença significativa ($p<0.001$) entre o pré-teste e o pós-teste que avalia o conhecimento dos estudantes sobre o grupo dos anfíbios (Tabela. 2 e Fig.5). Ao se comparar os três grupos de estudo foi possível identificar que os grupos do *Modelo 3D* e da *Prática* apresentaram escores maiores de conhecimento em relação ao grupo *Controle* (Tabela 2). Além disso, se observou um aumento de conhecimento nos grupos do *Modelo 3D* e *Prática* em comparação ao grupo *Controle* ($p<0.001$) (Tabela 2, Fig. 5).

Tabela 2 - Resultado da Análise da “Aprendizagem” ANOVA TWO-WAY

| | df | Sum Sq | Mean Sq | F | P-value |
|-------------------|----|---------|---------|--------|-----------------|
| Teste (pré e pós) | 1 | 160.216 | 160.216 | 68.768 | 1.556^{-13} * |
| Método | 2 | 70.597 | 35.298 | 10.153 | 1.298^{-06} * |
| Teste: Método | 2 | 95.649 | 47.824 | 20.527 | 1.992^{-08} * |

* $p<0.001$

DISCUSSÃO

Neste estudo, o uso de modelos 3D não teve um efeito na motivação dos alunos pela ciência. Tanto o grupo *Controle*, *3D* e *Prática* mostraram um aumento na motivação após a ministração das aulas, entretanto este aumento foi equivalente para todos os grupos. Assim, nossa *Hipótese de Motivação* foi rejeitada. Por outro lado, ao analisar o aprendizado dos alunos, observou-se que existiu um aumento no conhecimento após a ministração das aulas. No entanto, o grupo *3D* e *Prática* mostraram um incremento no aprendizado superior ao grupo *Controle*. Assim, nossos resultados suportam a *Hipótese do Aprendizado*.

A motivação é considerada um dos fatores mais importantes para a aprendizagem dos alunos (WILLIAMS & WILLIAMS, 2011). A motivação do aluno é um processo complexo, sendo afetados por múltiplos fatores: o próprio aluno, o professor, o conteúdo, o método e o ambiente (WILLIAMS & WILLIAMS, 2011). Nossos resultados sugerem que o método, ou seja, os modelos 3D, não influenciaram de forma diferencial na motivação pela ciência. Entretanto diversos estudos têm apontado o oposto, onde se destaca como os modelos 3D virtuais são capazes de proporcionar uma maior satisfação durante a aprendizagem, uma vez que fornecem aos seus usuários uma analogia com o mundo real, além da alta interatividade dessas ferramentas (KORAKAKIS ET AL., 2009). Ao mesmo tempo, os seus usuários têm suas necessidades cognitivas atendidas, tornando os modelos 3D mais atraentes no ensino (CHITTARO & RANON, 2007). Uma das possíveis explicações da ausência da divergência na motivação no grupo do *Modelo 3D* em relação ao grupo *Controle* pode ser devido às poucas horas dedicada ao uso desta ferramenta (1h/aula), fazendo-se necessário um tempo relativamente maior para se observar essas diferenças. Em contraste, observamos um aumento equivalente na motivação de todos os grupos. Este resultado pode-se ser a dois fatores, o professor e o ambiente. O entusiasmo de um professor que leciona para uma nova turma pode levar a um aumento na motivação dos estudantes. Este entusiasmo pode ser expresso de forma inconsciente por parte do professor, a partir expressões faciais e/ou linguagem corporal ou até colocando um esforço extra na preparação do material de estudo (PALMER, 2007). Por outro lado, a presença de um novo professor na aula também gera uma modificação estrutural no ambiente de ensino, o qual por si só já influencia no comportamento dos estudantes. Assim, embora diversos estudos mostrem que os modelos 3D apresentam sua eficácia sobre a satisfação e motivação, em nosso estudo outros fatores independentes do método de ensino estão influenciando na motivação dos estudantes (KOH ET AL., 2010).

Neste estudo, os resultados das médias do teste de conhecimento entre os grupos do *Modelo 3D e Prática* foram equivalentes e significativamente superiores ao do grupo *Controle*. Isto sugere que os modelos 3D virtuais de anfíbios não só é válido para auxiliar os estudantes durante as aulas de zoologia se não também equivalente ao se trabalhar com materiais biológicos. Nosso resultado está de acordo com um estudo anterior, onde se constatou uma equivalência no aprendizado entre alunos instruídos com modelos 3D virtuais aos alunos que estudaram com estruturas anatômicas do antebraço (Codd & Choudhury, 2011). Além disso, os modelos 3D virtuais proporcionam diversos benefícios aos estudantes, tais como sua capacidade interativa que alterar a dinâmica de ensino, tornando o aluno um participante ativo no processo de aprendizagem em contraste ao método tradicional (Chittaro & Ranon, 2007; Hansen et al., 2007). Assim, nossos resultados mostram a relevância no uso desses modelos 3D virtuais como uma ferramenta válida para o ensino de zoologia, uma vez que o acesso a esses materiais biológicos é um fator limitante.

Os Museus de História Natural de países desenvolvidos (ex. Muséum national d'histoire naturelle e London Natural History Museum) dispõem em suas coleções biológicas grande parte da biodiversidade de países em desenvolvimento. No período das grandes navegações (XV e XVII), países europeus exportaram continuamente a biodiversidade dos continentes da América do Sul, África e Ásia para serem exposto nos principais museus dessas nações (Lourenço & Dias, 2017). Diante disso, muitas espécies restritas ao Brasil podem ser encontradas em acervos de Museus de História Natural dessas nações. Um exemplo é o Museu de História Natural de Londres, estas instituições possuem em seus acervos 80 milhões de indivíduos de diversas partes do mundo e de diferentes épocas, podendo ser encontrado em sua coleção espécies como: *Phyllomedusa burmeisteri*; *Bothrops jararaca*; *Bradypus variegatus*, que são restritas a América do Sul (IUCN, 2017). No entanto, país em desenvolvimento, como o Brasil, maior parte de sua população não tem acesso a essas coleções devido fronteiras que separam estes continentes. Diante disso, uma das alternativas seria a digitalização dessas coleções em formato 3D, o que disponibilizaria essas informações para nações de origem, permitindo serem utilizadas tanto no ensino quanto na pesquisa.

Embora neste estudo não tenha conseguido estimar a eficácia dos modelos 3D na motivação dos jovens pela ciência. Nossos resultados do teste de conhecimento corroboram estudos anteriores, demonstrando a eficácia dos modelos 3D virtuais para aprendizagem. Além disso, nossos resultados mostram que os modelos 3D de anfíbios são equivalentes aos

materiais biológicos na compreensão das principais características que define o grupo, podendo ser utilizado no ensino de zoologia. Assim, em virtude da ausência desses materiais biológicos devido a distancia entre as escolas e os principais Museus de História Natural do país a criação de modelos 3D virtuais seria uma das alternativas a serem implementadas no ensino de zoologia.

REFERÊNCIAS

- BULDUK, E.; BULDUK, N; KOÇAK, E. (2013). The Development of Museum - Education Relationship and Resource Creation in Developing Countries. **European Journal of Research on Education**, 7-11.
- CHITTARO, L. & RANON, R. (2007). Web 3D technologies in learning, education and training: Motivations, issues, opportunities. **Computers & Education**, v. 49, 3-18.
- CODD, A. M. & CHOUDHURY, B. (2011). Virtual Reality Anatomy: Is it Comparable with Traditional Methods in the Teaching of Human Forearm Musculoskeletal Anatomy? **Anatomical Sciences Education**, v. 4, 119-125.
- CRONBACH, L.J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. **Psychometrika**, v.16, 297-334.
- GRIFFIN, J. (2004). Research on Students and Museums: Looking More Closely at the Students in School Groups. **Science Education**, 88.
- GILBERT, J. K. (2005). The Visualization of Models: A Metacognitive Competence in the Learning of Chemistry. **Paper Presented at the Fourth Annual Meeting of the European Science Education Research Association**, v.1, 43-6.
- HALPINE, S. M. (2008). Real Scientists Do It With Models: The Art of Science Visualization. **Teaching Artist Journal**, v.6, 5-19.
- HANSEN, J. A., BARNETT, J.; MAKINSTER, J.G.; KEATING, T . (2007). The impact of three-dimensional computational modeling on student understanding of astronomical concepts: a quantitative analysis. **International Journal of Science Education**, v.26, 1365–1378.
- HAUAN, N. P. (2014). Exhibitions as learning environments: a review of empirical research on students ' science learning at Natural History Museums, Science Museums and Science Centres. **Nordina**, v.10, 90-104.
- IUCN (2017). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Acessado em: 02/03/2018.

- KOH, C.; TAN, H. S.; TAN, K. C.; FANG, L.; FONG, F. M.; KAN, D.; LYE, S. L.; WEE, M L. (2010). Investigating the Effect of 3D Simulation- Based Learning on the Motivation and Performance of Engineering Students. **Journal of Engineering Education**, v. 99, 237-251.
- KORAKAKIS, G.; PAVLATOU, E. A.; PALYVOS, J. A.; SPYRELLIS, N. (2009). 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece. **Computers & Education**, v.52, 390-401.
- LOPES, M. M. (1996). Le rôle des musées, de la science et du public au Brésil. **IN: R. WAAST (ORG.). LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT AU XXE SIÈCLE**. Paris, Orstom Éditions, p. 261-74.
- LOURENÇO, M. C. & DIAS, J. P. S. (2017). "Time capsules" of Science: Museums, Collections, and Scientific Heritage in Portugal. **Isis**, v.108, 391-98.
- MARTIN, A. J.; DURKSEN, T. L.; WILLIAMSON, D.; KISS, J.; GINNS, P. (2016). The role of a museum- based science education program in promoting content knowledge and science motivation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 53, 1364-1384.
- MCDANIEL, M. A. & EINSTEIN, G.O. (1986). Bizarre Imagery as an Effective Memory Aid: The Importance of Distinctiveness. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v.12, 54-65.
- MIKROPOULOS, T.; KATSIKIS, A.; NIKOLOU, E.; TSAKALIS, P. (2003). Virtual environments in biology teaching. **Journal of Biological Education**, v.37, 176-181.
- MINTZ, R.; LITVAK, S.; YAIR, Y. (2001). 3D- Virtual Reality in Science Education: an implication for astronomy teaching. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, v. 20, 293-305
- NGUYEN, C. V.; LOVELL, D. R.; ACOCK, M.; SALLE, J. L. (2014). Capturing natural-colour 3D models of insects for species discovery and diagnostics. **PLoS ONE**, v. 9, 1-11.
- NUNNALLY, J. (1978). **Psychometric theory**. New York. McGraw-Hil.
- PALMER, D. (2007). What Is the Best Way to Motivate Students in Science? Teaching Science. **The Journal of the Australian Science Teachers Association**, 53(1), 38-42.
- PROKOP, P.; PROKOP, M.; TUNNICLIFFE, S. D.; DIRAN, C. (2007). Children's ideas of animals' internal structures. **Journal of Biological Education**, v. 41, 62-67.
- ROTBAIN, Y.; MARBACH-AD, G.; STAVY, R. (2006). Effect of Bead and Illustrations Models on High School Students' Achievement in Molecular Genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, 500-529.

STRONCK, D. R. (1983). The Comparative Effects of Different Museum Tours on Children's Attitudes and Learning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 20, 283-290.

WILLIAMS, K.; WILLIAMS, C.(2011). Five key ingredients for improving motivation. **Research in Higher Education Journal**, v. 11.

WILLIAM, R. (2018). PSYCH (Version 1.8.3.3): Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, 821-842.

APÊNDICE 1

Tabela S1 - Categoria de respostas para questão 1 do pré-questionário e questão 2 do pós-questionário

| Categoria das Respostas | Score |
|---|-------|
| Não respondeu ou respondeu incorretamente | 0.0 |
| Respondeu uma ou duas característica correta | 0.25 |
| Respondeu duas ou três características corretas ou respondeu 2 característica mais a relação destas. | 0.5 |
| Respondeu três características corretas mais a relação | 0.75 |
| Incluiu todas as principais características do grupo dos anfíbios mais a importância de cada uma destas para sobrevivência do grupo | 1.0 |

Tabela S2. Resultado do t-student para o pré-teste e pós-teste de motivação e aprendizado

| | df | Sum Sq | Mean Sq | F | P-value |
|--------------|----|--------|---------|--------|----------|
| Motivação | 1 | 0.05 | 0.05 | 0.0036 | 0. 9523 |
| Conhecimento | 1 | 44.917 | 44.917 | 10.153 | 0.002794 |

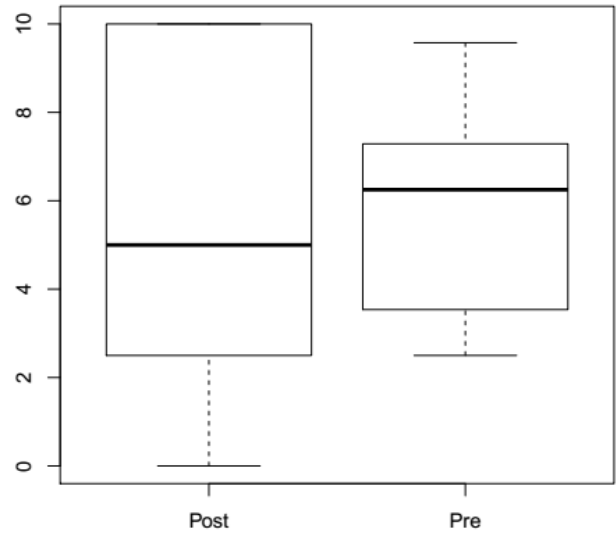


Figura S1 – Gráfico de Box-plot mostrando a equivalência entre os testes de motivação.

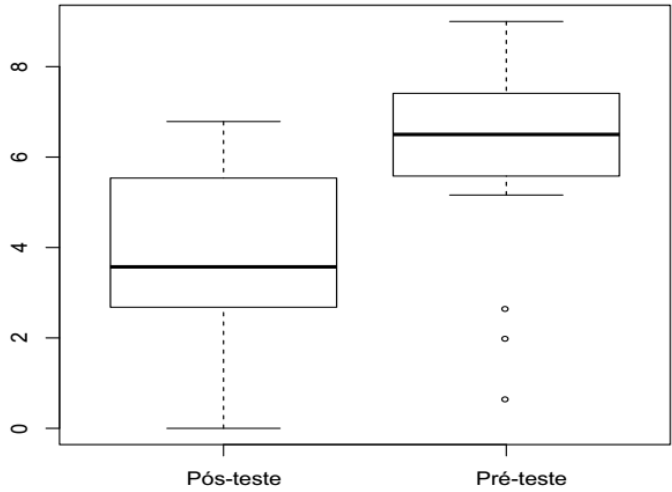


Figura S2 –Gráfico de Box-plot mostrando a diferença na dificuldade do pós-teste e o pré-teste em relação ao conhecimento.

Apêndice 2**Pré-Questionário**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA – DBI

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|
| 2 | 0 | 1 | 8 | 0 | | |
|---|---|---|---|---|--|--|

Sexo: () Masculino () Feminino**Idade:** _____**Ano/Turma:** _____**Data:** ____/____/____**Termo de consentimento entregue?** () Sim.**Escola:** _____

1. **Enumere três disciplinas que você mais gosta?**

a. _____

b. _____

c. _____

2. **Você gosta de buscar soluções de questões relacionadas às aulas de biologia?**

☐ Sim☐ Não

3. **Você gosta de aprender coisas novas sobre os animais ou plantas?**

☐ Sim☐ Não

4. **Você já visitou um museu de ciências naturais ou conheceu uma coleção biológica?**

☐ Sim☐ Não

Questionário Aberto

1. Quais são as principais características que definem o grupo dos anfíbios? (cite exemplos)

2. As imagens abaixo apresentam alguns representantes de anfíbios da ordem dos anuros (sapos, rãs e pererecas). De acordo com os seus conhecimentos, escreva o nome popular de cada um dos representantes das figuras abaixo.



Questionário de múltipla escolha

1. Com relação às principais características dos anfíbios, assinale a alternativa **INCORRETA**:
- a. Realizam respiração cutânea (pele).
 - b. Os anuros possuem esqueleto adaptado a saltos.
 - c. Não apresentam fase aquática.
 - d. Podem apresentar fertilização externa e interna.
2. Com relação à epiderme dos anfíbios, assinale a alternativa **INCORRETA**:
- a. Podem ser lisas ou rugosas.

- b. Possuem escamas, pelos e são impermeáveis.
- c. Apresentam glândulas de muco e toxinas.
- d. Algumas espécies podem apresentar uma concentração de glândulas de toxinas nas laterais da cabeça, chamadas de glândulas paratóides.

3. Os anfíbios são divididos em três ordens (anuros; caudados e ápodes). Em relação à ordem dos ápodes assinale a alternativa CORRETA.

- a. Os ápodes apresentam corpos alongados e desprovidos de membros.
- b. São conhecidos popularmente como cobra-de-duas-cabeças.
- c. Apresentam fecundação externa como os anuros (sapos, rãs e pererecas).
- d. Possuem o corpo arranjado em anéis como as minhocas e por isso são considerados do mesmo grupo.

4. Os caudados são o grupo de anfíbios conhecidos como salamandras e tritões, com relação a esse grupo marque a resposta CORRETA.

- a. Tanto as espécies aquáticas quanto as espécies terrestres apresentam brânquias na fase adulta que são utilizadas para respiração.
- b. Algumas espécies adultas podem manter as características da fase larval.
- c. Realizam apenas a fecundação externa.
- d. O processo de metamorfose está ausente neste grupo.

Pós-questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA – DBI

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|
| 2 | 0 | 1 | 8 | 0 | | |
|---|---|---|---|---|--|--|

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: _____

Ano/Turma: _____

Data: ____/____/____

Pré-questionário respondido? () Sim.

Escola: _____

1. Você gosta de estudar assuntos e conteúdos de biologia ou prefere outras disciplinas? Caso prefira outras disciplinas, especifique a que você mais gosta.

☐ Sim

☐ Não, Qual? _____

2. As aulas de biologia despertam em você algum interesse pelas áreas científicas?

☐ Sim

☐ Não

Questionário Aberto

1. Quem são os principais representantes dos anfíbios?

2. Cite as principais características do grupo.

3. Qual a importância do ambiente aquático para os anfíbios?

4. Como ocorre o processo de reprodução dos anfíbios?

Questionário de múltipla-escolha

1. Entre os vertebrados, os anfíbios representam a transição entre o ambiente aquático e terrestre, marque a alternativa INCORRETA sobre os anfíbios.

- a. Os seus ovos são gelatinosos e precisam ser depositados em ambiente aquático.
- b. Realizam as trocas gasosas pela epiderme.
- c. Possuem esqueleto reforçado para suportar o impacto dos saltos.
- d. Realizam apenas fecundação interna.

2. A epiderme dos anfíbios possui diversas características, dentre as alternativas abaixo marque aquela que está ERRADA.

- a. O tegumento dos anfíbios é utilizado para respiração.
- b. Possuem glândula de muco que lubrificam sua pele.
- c. Não apresentam escamas e possuem a pele extremamente permeável.
- d. Algumas espécies podem apresentar uma concentração de glândulas de muco nas laterais da cabeça, chamadas de glândula paratóidea.

3. Os anfíbios são divididos em três ordens: anuros, caudados e ápodes, com relação a essas três ordens marque a resposta CERTA.

- a. As larvas dos anuros são conhecidas como girino.
- b. As cobras-cegas fazem parte do grupo dos caudados.
- c. Os ápodes compreendem os animais conhecidos como salamandras e tritões.
- d. Os ápodes são os animais conhecidos como cobra-de-duas-cabeças.

