

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENSINO
LICENCIATURA INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS NATURAIS**

LORENE HAUANI CARNEIRO

**A TRANSIÇÃO DA VIDA AQUÁTICA PARA A VIDA TERRESTRE EM
UMA PROPOSTA COM MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2018

LORENE HAUANI CARNEIRO

**A TRANSIÇÃO DA VIDA AQUÁTICA PARA A VIDA TERRESTRE EM
UMA PROPOSTA COM MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE
CIÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Naturais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciane Viater Tureck
Coorientador: Prof. Dr. Danislei Bertoni

Ponta Grossa

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS PONTA GROSSA



Departamento Acadêmico de Ensino (DAENS)
Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais

LICENÇA CREATIVE COMMONS

Este Trabalho de Conclusão de Curso está licenciado com uma *Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)*.



A licença está disponível em <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



BY

Atribuição: Você tem o direito de copiar, distribuir, exibir e executar a obra e fazer trabalhos derivados dela, conquanto que dê créditos devidos ao(s) autor(es) ou licenciador(es), na maneira especificada por estes.



NC

NãoComercial: Você pode copiar, distribuir, exibir e executar a obra e fazer trabalhos derivados dela, desde que sejam para fins não-comerciais.



SA

Compartilhalgual: Você deve distribuir obras derivadas somente sob uma licença idêntica à que governa a obra original.

Avisos:

- Você não precisa cumprir com a licença para elementos do material que esteja no domínio público ou cuja utilização seja permitida por uma exceção ou limitação que seja aplicável.
- Não são dadas quaisquer garantias. A licença pode não lhe dar todas as autorizações necessárias para o uso pretendido. Por exemplo, outros direitos, como direitos de imagem, de privacidade ou direitos morais, podem limitar o uso do material.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS PONTA GROSSA



Departamento Acadêmico de Ensino (DAENS)
Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais

TERMO DE APROVAÇÃO

A TRANSIÇÃO DA VIDA AQUÁTICA PARA A VIDA TERRESTRE EM UMA PROPOSTA COM MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

LORENE HAUANI CARNEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso **APROVADO** como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado(a) em Ciências Naturais pelo Departamento Acadêmico de Ensino (DAENS), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Luciane Viater Tureck
UTFPR
PROFESSORA ORIENTADORA DO TCC

Danislei Bertoni
UTFPR
PROFESSOR COORIENTADOR DO TCC

Lia Maris O. Ritter Antiqueira
UTFPR
PROFESSORA DO CURSO DE LICENCIATURA

Graziela Ferreira de Souza
UTFPR
PROFESSORA EXTERNA AO CURSO

Ponta Grossa, 07 de Junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Prof^a. Dr^a. Luciane Viater Tureck e Prof. Dr. Danislei Bertoni que fizeram parte dessa caminhada, pela atenção e sugestões que contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho, assim como outros professores do curso de Licenciatura que me auxiliaram em algum momento.

Agradeço à minha família pela força, confiança, compreensão em todos os momentos. Em especial minha mãe que me ajudou a enfrentar os problemas que passei. Ao meu namorado e a minha amiga de infância, mais considerada como irmã, por terem aguentado os momentos de crises e desabafos, me apoiado e me incentivado a não desistir.

Agradeço as amigas conquistadas, sobretudo: Mariele, Lais, Pamela e Gilvane, companheiros de bons e maus momentos. O caminho até aqui se tornou mais fácil com a presença de vocês!

Por fim, à UTFPR e ao curso de Licenciatura que me proporcionaram momentos felizes, me ajudaram a crescer e a ter experiências maravilhosas.

“Tudo vai se resolver bem por si mesmo, Tudo que precisamos é de um pouco de paciência.”

Guns N' Roses.

RESUMO

CARNEIRO, Lorene Hauani. A transição da vida aquática para a vida terrestre em uma proposta com modelos didáticos para o ensino de ciências. Monografia Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

O presente trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de sequência didática para unificar os conceitos de Paleontologia, Evolução e Zoologia, abordando o tema da transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre com o uso de modelos didáticos, visando assim desenvolver uma abordagem capaz de promover essa compreensão unificada. Tais áreas encontram-se naturalmente interligadas, visto que pela paleontologia é possível evidenciar as espécies que já existiram no planeta e que foram extintas, remontando o passado da Terra. Já a evolução aborda as mudanças ou transformações nos seres vivos ao longo do tempo que acarretaram na emergência de espécies novas, ambas fornecem subsídios importantes para o ensino de Zoologia. A sequência didática proposta foi organizada como um material didático que pode ser utilizado pelos professores de ciências e biologia, direcionado ao 7º ano do ensino fundamental. A sequência foi organizada a partir de cinco questões chave que impulsionam um encadeamento de ideias capazes de incorporar os conceitos das três áreas, e apresenta sugestões de atividades que materializam a conexão entre elas a partir do tema trabalhado, apresentando os conceitos científicos e as espécies representantes dos elos evolutivos. A realização dessa pesquisa possibilitou um maior entendimento sobre o tema abordado e, portanto, crescimento acadêmico, além de possibilitar a construção de um material didático com potencial para contribuir com práticas docentes integrativas e atraentes no ensino de ciências.

Palavras-chave: Sequência didática. Ensino de ciências. Modelos didáticos.

ABSTRACT

CARNEIRO, Lorene Hauani. The transition from aquatic life to terrestrial life in a proposal with didactic models for science teaching. Monografia Interdisciplinary Degree in Natural Sciences, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

The present work had as objective to elaborate a proposal of didactic sequence to unify the concepts of Paleontology, Evolution and Zoology, addressing the subject of the transition from the aquatic environment to the terrestrial environment with the use of didactic models, aiming to develop an approach capable of promoting this unified understanding. These areas are naturally interconnected, since by paleontology it is possible to show the species that already existed on the planet and that were extinct, tracing back the Earth's past; since evolution approaches the changes or transformations in the alive beings through the time that they took in the emergence of new species, both provide important subsidies for the teaching of Zoology. The proposed didactic sequence was organized as a didactic material that can be used by teachers of science and biology, directed to the 7th year of elementary school. The sequence was organized from five key questions that foster a chain of ideas capable of incorporating the concepts of the three areas, and presents suggestions of activities that materialize the connection between them from the theme worked, presenting the scientific concepts and the representative species two evolutionary links. The accomplishment of this research made possible a greater understanding on the subject addressed and, therefore, academic growth, besides making possible the construction of didactic material with potential to contribute with integrative and attractive teaching practices in science teaching.

Keywords: Didactic sequence. Science teaching. Didactic models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eras geológicas.....	16
Figura 2 – Semelhança entre <i>Panderichthys</i> e <i>Eusthenopteron</i>	21
Figura 3 – Semelhanças entre o <i>Ichthyostega</i> e o <i>Acanthostega</i>	21
Figura 4 – Membros locomotores desenvolvidos.....	22
Figura 5 – Estrutura do ovo amniótico.....	24
Figura 6 – Cladograma amniotas.....	24
Figura 7 – <i>Pandeerichthys</i>	36
Figura 8 – <i>Eusthenopteron</i>	36
Figura 9 – <i>Ichthyostega</i>	37
Figura 10 – <i>Acanthostega</i>	37
Figura 11– Salamandra Axolote.....	38
Figura 12– Ovo amniótico.....	38
Figura 13 – Cladograma.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 TRANSIÇÃO DO AMBIENTE AQUÁTICO PARA O AMBIENTE TERRESTRE EM UMA AÇÃO UNIFICADORA DE SABERES.....	14
2.1 ASPECTOS GERAIS DA PALEONTOLOGIA, EVOLUÇÃO E ZOOLOGIA.....	14
2.2 DISSOCIAÇÃO ENTRE A PALEONTOLOGIA, EVOLUÇÃO E ZOOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	18
2.3 A CONQUISTA DO AMBIENTE TERRESTRE.....	19
2.4 OS MODELOS DIDÁTICOS E A APRENDIZAGEM UNIFICADA DE PALEONTOLOGIA, EVOLUÇÃO E ZOOLOGIA.....	25
3 METODOLOGIA.....	27
3.1. ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA.....	27
3.2. DETALHAMENTO DA PROPOSTA.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
APÊNDICES.....	45

1 INTRODUÇÃO

A área de zoologia é fundamental na disciplina de ciências, sendo que nela os diferentes grupos de animais vertebrados e não vertebrados são estudados em sua totalidade (morfologia, anatomia, fisiologia), bem como as suas interações e com o meio ambiente. O processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de zoologia pode contar com o suporte da paleontologia e evolução, uma vez que tais áreas contribuem para a compreensão das formas de vida atuais.

A paleontologia tem como propósito estudar os fósseis e seus processos de fossilização, e a reconstituição da história das formas de vida do passado a partir desses fósseis. Os fósseis carregam informações valiosas dos períodos geológicos que viveram e ajuda na compreensão e no estudo da Terra, sem eles nunca saberíamos quem são nossos ancestrais, podem ser restos como conchas, ossos e dentes ou partes moles como vísceras, pele, músculos ou apenas vestígios como pegadas, rastros, ovos, marcas de dentes, entre outros, preservados em rochas ou outros materiais naturais, como gelo e âmbar. Trata-se de uma ciência fundamentada pela biologia e geologia, que procura contribuir para a compreensão da origem e a evolução da vida por meio dos estudos sobre as evidências dos eventos e fenômenos que provocaram as transformações ambientais durante a história geológica do Planeta.

A evolução refere-se ao processo de modificação e adaptação das espécies ao longo do tempo, tendo como ideia principal o compartilhamento de um único ancestral por todos os seres vivos. A diversidade atual de seres vivos se deve aos processos de transformação e adaptação das espécies, em que as espécies atuais se desenvolveram a partir de espécies ancestrais. A evolução encontra na paleontologia embasamento científico necessário para fundamentar seus conceitos mais importantes, como a modificação gradual dos seres vivos e a seleção natural. Dessa forma, é possível determinar vínculos entre as formas de vida do passado e as encontradas atualmente.

A intersecção de conceitos fundamentais das áreas de paleontologia, evolução e zoologia pode oferecer um conhecimento integrador, que representa a complexidade inerente à diversidade de formas animais viventes. O ensino de zoologia de forma desvinculada faz com que muitas vezes se restrinja a memorização

de estruturas sem a devida compreensão da origem e significado filogenético desses grupos.

A Filogenia define hipóteses sobre as relações de parentesco entre os seres vivos, representadas por meio de árvores filogenéticas ou cladogramas. Devido aos princípios da teoria da evolução de Darwin, a filogenia obteve grande importância ao determinar o desenvolvimento dos descendentes e elaborar cladogramas sendo fundamentais para efetuar o sistema de classificação dos seres vivos.

Sendo assim, visando desenvolver uma abordagem capaz de promover a compreensão unificada de conceitos de paleontologia, evolução e zoologia, foi desenvolvida uma proposta de sequência didática, envolvendo a elaboração de modelos didáticos para o ensino de ciências, abordando o tema transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre. Diante disso, a problemática norteadora da pesquisa pode ser sintetizada na seguinte pergunta: Quais elementos são necessários em uma proposta de sequência didática para que a mesma seja potencialmente significativa como ferramenta de apoio à unificação dos conteúdos de paleontologia, zoologia e evolução em torno do tema da transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre?

Dessa forma, o objetivo geral do trabalho é elaborar uma proposta para o ensino de zoologia envolvendo o uso de modelos didáticos. Os objetivos específicos são: identificar as intersecções entre zoologia, paleontologia e evolução que permeiam o tema: “transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre”; desenvolver estratégias de ensino que embasem a prática dos professores no sentido de despertar nos alunos a compreensão integrada dos conceitos relacionados ao tema; e desenvolver um material didático de apoio que oriente o professor de ciências na abordagem desse tema.

Os modelos didáticos são propostos como recursos pedagógicos, uma vez que refletem a um sistema figurativo que representa a realidade de forma esquematizada e concreta. É interessante que os alunos participem do processo de construção dos modelos, já que o envolvimento permite que eles se atentem aos detalhes, como também a melhor forma de representá-los promovendo as habilidades artísticas. Com isso, o trabalho com modelos pode ser eficaz tanto para o ensino como para a aprendizagem de conteúdos complexos e de difícil compreensão enriquecendo a abordagem e a construção de conceitos.

A proposta apresenta uma sequência didática que busca facilitar a

compreensão sobre a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre estimulando os alunos a questionar, observar, comparar e aprender, encaminhando-os ao desenvolvimento de novos conhecimentos diante do conhecimento já existente, e permitindo que participem da construção dos modelos possibilitando o resgate dos conhecimentos que envolvem as atividades, unificando os conceitos de paleontologia, zoologia e evolução.

Desse modo, o presente trabalho explicita no referencial teórico um aprofundamento sobre as áreas de paleontologia, evolução e zoologia, a problemática envolvida na dissociação entre essas áreas no ensino de ciências e os aspectos gerais da transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre, apontando os elos evolutivos e a importância dos modelos didáticos nesse contexto. Em seguida contém a metodologia descrevendo a organização da proposta, os resultados e discussões com maior detalhamento sobre a sequência didática utilizada na construção do material didático e nos apêndices o material didático para o ensino de ciências.

2 TRANSIÇÃO DO AMBIENTE AQUÁTICO PARA O AMBIENTE TERRESTRE EM UMA AÇÃO UNIFICADORA DE SABERES

2.1 ASPECTOS GERAIS DA PALEONTOLOGIA, EVOLUÇÃO E ZOOLOGIA

Desde o início do Paleolítico¹ o ser humano atribui valores a vários artefatos fossilizados, no entanto, o termo fóssil começou a ser utilizado somente na idade média para nomear os objetos petrificados, obtidos das atividades de escavação ou que eram encontrados expostos na superfície da Terra (FARIA, 2006).

Os fósseis são objetos paleontológicos, originados de organismos do passado que carregam informações valiosas dos períodos geológicos nos quais viveram. É possível obter a partir do seu estudo informações sobre o clima, fauna, flora e até mesmo das condições de extinção em uma determinada região. Eles podem ser restos (somatofósseis - partes duras como conchas, ossos e dentes ou partes moles como vísceras, pele, músculos, entre outros), ou apenas vestígios (icnofósseis - pegadas, rastros, ovos, marcas de dentes) da existência e atividade de seres vivos que ficaram preservados nas rochas ou outros materiais naturais, como gelo e âmbar. Os restos ou vestígios só são considerados fósseis com mais de 11.000 anos, quando possuem uma idade menor são chamados de subfósseis (CARVALHO, 2010).

Araújo Júnior e Porpino (2010) ressaltam que a fossilização é um procedimento lento e complexo que se dá pela passagem de restos orgânicos da biosfera para litosfera e, dependendo da conjunção de fatores físicos, químicos e biológicos que trabalham após a morte dos organismos, um processo de fossilização específico será desencadeado.

Carvalho (2010) também aponta que após a morte, naturalmente as partes moles entram em decomposição a partir da ação de agentes decompositores, porém, no processo de fossilização, essas partes moles como pele, músculos e órgãos podem ser conservadas. A fossilização pode, dessa forma, representar a quebra do ciclo de decomposição. Um dos processos de fossilização das partes moles é chamado de mumificação (tipo mais raro), nele o animal desidrata após a morte ficando protegido dos agentes decompositores, esse processo ocorre em lugares de clima seco e árido e necessita de condições especiais, como o envolvimento do

¹ Paleolítico: Conhecido como a idade da pedra lascada, refere-se ao período que ocorreu a 2,5 milhões de anos. Quando o homem começou a produzir os primeiros artefatos de pedra.

organismo por substâncias impermeáveis, exemplo do que ocorreu com os mamutes no gelo e os insetos no âmbar. O âmbar é uma resina proveniente de árvores, responsável por preservar insetos, aracnídeos, rãs e outros organismos. A resina é pegajosa e pode atrair insetos e prendê-los, após aprisionar e endurecer, ela deve ser soterrada para ser protegida. Dessa forma o organismo é preservado em seu estado original, é possível vê-lo em forma tridimensional, pois o âmbar é transparente e apresenta uma coloração dourada.

Carvalho (2010) ainda aponta que as partes duras podem ser conservadas por meio de vários processos de fossilização como a incrustação, permineralização, carbonificação e substituição. No processo de incrustação a superfície do organismo reveste-se completamente pela cristalização proveniente das substâncias transportadas pela água. Após a morte a parte orgânica desaparece e os ossos são revestidos por carbonato de cálcio. Na permineralização um mineral preenche as cavidades do organismo, geralmente o carbonato de cálcio e sílica. Esse tipo de fossilização preserva geralmente troncos de árvores e ossos. Outro processo, a carbonificação, mais comum em estruturas compostas por lignina, celulose, quitina e queratina, ocorre quando os elementos voláteis como oxigênio, hidrogênio e nitrogênio são liberados, ou seja, se dá pela perda gradativa desses elementos, exceto o carbono. No processo de substituição algumas substâncias são substituídas por outras formando uma réplica, e quando esse processo é prolongado é possível que a estrutura dos tecidos permaneça preservada.

Muitas espécies apareceram e desapareceram sem deixar vestígios, apenas uma pequena porcentagem que habitaram a biosfera preservou-se e deu origem aos fósseis hoje estudados. Os fósseis mais antigos já registrados são de algas autótrofas de aproximadamente 2,7 bilhões de anos, sendo que no caso dos vertebrados alguns fatores auxiliam na preservação e favorecem a fossilização: o soterramento, ausência de decomposição, o modo de vida, a composição química e estrutural dos ossos, entre outros (FILIPE, 2007).

O estudo de todos esses processos de fossilização, bem como a reconstituição da história das formas de vida do passado a partir dos fósseis faz parte do escopo da paleontologia. A paleontologia é, portanto, uma ciência embasada pela biologia e geologia que procura entender a origem e evolução da vida por meio da integração de diversas áreas de estudo, possibilitando a compreensão dos eventos e fenômenos que provocaram as transformações ambientais durante a história

geológica do Planeta, e as diversas formas de vida existente na biosfera (ALONÇO, BOELTER, 2016).

Com o desenvolvimento da paleontologia, é possível entender o passado da Terra e dos seres vivos que viveram nele. Segundo Tommaselli (2011, p 6.):

Durante o período Cambriano (de 542 a 488 milhões de anos atrás) todas as formas de vida estavam restritas aos ambientes aquáticos e, também, os primeiros organismos semelhantes aos vertebrados não apresentavam, efetivamente, esqueletos ósseos. Na realidade, somente no período Ordoviciano (período geológico posterior ao Cambriano) é que aparecem os primeiros peixes com uma blindagem óssea extremamente rígida. A partir desse ponto, a marca referencial mais clara do processo de evolução foi a invasão da terra, feita em primeiro momento pelos vegetais, seguidas por organismos semelhantes aos atuais escorpiões e pelos milípedes (tipo de centopéia) que conquistaram as porções de terra mais próximas às águas, que normalmente eram estéreis.

Somente no período Devoniano a cerca de 360 milhões de anos (Figura 1), emergiram os primeiros anfíbios que iniciaram o deslocamento para o ambiente terrestre, dando origem aos tetrápodes modernos, gerando linhagens de répteis, aves e mamíferos (TOMMASELLI, 2011).

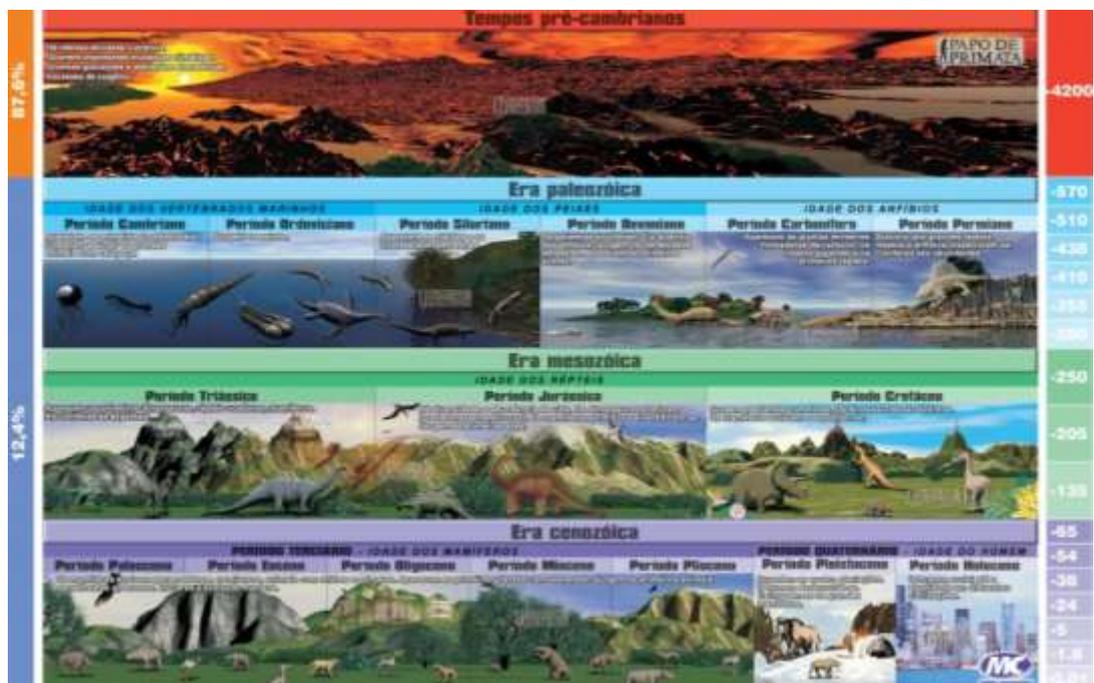


Figura 1: Eras geológicas. Fonte: <http://papodeprimata.com.br/tabela-de-eras-geologicas/>.

A diversidade de vida encontrada hoje no Planeta só pode ser compreendida a partir do entendimento da origem dos seres vivos. Nesse sentido, a evolução encontra na paleontologia o suporte científico necessário para embasar seus conceitos mais importantes, como a modificação gradual dos seres vivos e a seleção natural. Assim, é possível estabelecer vínculos entre as formas de vida do passado e as encontradas atualmente. Os fósseis contribuem para explicar a diversidade, compatibilidade e distribuição geográfica dos grupos biológicos atuais, enquanto que os mecanismos que guiaram as modificações dessas espécies ao longo do tempo são fundamentados pela teoria da evolução.

Desde a publicação do livro “A origem das espécies”² de Charles Darwin, a teoria da evolução passou por várias mudanças, entretanto permanecem até os dias atuais as ideias centrais de Darwin a respeito do processo evolutivo. Entre elas, a transformação das espécies ao longo do tempo, direcionada pelo mecanismo da seleção natural, e a ideia da origem comum de todas as espécies, inclusive as já extintas (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

A zoologia se concentra no estudo dos animais vivos atualmente. É o ramo da biologia que se dedica ao estudo da anatomia, fisiologia e ecologia dos animais. A sistemática também faz parte do seu escopo, mas se ocupa da classificação dos organismos em grupos segundo critérios específicos. A zoologia também encontra suporte nas áreas de paleontologia e evolução, já que sem o auxílio dessas ciências não seria possível compreender a diversidade morfológica e fisiológica presente nas diferentes regiões da Terra atualmente. O ensino de zoologia ao resgatar as evidências paleontológicas e as teorias evolucionistas torna-se mais robusto e contextualizado, permitindo que o aluno fundamente os aspectos teóricos da disciplina em bases mais consistentes e coerentes com os reais fenômenos naturais envolvidos.

² O nome completo da primeira edição de 1859 era "Da Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural ou a Preservação de Raças Favorecidas na Luta pela Vida". O nome foi abreviado somente na sexta edição em 1872, para "A Origem das Espécies".

2.2 DISSOCIAÇÃO ENTRE A PALEONTOLOGIA, EVOLUÇÃO E ZOOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O livro didático é o material didático mais utilizado sendo necessário para auxiliar professores e alunos, entretanto, o vínculo entre as áreas de paleontologia, evolução e zoologia acabam se perdendo nos processos de ensino e aprendizagem, muitas vezes confundindo o entendimento do aluno, que se vê restrito a memorização de estruturas anatômicas dos animais, apresentando-o como uma unidade.

Os conteúdos das áreas de paleontologia, evolução e zoologia fazem parte do currículo da disciplina de ciências no ensino fundamental. De acordo com Novais et al (2015), a paleontologia é recomendada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como tema em ciências para o ensino básico brasileiro e sua maior parte muitas vezes é trabalhada no sétimo ano do ensino fundamental, dentro do tema de evolução.

Oliveira e Gastal (2010) em seu estudo apontam que os PCN recomendam que os aspectos relacionados à evolução sejam abordados em diferentes momentos no ensino fundamental, mesmo que a abordagem não seja de forma profunda e direta. A evolução é sugerida como eixo integrador, sendo que sua abordagem vinculada ao tema “meio ambiente” é importante devido à necessidade da compreensão da vida. Já o ensino da zoologia propõe o trabalho didático com os conceitos de classificação dos seres vivos, as características gerais e a relação com o ambiente (BRASIL, 1998).

Apesar da ligação entre os conteúdos de paleontologia e evolução, e da recomendação para que os aspectos evolutivos sejam abordados em diferentes contextos do ensino de ciências, o ensino de zoologia muitas vezes não contempla tais relações. A forma como os assuntos de paleontologia, evolução e principalmente zoologia são distribuídos e abordados pelos livros didáticos da disciplina de ciências muitas vezes favorece a fragmentação desses três conteúdos.

Nesse contexto, os grupos de animais dentro da zoologia são trabalhados desvinculados de outras áreas da biologia em sala de aula, a ênfase consiste na memorização de estruturas, sem a compreensão da sua respectiva origem e significado evolutivo, consequências fisiológicas e ecológicas. Nesse sentido, o trabalho unificado com conceitos de paleontologia, evolução e zoologia poderia

fornecer um conhecimento integrador, que de fato refletiria a complexidade inerente a diversidade de formas animais viventes (OLIVEIRA et al, 2010).

2.3 A CONQUISTA DO AMBIENTE TERRESTRE

A expansão das plantas e dos invertebrados pelo ambiente terrestre no fim da Era Paleozóica, possibilitou um novo ambiente para os vertebrados. Para compreender a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre é necessário entender o filo Chordata que é um grande e complexo grupo. Pertencem a este Filo os animais que possuem em algum momento do desenvolvimento notocorda, tubo nervoso dorsal único, bolsas faríngeas, cauda pós-anal, músculos segmentares, coração ventral e endoesqueleto. No filo Chordata, os grupos mais antigos conhecidos são os peixes ágnavos que não possuem maxila, mais tarde deu origem aos gnatostomados cartilagosos apresentando maxilas que inclui basicamente a grande maioria dos vertebrados (HICKMAN, ROBERTS, LARSON, 2004).

Segundo Pough et al (2008, p. 118) “O Devoniano é conhecido como a ‘Era dos Peixes’ porque todas as principais linhagens de peixes, vivas e extintas, coexistiram em águas marinhas e doces do planeta ao longo de 48 milhões de anos”. Nesse período existiu uma expansão nas espécies de gnatostomados dando origem aos peixes ósseos (*Osteichthyes*), se dividindo em dois grandes grupos: os peixes com nadadeiras raiadas (*Actinopterygii*) e os peixes com nadadeiras lobadas (*Sarcopterygii*) representados hoje pelos peixes pulmonados, celacanto e os tetrápodes sendo estes todos os animais com quatro patas.

As exigências da vida no ambiente terrestre são diferentes das necessárias no ambiente aquático, pois, a água e o ar possuem propriedades distintas. O esqueleto que suporta o corpo contra a força da gravidade é essencial para os tetrápodes, na respiração os animais terrestres necessitam de uma estrutura que não colapse, porque a densidade e viscosidade do ar são baixas, a capacidade de aquecimento e condutividade também são importantes para os animais terrestres. Os habitats terrestres podem ter diferentes temperaturas e os tetrápodes podem manter as temperaturas do corpo diferentes da temperatura do ar. Desse modo, os animais terrestres possuem mais oportunidades que os organismos aquáticos para a regulação de suas temperaturas corpóreas (POUGH et al 2008).

Possivelmente a diferença mais importante entre o ambiente aquático e o ambiente terrestre seja o efeito da gravidade sobre o suporte a locomoção. A gravidade quase não afeta um peixe que vive na água porque o corpo desses vertebrados é aproximadamente da mesma densidade da água, porém, a gravidade é um fator importante na terra e o esqueleto do tetrápode deve ser capaz de sustentar o corpo. Além disso, a água e o ar requerem diferentes formas de locomoção. Na água, o peixe nada pela passagem de uma onda ao longo do corpo, as nadadeiras empurram a água para trás e ele move-se para frente, já os tetrápodes usam as pernas e pés para transmitir uma força para trás do substrato (POUGH et al 2008).

Durante o Período Devoniano, alguns vertebrados desenvolveram características anatômicas e fisiológicas importantes, como pulmões e membros locomotores. Os membros locomotores dos tetrápodes evoluíram a partir das nadadeiras lobadas dos peixes paleozoicos, nadadeiras musculares sustentadas por elementos ósseos, que antecederam os ossos dos membros dos tetrápodes (POUGH et al 2008).

Estudos apontam que o grupo irmão ³mais provável dos tetrápodes é o gênero *Panderichthys*, apresentava um focinho longo e olhos no topo da cabeça, corpo achatado, as nadadeiras dorsal e anal foram perdidas e a nadadeira caudal foi reduzida de tamanho. Possuía corpo pesado, focinho comprido, dentes grandes e provavelmente tinham tanto brânquias como pulmões e eram predadores em águas rasas (TRAJANO, s.d.). Mas, o gênero *Eusthenopteron* é mais utilizado para demonstrar o estágio da evolução de nadadeiras lobadas para tetrápodes.

O *Eusthenopteron* possuía a capacidade de sair da água e caminhar a outro lago em períodos de seca, caminhavam sob as nadadeiras robustas e rígidas. Anatomicamente essa espécie compartilha muitas características únicas em comum com os primeiros tetrápodes conhecidos, possuía nadadeiras dorsais, peitoral, pélvica, anal e caudal. As nadadeiras musculares eram sustentadas por elementos ósseos que antecederam os ossos dos membros dos tetrápodes, tinha narinas internas e dentes labirintodontes⁴, que caracteriza todos os primeiros tetrápodes conhecidos (POUGH et al 2008).

³ Grupo irmão ou também chamado de táxons, se refere a grupos que compartilham um ancestral em comum.

⁴ Labirintodonte é devido à formação interna de dos dentes que em um corte transversal revelavam um formato labiríntico.

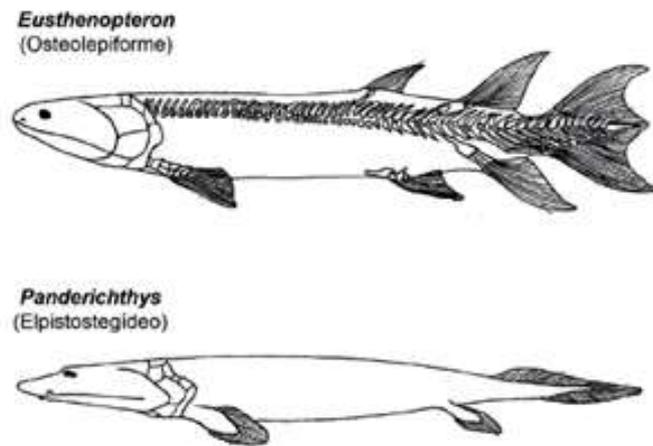


Figura 2: Semelhança entre *Panderichthys* e *Eusthenopteron*. Fonte: TRAJANO (S.D.)

Os primeiros tetrápodes encontrados datam do final do devoniano, o gênero *Ichthyostega* é considerado o primeiro anfíbio primitivo, possuía uma pequena membrana ao longo do dorso, na parte caudal, utilizada como a nadadeira de um peixe, tinha dois pares de membros bem desenvolvidos providos de sete dedos e cotovelos dobráveis que permitiam reduzir a fricção entre o corpo e o solo (Figura 3). Os pés dos *Ichthyostega* lembram nadadeiras de foca, mais do que nadadeiras de peixes, parecem estar especializados como remos (POUGH et al 2008).

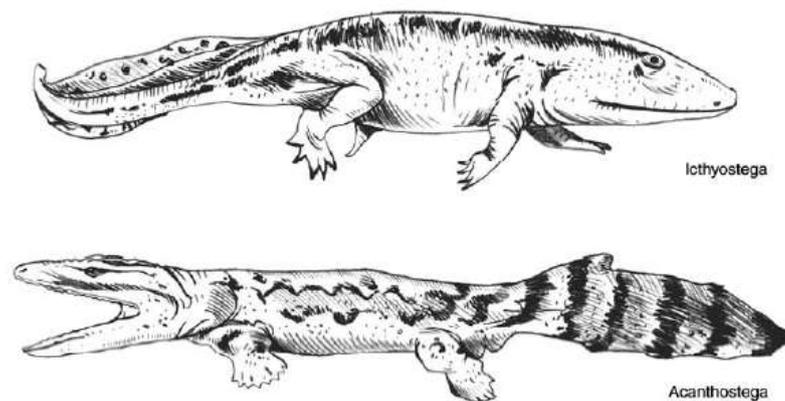


Figura 3: Semelhanças entre o *Ichthyostega* e o *Acanthostega*. Fonte: Russo, Salles, Brito (2010, p. 24).

Entretanto, mais tarde foi descoberto crânios e esqueletos de um gênero distinto, o *Acanthostega*, um animal mais semelhante aos peixes do que o *Ichthyostega*. O *Acanthostega* possui os membros constituídos de uma cintura e cinco elementos que se articulam pelas extremidades, possuem membros com articulações,

com um joelho que aponta para frente e um cotovelo que aponta para trás, além de punho, tornozelo, mãos e pés com oito dedos e os pés eram usados como ponto de apoio, provendo contato de atrito com o chão (Figura 4) (HICKMAN, ROBERTS, LARSON, 2004).

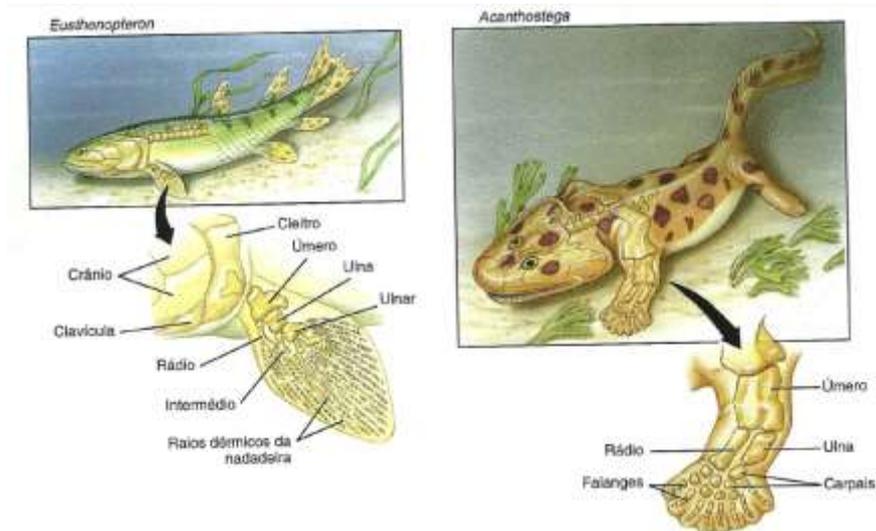


Figura 4: Membrós locomotores desenvolvidos. Fonte: HICKMAN, ROBERTS, LARSON, (2004, p. 512).

A espécie *Acanthostega* possuía hábitos mais aquáticos do que terrestre, sugere-se que os primeiros tetrápodes apresentavam brânquias internas similares a dos peixes, eram capazes de realizar respiração aquática. Provavelmente esses animais possuíam pulmões, pois os peixes pulmonados são parentes próximos dos tetrápodes. Outra característica dessa espécie são os oito dedos que possuíam no pé cranial e caudal (POUGH et al 2008).

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a conquistar o ambiente terrestre, pois as outras formas de vida existentes dependiam do meio aquático para sobrevivência. Os tetrápodes não amniotas são geralmente chamados de anfíbios classificados como Lissanfíbios, originaram-se na Era Mesozóica e são tetrápodes com tegumento úmido e sem escamas, esse grupo inclui três linhagens distintas: Anura (sapos), Urodela (salamandras) e Gymnophiona (cecílias) e a maioria dos anfíbios possuem quatro patas bem desenvolvidas (POUGH et al 2008).

Um exemplo é a salamandra Axolotle (*Ambystoma mexicanum*) nativa do México. Ao contrário de outras espécies, ela passa a sua vida inteira na água, possui barbatana dorsal que percorre quase todo o corpo e as brânquias externas que envolvem a cabeça, permitindo a vida aquática, possuem olhos sem pálpebras e têm

quatro dedos em suas patas dianteiras e cinco nas patas traseiras. Podem crescer até 30 cm de comprimento, mas em média possuem de 15 a 23 cm. Normalmente são pretos ou acastanhados, mas existem variantes brancas ou albinas. Alimentam-se de moluscos, peixes pequenos, larvas de inseto e crustáceos. Elas são as únicas espécies de vertebrados que possuem capacidade de regenerar membros danificados, lentes oculares e partes do coração (TAVARES, 2013).

Os primeiros tetrápodes foram provavelmente anfíbios, mas algumas linhagens tornaram-se totalmente aquáticas, já outras ficaram cada vez mais especializadas para a vida terrestre. Porém, há evidências que apontam que apenas uma linhagem terrestre dos tetrápodes que fez a grande transição para vertebrados amnióticos.

Os amniotas incluem a maioria dos tetrápodes vivos atualmente e sua grande radiação ocorreu no Permiano. Seu nome se refere ao ovo amniótico que possui características que se distinguem dos anfíbios. Os amniotas apresentam uma variedade de tegumentos como, escamas, pelos e penas, formadas por queratina, a ausência dessas estruturas nos anfíbios está relacionada com o uso da pele na respiração. Outra característica importante é a ventilação costal dos pulmões, pois, os amniotas dependem dos pulmões para a troca de gases, a pele não precisa estar úmida e a perda de água pela pele é reduzida (POUGH et al 2008).

O ovo amniótico possui casca que pode ser flexível, com aspecto de “couro” como a de muitos lagartos, tartarugas e mamíferos, ou calcificada e rígida como a de crocodilos, aves e lagartos. Tem como função a proteção mecânica e é porosa o suficiente para permitir a troca gasosa. A albumina, mais conhecida como clara, fornece proteção contra danos mecânicos, também oferece um reservatório de água e de proteínas. A gema, também chamada de vitelo é a reserva de energia para o embrião.

No início do desenvolvimento embrionário, o embrião é representado por algumas poucas células, posicionadas no topo do vitelo. Subsequentemente, elas se multiplicam e os tecidos endodérmico e mesodérmico envolvem o vitelo, fechando-o em um saco vitelínico, o qual é parte do sistema digestório em desenvolvimento (POUGH et al 2008, p. 214).

Os amniotas possuem três membranas extra-embrionárias adicionais: o córion, o âmnio e o alantóide. O córion e o âmnio se desenvolvem nas extremidades do embrião e ampliam-se ao redor desse, se encontrando (Figura 5). Nisso as membranas se fundem e formam uma membrana externa, nomeada de córion, que

envolve o interior do ovo, e uma membrana interna chamada de âmnio, que envolve o embrião. A membrana alantóide se forma baseado em uma expansão do intestino delgado, instalando-se dentro do córion. O alantóide atua como um órgão respiratório durante o desenvolvimento, podendo transportar o oxigênio da superfície do ovo até o embrião e conduzir o dióxido de carbono na direção oposta. (POUGH et al 2008).

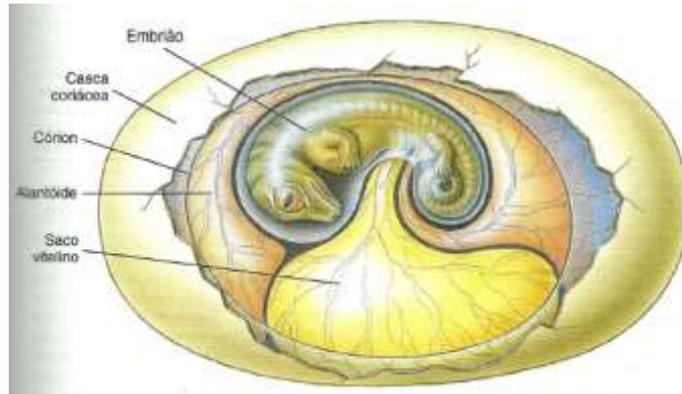


Figura 5: Estrutura do ovo amniótico. Fonte: HICKMAN, ROBERTS, LARSON, (2004, p. 535).

De acordo com Pough et al (2008), uma grande divisão dos amniotas produziu duas linhagens evolutivas que incluem a maioria dos vertebrados terrestres viventes (Figura 6), os Synapsida e Sauropsida. Os mamíferos são Synapsida, já os Sauropsida são as tartarugas, lagartos, serpentes, crocodilianos, e aves.

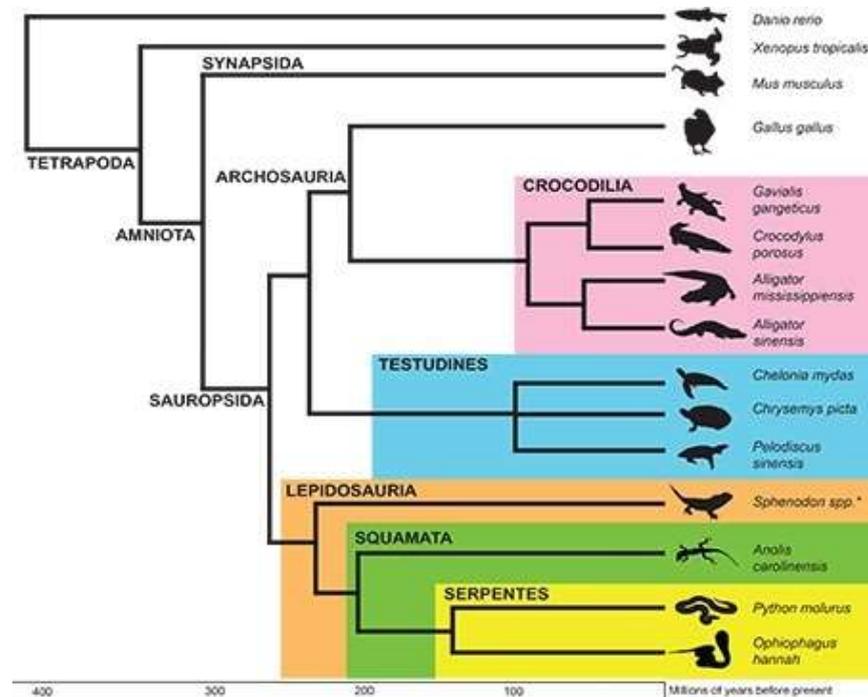


Figura 6: Cladograma amniotas. Fonte: [Evolution | Kusumi LabKusumi Lab.](#)

LEGENDA: Rosa: Espécies da ordem crocodilia. Azul: Espécies da ordem testudines. Laranja: Grupo dos répteis. Verde: Espécies da ordem squamata. Amarelo: Espécies de serpentes presentes na ordem squamata.

Os amniotas costumam ser subdivididos pelo número de orifícios na cabeça, com base na fenestração temporal. As principais configurações que dão nomes as diferentes linhagens de amniotas são: anapsídeo, observado nos amniotas primitivos e nas tartarugas; sinapsídeo, observado nos mamíferos e em seus ancestrais; e diapsídeo, observado em outros répteis e nas aves. Os Sauropsida se dividiram em três linhagens: *Lepidosauria*, *Testudines* e *Archosauria*. Os *Lepidosauria* nessa linhagem agrupam os *Sphenodontidae*, representada pelas tuatara e o Squamata que são lagartos e serpentes, formam grupos irmãos, são diapsida, ou seja, apresentam duas aberturas na região temporal do crânio, definidas por arcos ósseos. Os Testudines são representados pelas tartarugas que são anapsídeo, cujo crânio não possui fenestras temporais junto às têmporas. Os Archosauria incluem os crocodilianos e as aves e também são diapsida (POUGH et al 2008).

2.4 OS MODELOS DIDÁTICOS E A APRENDIZAGEM UNIFICADA DE PALEONTOLOGIA, EVOLUÇÃO E ZOOLOGIA

Os modelos didáticos são utilizados como forma de transposição do conhecimento científico. A abordagem construtivista juntamente com o uso adequado de modelos e a contribuição epistemológica estão entrelaçados e guiam o ensino de ciências na concepção da construção efetiva do conhecimento científico escolar. Os recursos mais utilizados nas aulas de biologia são os modelos didáticos, pois, permitem a visualização em três dimensões, enriquecem as aulas e despertam o interesse dos alunos auxiliando no entendimento do conteúdo. É essencial que os alunos entendam que os modelos são simplificações do objeto real e é interessante que eles participem do processo de construção desses modelos (JUSTINA, FERLA, 2006).

De acordo com Orlando et al (2009), os modelos em alto relevo, coloridos, com estruturas tridimensionais ou semi-planas, são facilitadores no processo de aprendizagem do conhecimento científico. Os modelos permitem que os alunos manuseiem o material, visualizando os ângulos, desenvolvendo a compreensão sobre o conteúdo, a construção permite que eles se atentem aos detalhes, como também a melhor forma de representá-los promovendo as habilidades artísticas.

Muitos estudos salientam que o processo de modelagem contribui na construção do conhecimento e sugerem que o envolvimento do aluno nas atividades com modelos didáticos promove a memorização e favorece o desenvolvimento de habilidades e o conhecimento crítico, que podem ser aplicadas em várias situações problemas. Segundo Junior e Princival (2014, p. 111):

[...] os modelos podem ser compreendidos como um processo de representações que envolvem o uso de imagens, de forma esquematizada e concreta, para que estudantes, docentes e/ou pesquisadores possam idealizar determinado assunto científico que pode, muitas vezes, ser de difícil compreensão.

A falta de metodologias e estratégias que permitem uma aprendizagem mais eficaz e significativa tem sido motivo preocupação entre os docentes, dessa forma, muitos autores têm publicado trabalhos apontando procedimentos e recurso didáticos diferenciados que facilitem e perfeiçoem o processo de ensino. Os modelos didáticos são propostos como recursos pedagógicos, pois, reflete a um sistema figurativo que representa a realidade de forma esquematizada e tangível. Com isso, o trabalho com modelos pode ser eficaz nos ensino e processos de aprendizagem de conteúdos complexos e de difícil compreensão, mas é fundamental que o professor possua uma formação adequada para o trabalho com modelos didáticos e dessa forma enriqueça a abordagem e a construção de conceitos (JUNIOR, PRINCIVAL, 2014).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta uma proposta para o ensino da disciplina de ciências do ensino fundamental a fim de subsidiar o trabalho docente em conteúdos relacionados à evolução, zoologia e paleontologia.

O processo de pesquisa vinculado ao trabalho caracteriza-se como bibliográfico, visto que teve o propósito de reunir e analisar os conhecimentos disponíveis e principais teorias a fim de esclarecer o processo de transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre, esse procedimento foi extremamente importante para a compreensão do tema. As fontes de pesquisa utilizadas foram livros de evolução, paleontologia, e de outras áreas assim como artigos científicos publicados em revistas eletrônicas.

A análise se caracteriza como qualitativa, pois a partir da pesquisa bibliográfica foi construído um material didático, o qual foi elaborado de forma a potencializar e contribuir com os processos de ensino-aprendizagem de zoologia, buscando facilitar a compreensão sobre a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre.

3.1 ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Esse material pode ser aplicado no 7º ano do ensino fundamental, durante o trabalho com os conteúdos relacionados aos seres vivos, em específico os vertebrados. O professor poderá inserir as atividades propostas logo após trabalhar com o grupo dos peixes, antes de entrar no grupo dos anfíbios, explorando desta forma esse importante capítulo da história evolutiva cuja compreensão exige a mobilização de conteúdos relacionados a paleontologia, evolução e zoologia. Essa proposta é norteadada por cinco questões chave que permitem um encadeamento de ideias capazes de integrar e mobilizar os conceitos das três áreas. São essas perguntas:

- O que possibilitou que alguns peixes ocupassem o ambiente terrestre?
- Como emergiram essas modificações? Será que o ambiente possui algum papel nesse processo?
- Como eram os peixes que deram origem aos anfíbios?
- Como sabemos hoje detalhes dessas espécies que morreram há milhões de anos?

- Como reconstruir a história filogenética dessas espécies?

3.2 DETALHAMENTO DA PROPOSTA

Etapa 1

Para iniciar o ensino sobre a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre a partir da sequência didática proposta, é sugerido que o professor explore o documentário “A evolução dos animais vertebrados”, disponível no canal *youtube*, o qual funcionará como um elemento disparador do assunto, instigando a curiosidade dos alunos e preparando o trabalho para as próximas ações.

A primeira pergunta surge naturalmente a partir dessas discussões iniciais: **O que possibilitou que alguns peixes ocupassem o ambiente terrestre?** Para responder essa questão é preciso que o professor se aprofunde nas modificações anatômicas e fisiológicas que permitiram a transição entre um habitat totalmente aquático para o terrestre. Para isso são propostos recursos didáticos e atividades que trabalham as mudanças ocorridas na respiração, reprodução, composição muscular e esquelética dos animais.

A segunda pergunta: **Como emergiram essas modificações? Será que o ambiente possui algum papel nesse processo?** irá direcionar a aula para os conceitos gerais de evolução e a contextualização espacial e temporal necessárias. Nesse momento, os conceitos mais gerais sobre mutação e variabilidade genética, seleção natural e aspectos específicos do ambiente terrestre no final do período Devoniano serão trabalhados.

Etapa 2

A partir da terceira pergunta: **Como eram os peixes que deram origem aos anfíbios?** os grupos mais importantes de peixes que participaram da transição de ambientes devem ser trabalhados em detalhes. Para isso, é proposto que a turma construa uma coleção didática com os modelos dos seguintes grupos: *Eusthenopteron*, *Panderichtys*, *Acanthostega*, *Ichthyostega*. Além desses, um exemplar de anfíbio vivente (*Lissanfibia*) também pode ser construído, além do ovo amniótico, uma novidade evolutiva bastante importante para a conquista definitiva do ambiente terrestre.

A partir das informações trabalhadas anteriormente os alunos poderão se

perguntar: como é possível saber de tudo isso se esses peixes não vivem atualmente? Por conta disso é necessário trabalhar os conceitos mais fundamentais da formação dos fósseis, trazendo nesse momento conhecimentos da paleontologia para a sequência didática proposta. Dessa forma, a partir da pergunta: **Como sabemos hoje detalhes dessas espécies que morreram há milhões de anos?** são propostas ações e atividades que integrarão noções paleontológicas ao assunto.

Etapa 3

Nessa etapa é proposta uma atividade de conclusão, a partir da qual os modelos didáticos construídos na etapa anterior devem ser dispostos em um cladograma, necessitando assim do resgate dos conhecimentos evolutivos trabalhados na etapa 1. Portanto, a partir da última questão: **Como reconstruir a história filogenética dessas espécies?** Os alunos são desafiados a retomarem os conhecimentos trabalhados em uma atividade que mobilizará todos os alunos.

Um resumo de todas as ações previstas na sequência didática é apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Atividades propostas.

Etapas	Perguntas	Ações/Atividades propostas	Materiais necessários
1	O que possibilitou que alguns peixes ocupassem o ambiente terrestre? Como emergiram essas modificações? Será que o ambiente possui algum papel nesse processo?	1- Atividade: Do ambiente aquático para o ambiente terrestre. 2- Atividade: Herança genética 3- Atividade: Explorando o passado.	1- Papel, caneta, lápis de cor, material com imagem das espécies. 2-Folha A4, canetas, lápis de cor ou giz de cera. 3- Papel, caneta, lápis, borracha e lápis de cor.
2	Como eram os peixes que deram origem aos anfíbios? Como sabemos hoje detalhes dessas espécies que morreram há milhões de anos?	4- Atividade: Construindo os elos perdidos 5- Vídeo: Mundo Paleo- Ep 1- Fósseis 6- Vídeo: Como se forma um fóssil. 7- Atividade: Fossilização por moldagem	4-Massa de biscuit, arame, pincel, cola e tintas. 5 e 6- TV ou computadores 7- Gesso de secagem rápida, recipiente de plástico, prato de alumínio, colher, pequenos objetos para servirem como fósseis, xícara, faca, pincel, pano e óleo vegetal.
3	Como reconstruir a história filogenética dessas espécies?	8- Reconstruindo a história.	8- Papel kraft, isopor, super cola, canetinha, papel contact, cola branca, tesoura.

Fonte: CARNEIRO (2018).

Cada atividade pode ser avaliada pelo professor em seu término, pois, após apresentação do conteúdo científico é proposto o envolvimento dos alunos em atividades que mobilizem cognitivamente. Dessa forma, todas as atividades podem ser consideradas avaliativas pelo professor, desde que sejam encaminhadas como tal e sejam definidos antecipadamente os critérios avaliativos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início da sequência didática é proposto que o professor assista com os alunos o documentário “A evolução dos animais vertebrados”⁵. O vídeo aborda brevemente sobre a evolução dos peixes até chegar aos mamíferos, aponta as semelhanças entre os peixes e os seres humanos, apresenta uma árvore genealógica onde é registrado a nossa ancestralidade. Também é abordado sobre os tetrápodes que deram origens aos membros locomotores e dedos, e a descoberta do fóssil da espécie *Tiktaalik roseae*. O documentário tem o propósito de iniciar as discussões sobre a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre, provocando a curiosidade nos alunos.

Pergunta 1- O que possibilitou que alguns peixes ocupassem o ambiente terrestre? Nessa etapa será necessário abordar os conceitos morfológicos e fisiológicos de algumas espécies consideradas elos evolutivos na conquista do meio terrestre. O professor poderá ler para ter um embasamento teórico sobre as modificações anatômicas das espécies utilizando o material “*Sarcopterygii: conquista do meio terrestre amphibia*”⁶, nele são apresentadas algumas modificações comparando as espécies e relatando de forma simplificada a evolução dos peixes, anfíbios e répteis.

➤ **Atividade: Do ambiente aquático para o ambiente terrestre**

Após a leitura do material indicado, o professor poderá realizar uma explicação morfológica e fisiológica sobre as espécies que fizeram parte do processo evolutivo e em seguida propor que os alunos realizem a atividade onde deverão fazer uma legenda na imagem, pintando e escrevendo as diferenças nas espécies apontadas.

Para iniciar a atividade, poderá entregar para os alunos as imagens disponíveis no material didático, com algumas espécies e suas modificações. As imagens estão disponíveis com e sem as legendas para que após a finalização da atividade, o

⁵ Documentário “A evolução dos animais vertebrados”:
<https://www.youtube.com/watch?v=WyS4494Ad4Y>

⁶ *Sarcopterygii: conquista do meio terrestre amphibia*. Autora: Trajano.
<http://www.euquerobiologia.com.br/site/wp-content/uploads/2016/01/4-Sarcopterygii-Conquista-do-meio-terrestre-amphibia.pdf>

professor possa corrigir comparando o que foi feito.

Tem como objetivo apresentar as vantagens e desafios estruturais e fisiológicos que esses organismos tiveram, devido ao novo ambiente conquistado. Utilizar: Papel, caneta, lápis de cor, material com imagem das espécies.

Pergunta 2 - Como emergiram essas modificações? Será que o ambiente possui algum papel nesse processo? Para responder essas perguntas é essencial conhecer os conceitos gerais de genética, como a mutação e a variabilidade genética e os conceitos de evolução, como a seleção natural. Além de conhecer as características específicas do ambiente terrestre do período Devoniano, onde surgiram as espécies que serão trabalhadas mais adiante.

Um assunto diretamente relacionado a evolução é a variação genética. Para introduzir o assunto o professor pode explorar o site da Universidade de Utah⁷, que disponibiliza textos vídeos e outros materiais que exploram de forma didática conceitos básicos de genética e evolução. Os materiais se encontram em inglês, mas o professor pode se preparar antes selecionando itens, escolhendo os que melhor se adequam e apresentá-los dialogando com os alunos.

➤ **Atividade 1: Herança genética**

Nessa atividade é solicitado aos alunos que desenhem os familiares, anotando as qualidades de cada um, em seguida que escrevam as características que herdaram de cada um e por fim, discutirem com o professor e colegas de sala sobre suas heranças. Tem como objetivo fazer com que o aluno descubra os traços de personalidade herdados da família e relacione a descoberta com os conceitos abordados na aula.

Em seguida o professor poderá ler sobre evolução para se preparar utilizando o material “Seleção natural e adaptações”⁸, que trata sobre adaptações, seleção natural, mutações, entre outros conceitos.

Um vídeo pode ser apresentado aos alunos para que visualizem de forma simples o conceito de seleção natural. O vídeo “Quer que desenhe? Seleção

⁷ Learn Genetics: <http://learn.genetics.utah.edu/>

⁸ Seleção natural e adaptações. Autor: Sergio Russo Matioli.
http://dreyfus.ib.usp.br/bio103/selec_adapt.pdf

Natural”⁹, mostra como a seleção natural ocorre, dando alguns exemplos de forma simplificada. É importante também situar os alunos no período geológico onde ocorreu essa transição, já que o sucesso de algumas espécies sobre outras está diretamente relacionado ao ambiente onde elas vivem. Para isso o professor pode utilizar para mostrar aos alunos o material “Geologia na escola”¹⁰, que explica sobre a Era Paleozóica, nele podem ser encontradas informações sobre o Período Devoniano, suas características e as espécies que nele surgiram.

No Período Devoniano os oceanos eram repletos de corais, cefalópodes (tipo amonita), os primeiros peixes dotados de pulmões e anfíbios primitivos. Esse período é conhecido como era dos peixes, pois, todas as principais linhagens de peixes existiram nesse período, como os *Osteichthyes* ou peixes ósseos. O Devoniano possuía um clima estável, devido a evolução das plantas e as modificações que promoveram no solo poderia ter afetado a atmosfera e o clima da Terra, causando o resfriamento do clima. A diversidade de plantas foi maior que no período anterior, houve aumento de tamanho chegando aproximadamente aos 2 metros, existiam comunidades florestais estratificadas constituindo plantas com diferentes alturas. Nesse período surgiram os primeiros vertebrados terrestres, há evidências de que não existiam insetos voadores, somente insetos sem asas e aracnídeos. No fim do Devoniano emergiram plantas com folhas grandes e árvores que chegavam aos 10 metros de alturas. Os primeiros amniotas evoluíram somente no período Carbonífero (POUGH et al 2008).

➤ **Atividade 2: Explorando o passado**

Nessa atividade serão integrados os conceitos de evolução, genética e as características do período devoniano. A proposta tem como objetivo apresentar os conceitos básicos relacionando com a transição, como também destacar o período devoniano retratando as mais importantes espécies que surgiram nele e apontando as características ambientais, para que os alunos possam imaginar com clareza como era esse ambiente nessa época e associarem aos conceitos de evolução.

Para iniciar a atividade, primeiramente os alunos deverão ser divididos em

⁹ Vídeo: Quer que desenhe? Seleção Natural
<https://www.youtube.com/watch?v=N-SrvGfwiTg>

¹⁰ Geologia na escola. Autor: Maria Elizabeth Eastwood Vaine, 2005.
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000014243.pdf>

grupos e analisar as tirinhas sobre evolução considerando os conceitos como a seleção natural e variabilidade genética.

Em seguida, ainda em grupo criar a própria história em quadrinhos, levando em consideração os conceitos abordados durante a aula e inserir também o ambiente característico do final do Devoniano, como características ambientais e as espécies do período em uma folha ou no caderno. Podendo seguir o texto “Período Devoniano?”, disponível no material didático.

Pergunta 3 – Como eram os peixes que deram origem aos anfíbios? Para responder essa pergunta é necessário conhecer detalhadamente como eram essas espécies. Assim, o professor pode utilizar o livro “A vida dos vertebrados”¹¹ como apoio para apresentar os detalhes sobre as espécies mais importantes que participaram da transição de habitats.

➤ **Atividade: Construindo os elos perdidos**

O professor pode propor que os alunos se dividam em grupos, onde cada grupo ficará com uma espécie e construam uma coleção didática com modelos dos elos evolutivos. Deverão moldar com massa de biscoito as espécies com base nas imagens que o professor irá disponibilizar, seguindo as características de cada um e no fim colar em uma base que farão mais tarde em uma atividade de conclusão. A coleção irá seguir uma ordem cronológica de acontecimentos desde as primeiras modificações dos peixes até chegar aos répteis.

Tem como objetivo que os alunos materializarem os conceitos de evolução e zoologia, por meio dos materiais didáticos que irão construir.

Podem ser utilizados: massa de biscoito, cola branca, tintas, pincel, super cola, panos para limparem as mãos, arame para estruturar os membros locomotores e as brânquias da salamandra.

Após a atividade ser finalizada, cada grupo deve apresentar seu modelo para os outros grupos, dizendo uma pouco sobre a espécie e mostrando as características no modelo.

¹¹ Livro: A vida dos vertebrados. Pough et al (2008).
<http://www.avesmarinhas.com.br/A%20Vida%20dos%20Vertebrados.pdf>

O professor poderá utilizar as espécies a seguir:

Panderichtys- Apresentava um focinho longo e olhos no topo da cabeça, corpo achatado, as nadadeiras dorsal e anal foram perdidas e a nadadeira caudal foi reduzida de tamanho. Possuía corpo pesado, focinho comprido, dentes grandes e provavelmente tinham tanto brânquias como pulmões (Figura 7).



Figura 7. *Panderichtys*. Fonte: DEVONIAN LIFE (2018).¹²

Eusthenopteron- Possuía nadadeiras dorsais, peitoral, pélvica, anal e caudal, tinha narinas internas e dentes labirintodontes, que caracteriza todos os primeiros tetrápodes conhecidos (Figura 8).



Figura 8. *Eusthenopteron*. Fonte: DEVONIAN LIFE (2018).¹³

Ichthyostega- Possuía uma pequena membrana ao longo do dorso na parte caudal, utilizada como a nadadeira de um peixe, tinha dois pares de membros bem desenvolvidos providos de sete dedos e cotovelos dobráveis que permitiam reduzir a

¹² DEVONIAN LIFE, 2018. Disponível em: <http://www.devonianlife.com/Panderichthys.htm>

¹³ DEVONIAN LIFE, 2018. Disponível em: <http://www.devonianlife.com/Eusthenopteron.htm>

fricção entre o corpo e o solo. Os pés eram semelhantes à nadadeiras de focas (Figura 9).



Figura 9. *Ichthyostega*. Fonte: DEVONIAN LIFE (2018).¹⁴

Acanthostega- É um dos primeiros tetrápodes conhecido do Devoniano, possuía oito dedos em cada uma das patas, tinha brânquias, um cotovelo não dobrável e uma nadadeira caudal ainda grande, que era essencial quando entrava na água (Figura 10).



Figura 10. *Acanthostega*. Fonte: DEVONIAN LIFE (2018).¹⁵

Lissanfibia- Originaram-se na Era Mesozóica e são tetrápodes com tegumento úmido e sem escamas. O anfíbio escolhido para ser representante do grupo foi a Salamandra Axolote, com o nome científico de *Ambystoma Mexicanum*. Possui barbatana dorsal que percorre quase todo o corpo, brânquias externas que envolvem a cabeça, possuem olhos sem pálpebras e têm quatro dedos em suas patas dianteiras e cinco nas patas traseiras, em média possuem de 15 a 23 cm (Figura 11).

¹⁴ DEVONIAN LIFE, 2018. Disponível em: <http://www.devonianlife.com/Ichthyostega.htm>

¹⁵ DEVONIAN LIFE, 2018. Disponível em: <http://www.devonianlife.com/Acanthostega.htm>



Figura 11. Salamandra Axolote. Fonte: CARNEIRO (2018).

Amniotas- Esse grupo será representado pelo ovo amniótico, pois, foi uma novidade evolutiva importante para a conquista definitiva do ambiente terrestre. Seu nome se refere ao ovo amniótico que possui características que distinguem dos anfíbios atuais. O ovo amniótico possui três membranas extra-embriônicas adicionais: O córion envolve o interior do ovo, realiza trocas gasosas e proteção. O âmnio envolve o embrião, protege contra desidratação, além de absorver choques mecânicos. A membrana alantóide armazena excreção produzida pelo embrião e se forma baseado em uma expansão do intestino delgado, instalando-se dentro do córion. Atua como um órgão respiratório durante o desenvolvimento, podendo transportar o oxigênio da superfície do ovo até o embrião e conduzir o dióxido de carbono na direção oposta. O saco vitelínico possui a função de armazenar e fornecer nutrientes. O albúmen mais conhecido como clara concede água ao embrião e a casca rígida oferece proteção e possui poros que permitem as trocas gasosas (Figura 12).

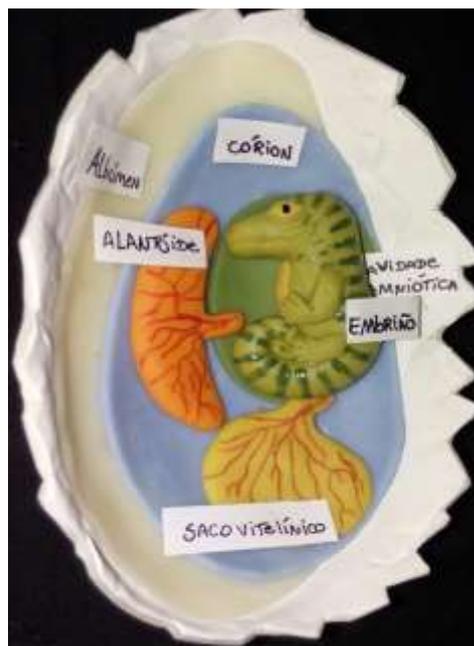


Figura 12. Ovo amniótico. Fonte: CARNEIRO (2018).

Pergunta 4 – Como é possível saber de tudo isso se esses peixes não vivem atualmente? Naturalmente os alunos irão se perguntar como é possível saber sobre essas espécies se elas já foram extintas? Diante disso, o professor poderá abordar sobre os conceitos de fósseis. Os fósseis carregam informações valiosas dos períodos geológicos que viveram e ajuda na compreensão e no estudo da Terra, sem eles nunca saberíamos quem são nossos ancestrais. Dessa forma, o assunto pode ser introduzido por meio de vídeos que abordem sobre os tipos de fósseis e como eles se formam. O vídeo “Mundo Paleo – Ep1- Fósseis”¹⁶, aborda sobre o que são os fósseis, diferenças de evidências e vestígios e aborda rapidamente sobre os processos de fossilização. O segundo vídeo “Como fósseis se formam?”¹⁷, apresenta uma breve explicação de como um fóssil se forma, apontando o que ocorre com cada parte dos animais fossilizados.

➤ **Atividade: Fossilização por moldagem**

Após a introdução do assunto, o professor poderá propor que os alunos construam réplicas de fósseis utilizando gesso, o objetivo dessa atividade é que eles concretizem o que aprenderam sobre o tema, como também conheçam mais sobre o processo de fossilização.

Pergunta 5- Como reconstruir a história filogenética dessas espécies? Nessa etapa, é proposta uma atividade que irá concluir a sequência didática, onde os alunos deverão construir um cladograma e posicionar os modelos didáticos já produzidos nas atividades anteriores. O professor poderá ler sobre a filogenética em um material de apoio “Introdução à Filogenética para Professores de Biologia”¹⁸, onde é abordado sobre a filogenética e a formação dos cladogramas.

¹⁶ Vídeo: Mundo Paleo – Ep1- Fósseis. <https://www.youtube.com/watch?v=IQbaDoqb1mg>

¹⁷ Vídeo: Como fósseis se formam? <https://www.youtube.com/watch?v=e-ssEv6Ljll>

¹⁸ Introdução à Filogenética para Professores de Biologia. Autores: Emiliano Carneiro Monteiro e Suzana Ursi. http://www2.ib.usp.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=59&Itemid=98

A seguir, pode introduzir o assunto de filogenética por meio de um vídeo “Sistemática Filogenética I”¹⁹, que aborda de forma simplificada a formação de um cladograma e aspectos importantes.

➤ **Atividade: Reconstruindo a história**

Após a introdução sobre o assunto, os alunos poderão construir o cladograma com base nas espécies apresentadas na atividade “Construindo os elos perdidos”, onde deverão colar os modelos corretamente.

Para iniciar a atividade, o professor poderá instruir que os alunos se organizem nos mesmo grupos que foram formados na atividade dos modelos. O professor pode colar no quadro um cartaz com o cladograma já formado faltando apenas os nomes das espécies ou grupo. A partir dos conteúdos trabalhados e das informações sobre cada espécie e grupos, eles devem discutir entre si onde o modelo deve se encaixar no cladograma, colar e escrever o nome da espécie correspondente.

Tem como objetivo resgatar os conhecimentos evolutivos trabalhados nas etapas anteriores e aplicar esses conhecimentos na construção do cladograma, mobilizando todos os alunos.

Podem ser utilizados: papel kraft, isopor, super cola, canetinha, papel contact, cola branca, tesoura.

No fim da atividade, os grupos poderão apresentar para as demais turmas da escola.

¹⁹ Vídeo: Sistemática Filogenética I. <https://www.youtube.com/watch?v=mLzeNRtCFzE>

Poderão utilizar como apoio a Figura 13.

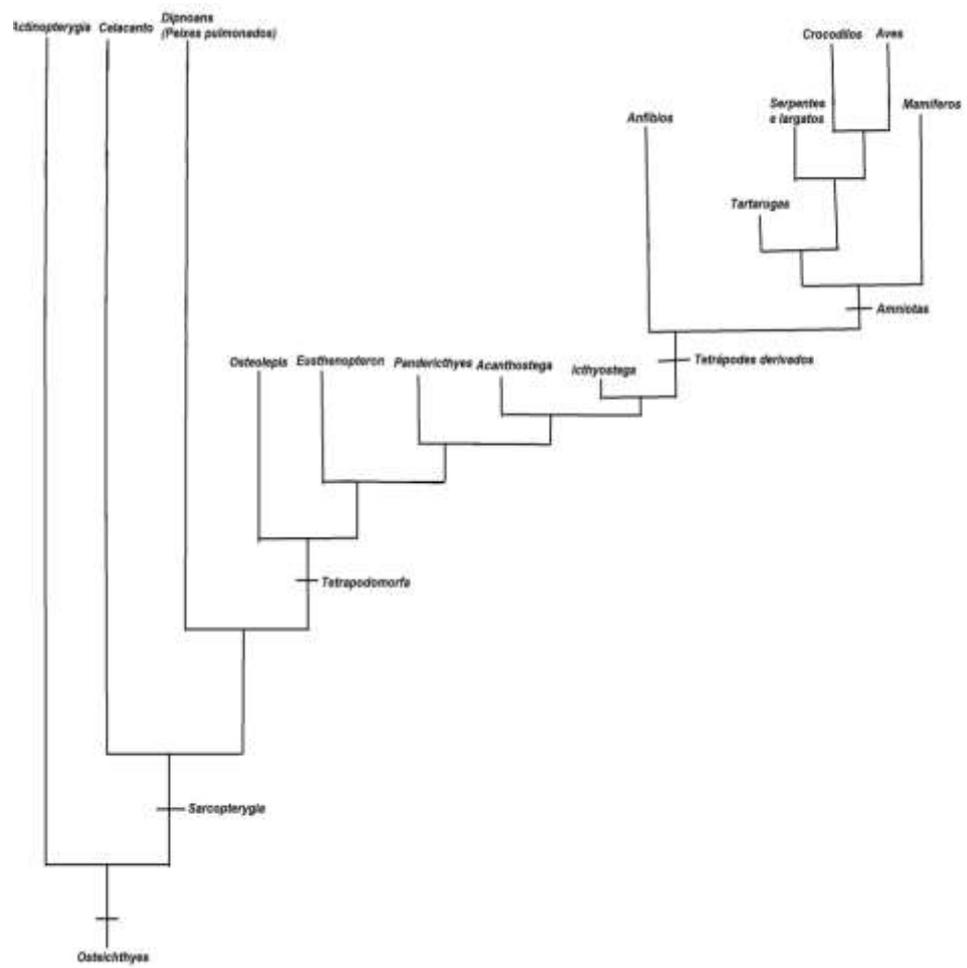


Figura 13. Cladograma. Fonte: CARNEIRO (2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta dessa pesquisa foi desenvolver uma abordagem capaz de promover a compreensão unificada de conceitos de paleontologia, evolução e zoologia, desenvolvendo um material didático com uma sequência de atividades introduzindo os modelos didáticos como facilitadores no ensino de ciências abordando o tema da transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre.

Ao realizar a pesquisa e desenvolvimento do material, foi possível compreender de forma ampla o tema abordado, assim como a unificação dos conceitos de paleontologia, zoologia e evolução, possibilitando a construção de modelos didáticos das espécies transitórias e a compreensão de seus ancestrais proporcionado a elaboração do cladograma, permitindo que os objetivos fossem alcançados.

O material desenvolvido é parte integrante de um trabalho de pesquisa que pode ser utilizado por discentes como facilitador na compreensão dos conteúdos teóricos, levando o aluno ao questionamento, observação e compreensão do tema. Possibilitando também que participem da construção dos modelos promovendo a articulação entre as habilidades artísticas e o resgate dos conhecimentos que norteiam as atividades, dessa forma unificando os conceitos das três áreas.

O material didático construído também pode ser desenvolvido no 2º ano do ensino médio, aproveitando os conceitos e atividades sugeridas, porém, é necessário que seja adaptado de acordo com o conteúdo científico respectivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Ana Maria. R; EL-HANI, Charbel. N. Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. **Revista: scientiæ zudia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 9-40, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n1/a02v8n1.pdf>>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

ALONÇO, Mayara. BOELTER, Ruben A. Paleontologia nos livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista: SBEnBio**, n.9, 2016. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/renbio-9/pdfs/2732.pdf>>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Introdução. Ensino fundamental. Brasília: **MEC/SEF**, 1998.

CARVALHO, Ismar de S. **Paleontologia**: conceitos métodos. Rio de Janeiro. 3º ed. Vol. 1 e 2. Editora: Interciência. 2010.

DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida; FERLA, Marcio Ricardo. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética-exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/download/19993/10846>>. Acesso em: 16. Maio. 2018.

FARIA, Frederico F. de A. O despontar de um paradigma na Paleontologia. Filosofia e História da Biologia. **Seleção de Trabalhos do IV Encontro de Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.125-136, 2006. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-07-Frederico-Felipe-Faria.pdf>>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

FILIPE, Carlos. H. O. A paleontologia e a tafonomia como ferramentas para o estudo de casos e evidências de tanatose em artrópodes fósseis. **Centro de ensino superior de juiz de fora**, 2007. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/monografia/objeto_de_aprendizagem_paleoetologia_tafonomia_ferramentas.pdf>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

HICKMAN, Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan. **Princípios Integrados de Zoologia**. 11. ed. São Paulo: Guanabara, 2004. p.511.

JUNIOR, Hermínio I. A. PORPINO. Kleber O. Análise da Abordagem do Tema Paleontologia nos Livros Didáticos de Biologia. **Revista: IGEO**, - Vol. 33 – 1,p. 63-72, 2010. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5796>>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

NOVAIS, Tarsila; MARTELLO, Alcemar R; OLEQUES, Luciane C; LEAL, Luciano A; DA-ROSA, Átila A. S. Uma experiência de inserção da Paleontologia no ensino

fundamental em diferentes regiões do Brasil. **Revista: Terræ Didática**, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2015. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8469>>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

OLIVEIRA, Roni. I. R; GASTAL, A., Maria Luíza. Formação continuada de professores sobre o uso de espaços não formais para o ensino de evolução biológica. **Revista da SBEnBio–Número**, v. 3, p. 1321, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Maria_Gastal2/publication/236210538_formacao_continuada_de_professores_sobre_o_uso_de_espacos_nao_formais_para_o_ensino_de_evolucao_biologica/links/0c960516ff0f9ae2bd000000.pdf>. Acesso em: 14. Nov. 2017.

OLIVEIRA, Danielle B. G. et. al. O Ensino de Zoologia numa perspectiva evolutiva: análise de uma ação educativa desenvolvida com uma turma do Ensino Fundamental. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2010. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0083-1.pdf>>. Acesso em: 14. nov. 2017.

ORLANDO, Tereza Cristina et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46695015/planejamento_montagem_e_aplicao_de_model20160621-12572-wa6ztc.pdf?awsaccesskeyid=akiaiwowyygz2y53ul3a&expires=1527103407&signature=qats0tlxenbge4grdvoakygopjg%3d&response-content-disposition=inline%3b%20filename%3dplanejamento_montagem_e_aplicacao_de_mod.pdf>. Acesso em: 16. Maio. 2018.

POUGH F. H, JANIS Cristine. M., HEISER Jon. B. **A vida dos vertebrados**. Quarta edição, São Paulo, Atheneu editora São Paulo, 2008.

TAVARES, Luís. M. Axolote vida em destaque. Fev. 2013. Fciências. Disponível em: <http://www.fciencias.com/2013/02/15/animal-em-destaque-axolote/>. Acesso em: 16 de maio de 2013.

TOMMASELLI, José T. G. **Tempo geológico e evolução da vida**. 2011. Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/bitstream/123456789/66267/2/2_tempo_geologico_evolucao_vida.pdf>. Acesso em: 21 Out. 2017.

TRAJANO, Eleonora. Sarcopterygii: conquista do meio terrestre amphibia. Licenciatura em Ciências · USP/Univesp, S/D. Disponível em: <http://www.euquerobiologia.com.br/site/wp-content/uploads/2016/01/4-Sarcopterygii-Conquista-do-meio-terrestre-amphibia.pdf>. Acesso em: 16 Maio. 2018.

VINHOLI JÚNIOR, Airton J; PRINCIVAL, Guilherme C. Modelos didáticos e mapas conceituais: biologia celular e as interfaces com a informática em cursos técnicos do

IFMS. Revista: HOLOS, v.2, 2014. Disponível em:
<<http://www.redalyc.org/pdf/4815/481547171012.pdf>>. Acesso em: 16. Maio. 2018.

APÊNDICE