



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática –
PPGECM

PATRICK GODOI

MODELAGEM DO COMPRIMENTO DE
***PYCNONEMOSAURUS NEVESI* A PARTIR DA TÍBIA: uma**
proposta para ensinar Matemática

SINOP-MT
2023

PATRICK GODOI

**MODELAGEM DO COMPRIMENTO DE
PYCNONEMOSAURUS NEVESI A PARTIR DA TÍBIA: uma
proposta para ensinar Matemática**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática – PPGECEM - da Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário de Sinop, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática. Linha de Pesquisa: Ensino de Matemática

Orientador: Prof. Dr. Felício Guilardi Junior (*In memoriam*)

Prof. Dr. Eberson Paulo Trevisan

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Aline Marcele Ghilardi

**SINOP-MT
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

G588m Godoi, Patrick.

Modelagem do comprimento de *Pycnonemosaurus nevesi* a partir da tibia: uma proposta para ensinar matemática [recurso eletrônico] / Patrick Godoi. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 169 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Eberson Paulo Trevisan.

Coorientador: Aline Marcelle Ghilardi.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática, Sinop, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Paleontologia. 2. Matrizes. 3. Divulgação Científica. 4. Ensino Médio. 5. Mato Grosso. I. Trevisan, Eberson Paulo, *orientador*. II. Ghilardi, Aline Marcelle, *coorientador*. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Modelagem do comprimento do *Pycnonemosaurus nevesi* a partir da tíbia: uma proposta para ensinar Matemática"

AUTOR (A): MESTRANDO (A): Patrick Godoi

Dissertação defendida e aprovada em **19/12/2023**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

Composição da Banca Examinadora:

- 1.Doutor(a) Ebersson Paulo Trevisan (Presidente Banca)
- 2.Doutor(a) Ebersson Paulo Trevisan (Orientador(a))
- 3.Doutor(a) Aline Marcelle Ghilardi (Coorientador(a))
- 4.Doutor(a) Rubens Pazim Carnevarollo Junior (Examinador(a) Externo(a))
- 5.Doutor(a) Leandro Denis Battirola (Examinador(a) Interno(a))
- 6.Doutor(a) Edson Pereira Barbosa (Examinador(a) Suplente)

Sinop, 19/12/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Aline Marcelle Ghilardi, Usuário Externo**, em 01/02/2024, às 16:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **EBERSON PAULO TREVISAN, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 01/02/2024, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEANDRO DENIS BATTIROLA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 09/02/2024, às 17:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **RUBENS PAZIM CARNEVAROLLO JUNIOR, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/02/2024, às 17:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6445735** e o código CRC **904DFBD3**.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer e dedicar esta dissertação às seguintes pessoas:

Ao professor Dr. Ebersson Paulo Trevisan pelo apoio ao final de meu turbulento processo de ingresso no PPGECEM e por sua orientação ao final do mestrado.

À professora Dra. Aline Marcele Ghilardi por seu incrível trabalho na pesquisa e divulgação científica que foram peças chave para o desenvolvimento desta pesquisa, por ser a primeira pessoa que acreditou em meu potencial, mesmo quando nem eu mesmo acreditava, por sua orientação impecável e por ser exemplo de profissional e amiga.

Ao professor Dr. Felicio Guilardi Junior, *in memoriam*, sem o qual esta dissertação não poderia ser desenvolvida, que acreditou no tema e, mesmo sem muito conhecimento na área da Paleontologia e diante de seus próprios questionamentos, aceitou me orientar nessa grande e louca jornada.

Ao professor Dr. Rubens Carnevarollo Júnior e ao professor Dr. Leandro Dênis Battirola por suas excelentes considerações sobre esta pesquisa durante a qualificação e a defesa desta dissertação.

Ao professor Dr. Tito Aureliano Neto por sua dedicação na divulgação científica da Paleontologia, sem a qual eu e inúmeros outros amantes dos fósseis não encontraríamos informações sobre eles, principalmente advindas de sítios fossilíferos brasileiros.

Aos amigos Anderson Ferreira dos Santos, Deise Cristina Noronha Dornelles, Gislaine Aparecida Maria Zambiasi pelo incentivo e apoio durante todo o desenvolvimento do mestrado.

Ao amigo Gabriel Leandro Gomes pela paciência e pelo grande auxílio no desenvolvimento de diversas etapas desta dissertação e do apoio incondicional.

À amiga Zarah Gomes pelo apoio e pela imensa ajuda durante o desenvolvimento desta dissertação, do Produto Educacional e do apoio incondicional.

À amiga Virgínia Maciel pelo apoio e imensa ajuda durante o desenvolvimento desta dissertação, do Produto Educacional e do apoio incondicional.

À amiga Ludmilla Reis por sua participação na disciplina de seminário II, por suas demais considerações sobre esta pesquisa em diversas etapas e por seu apoio incondicional.

À Amiga Beatriz Hörmanseder pela imensa ajuda na produção dos modelos que posteriormente foram impressos em 3D.

Ao professor Dr. Mauro André Dresch por toda ajuda prestada no desenvolvimento dos seminários I e II e frente ao Comitê de Ética e Pesquisa.

Aos paleoartistas Felipe Elias, Julio Lacerda, Júlia D'Oliveira e Márcio L. Castro por cederem as maravilhosas paleoartes que ilustram esta dissertação e o Produto Educacional.

Ao amigo Adalberto dos Santos Vieira por sempre estar disposto a ajudar com empréstimos das ferramentas necessárias ao desenvolvimento desta dissertação e por suas fotografias que ilustram alguns dos fósseis do Produto Educacional.

Ao professor Caiubi Emanuel Sousa Kuhn pelos auxílios prestados, principalmente junto ao Museu de História Natural de Mato Grosso e pelas valiosas informações acerca da paleontologia do estado de Mato Grosso.

A todos os professores do PPGECEM que contribuíram de alguma forma, seja nas disciplinas ou de outras maneiras ao desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os amigos, parentes e familiares pelo apoio incondicional.

“Antes de ser matemático, é preciso ser um cidadão preocupado com problemas da sua época. Mais importante do que fazer pesquisa, é poder formar alunos, é entender que a matemática é uma forma de pensar, de interpretar o mundo e resolver as situações que se apresentam.”

Maria Laura Mouzinho Leite Lopes

RESUMO

A presente pesquisa envolve o ensino e aprendizagem de Matrizes utilizando um problema retirado da Paleontologia. O principal objetivo é o de analisar as potencialidades do uso de conhecimentos da Paleontologia no desenvolvimento de uma atividade para o Ensino de Matemática. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de aporte teórico e metodológico apoiado na metodologia de ensino Modelagem Matemática. Para a produção dos dados foi construída e aplicada uma atividade que utiliza o conteúdo curricular de matemática ‘matrizes’ em um contexto da área da Paleontologia em que o objetivo principal é o de encontrar o comprimento de um dinossauro a partir de sua tíbia fossilizada. O dinossauro selecionado para o estudo é *Pycnonemosaurus nevesi*, cujo fóssil foi descoberto no município de Chapada dos Guimarães, estado de Mato Grosso. Além disso, estudos sobre o cálculo do comprimento de dinossauros foram utilizados como base para o desenvolvimento da atividade, que foi aplicada a alunos de uma turma do 2º ano do Ensino Médio regular da escola estadual Ênio Pipino, no município de Sinop-MT. A avaliação desta atividade e de sua aplicação no contexto escolar foi sistematizada nesta dissertação e no Produto Educacional que a acompanha. O Produto Educacional é dividido em duas partes, a primeira que apresenta os fósseis e locais onde foram encontrados no estado de Mato Grosso e a segunda parte exhibe a proposta de atividade intitulada “Como *Pycnonemosaurus nevesi* se tornou o novo rei”. Os resultados sugerem algumas potencialidades na realização desta atividade, dentre elas, destacam-se o potencial motivador, o uso das tecnologias digitais como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem e as discussões que podem ser geradas sobre preservação e divulgação do conhecimento científico e cultural, principalmente no contexto social escolar e regional.

Palavras-chave: Paleontologia, Matrizes, Divulgação Científica, Ensino Médio, Mato Grosso.

ABSTRACT

The present research involves the teaching and learning of matrices using a problem taken from Paleontology. The main objective is to analyze the potentialities of using knowledge from Paleontology in the development of an activity for the teaching of Mathematics Education activity. This is a qualitative research, with a theoretical and methodological framework based on the Mathematical Modeling teaching methodology. For data production, an activity was constructed and applied that uses the curricular content of 'matrices' in the context of Paleontology, where the main goal is to find the length of a dinosaur from its fossilized tibia. The dinosaur selected for the study is *Pycnonemosaurus nevesi*, whose fossil was discovered in the municipality of Chapada dos Guimarães, Mato Grosso state. Additionally, studies on the calculation of the length of dinosaurs were used as a basis for the development of the activity, which was applied to students in a regular 2nd-year High School class at the Ênio Pipino State School in the municipality of Sinop-MT. The evaluation of this activity and its application in the school context is systematized in this dissertation and the accompanying Educational Product. The Educational Product is divided into two parts, the first presenting the fossils and locations where they were found in the state of Mato Grosso, and the second part featuring the proposed activity titled "How *Pycnonemosaurus nevesi* Became the New King." The results suggest several potentialities in carrying out this activity, including its motivating potential, the use of digital technologies as facilitators of the teaching and learning process, and the discussions that can be generated about the preservation and dissemination of scientific and cultural knowledge, especially in the school and regional social context.

Keywords: Paleontology, Matrices, Science Communication, High School Education, Mato Grosso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Da esquerda para a direita: Representações de <i>Tapuiasaurus macedoi</i> e <i>Santanaraptor placidus</i> , sem escala.	24
Figura 2 - Representação de <i>Spectrovenator ragei</i>	24
Figura 3 - Comparação entre a tíbia de <i>P. nevesi</i> (A) e as tíbias dos outros espécimes analisados no estudo.	38
Figura 4 - Reconstrução do esqueleto dos espécimes relativamente completos. A – <i>Carnotaurus sastrei</i> ; B – <i>Skorpiovenator bustingorryi</i> ; C – <i>Aucasaurus garridoi</i> ; D – <i>Manjungasaurus crenatissimus</i> ; E – <i>Eoabelisaurus mefi</i> ; F – <i>Masiakasaurus knopfleri</i>	39
Figura 5 - Dispersão dos dados do Quadro 1, com a regressão potência gerada pelo <i>software</i> Geogebra.....	41
Figura 6 - Mapa do Serviço Geológico Brasileiro mostrando registro fóssilífero no município de Sinop-MT.....	54
Figura 7 - Réplicas da tíbia de <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> impressas em 3D	55
Figura 8 - Reconstrução do esqueleto de <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> e exemplos de diferentes ângulos de visão da tíbia.....	56
Figura 9 - Escala do tempo geológico	60
Figura 10 - Fósseis encontrados em cada mesorregião do estado de Mato Grosso	61
Figura 11 – <i>Toxodon</i> , à esquerda, e <i>Notiomastodon</i>	62
Figura 12 - <i>Eremotherium</i>	63
Figura 13 - Alguns dos fósseis de plantas encontrados em Paranaíta	64
Figura 14 - Estromatólito.....	65
Figura 15 - Morro do Cambambe, no município de Chapada dos Guimarães	66
Figura 16 – Representação de <i>Gondwanatitan</i>	67
Figura 17 - Megaraptor.....	67
Figura 18 - As preguiças gigantes do gênero <i>Glossotherium</i> e <i>C. cuvieri</i> , respectivamente. ..	68
Figura 19 – Representação de <i>Propaopus punctatus</i> e <i>Pampatherium humboldti</i> , respectivamente.	68
Figura 20 - Representação do uso de osteodermes de <i>Glossotherium lettsomi</i> como artefatos humanos.....	69
Figura 21 - Fósseis de trilobitas encontrados em Chapada dos Guimarães.....	70
Figura 22 - <i>Smilodon populator</i> disputa carcaça com uma onça (<i>Panthera onca</i>). Pleistoceno, em algum lugar do Brasil central. As onças atuais existem desde, pelo menos, o Pleistoceno, chegando a conviver com animais que hoje estão extintos, como as preguiças gigantes e <i>S. populator</i>	71
Figura 23 – Representação de animal do gênero <i>Pachyarmatherium</i>	71

Figura 24 – Representação de <i>Pycnonemosaurus nevesi</i>	73
Figura 25 - <i>Carnotaurus sastrei</i>	74
Figura 26 – Réplica de <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> no Museu de História Natural Casa Dom Aquino	75
Figura 27 – Réplica de <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> no Museu de História Natural de Alta Floresta	75
Figura 28 - Respostas à pergunta 5 do questionário de avaliação da atividade, sobre as dificuldades dos alunos.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Medidas dos comprimentos corporais e comprimentos das tíbias dos dinossauros relativamente completos (em milímetros)	40
Quadro 2 - Dados que serão utilizados nos cálculos a seguir.....	42
Quadro 3 - Valores calculados para os somatórios e médias dos dados do Quadro 2.....	49
Quadro 4 - Habilidades da BNCC do Ensino Médio que poderão ser trabalhadas com as atividades do Produto Educacional	52
Quadro 5 - Escalas em que as réplicas da tíbia do <i>Pycnonemosaurus</i> foram impressas e seus respectivos comprimentos	56
Quadro 6 - Datas e horários em que foram realizadas as aulas da aplicação do Produto Educacional	80

LISTA DE SIGLAS

ALMT	Assembleia Legislativa do Estado de Mato Grosso
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
Ecoss	Instituto Ecossistema e Populações Tradicionais
EJA	Ensino de Jovens e Adultos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
MUHNA	Museu de História Natural do Araguaia
PALMA	Laboratório de Paleontologia e Palinologia da UFMT
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PPGECM	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática
PPP	Projeto Político-Pedagógico
PTT	Produto Técnico-Tecnológico
Scielo	Scientific Eletronic Library Online
SECEL	Secretaria de Estado de Cultura, Esporte e Lazer de Mato Grosso
SGB	Serviço Geológico do Brasil
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UHE	Usina Hidroelétrica
UNEMAT	Universidade do Estado de Mato Grosso
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1. REFLEXÕES TEÓRICAS.....	19
1.1. Modelagem Matemática	19
1.2. Paleontologia.....	22
1.3. O ensino de Paleontologia nas escolas brasileiras	26
1.4. Elaborando Modelos utilizando o Método dos Mínimos Quadrados	37
1.5. A BNCC e o presente trabalho.....	50
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS E ANÁLISE	53
2.1. Metodologia de Pesquisa.....	53
2.2. Construção das réplicas da tíbia de <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> e impressão em 3D	55
2.3. Área de estudo	57
2.4. Produto Educacional.....	58
2.4.1. – Parte I – Os registros do passado do estado de Mato Grosso	58
2.4.1.1. – Fósseis, primeiros humanos e museus mato-grossenses	58
2.4.1.2. – <i>Pycnonemosaurus nevesi</i>	73
2.4.2. – Parte II - Proposta de atividade: Como <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> se tornou o novo rei 75	
2.5. Aplicação do Produto Educacional.....	80
2.6. Análise dos resultados.....	83
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICES	93
Apêndice A – Produto Educacional	93
Apêndice B – TCLE Responsável Legal.....	155
Apêndice C – TALE estudantes	156
Apêndice D – Questionário de avaliação da atividade	157
Anexo A – Parecer consubstanciado do CEP.....	161

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa da qual trata esta dissertação foi desenvolvida a partir de uma abordagem do método matemático de resolução de um problema trazido da Paleontologia para ensinar conteúdos de Matemática aos alunos do Ensino Médio. O problema abordado utiliza a Modelagem Matemática para desenvolver um método de cálculo da estimativa de tamanho de um dinossauro a partir do comprimento de uma parte de seu corpo fossilizado. O dinossauro utilizado nesta abordagem foi *Pycnonemosaurus nevesi* Kellner & Campos 2002, cujos fósseis foram descobertos em Mato Grosso, com o objetivo de divulgar as pesquisas na área de Paleontologia desenvolvidas com materiais retirados do estado, juntamente com outros registros fósseis mato-grossenses detalhados nesta dissertação.

Antes de prosseguir, reservo este espaço para introdução de quem é o professor/pesquisador que vos escreve.

Chamo-me Patrick, nascido em Sinop-MT, filho de um pedreiro e de uma mãe que trabalhou em diversas áreas ao longo da vida. Cursei todo o Ensino Básico em escola pública e concluí o Ensino Médio em 2008, mas só consegui ingressar na Universidade em 2010, e saí dela com o diploma em 2016. Sou licenciado em Ciências Naturais e Matemática – Habilitação em Matemática, também por uma universidade pública, a maior de Mato Grosso, a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Sinop. Desde 2017 atuo como professor da educação básica na rede pública do estado de Mato Grosso, além de alguns períodos em redes públicas municipais de vários municípios da região e de uma experiência de dois anos lecionando na UFMT – Campus de Sinop.

O interesse em Paleontologia vem desde muito cedo, quando as únicas formas de divulgação sobre esse tema das quais eu tinha acesso eram a TV e os poucos livros que falavam sobre o assunto. Com o lançamento do filme “Jurassic Park” tive a certeza de que esse tema me fascinava, mas acreditava que isso só estava acessível em outros países e não existiam registros desses seres fantásticos no Brasil, muito menos no interior do Mato Grosso. Diante da impossibilidade de seguir estudando tais assuntos, rumei para um curso de graduação que fosse o mais perto da área de estudo de meu interesse. Assim, iniciei em 2010, na UFMT – Campus de Sinop, o curso de Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática – Habilitação em Física, logo mudando para a Habilitação em Matemática.

Os primeiros anos da graduação foram turbulentos do ponto de vista pessoal e não tão aproveitados quanto poderiam. Durante os anos finais, contudo, entrei em contato com os

crescentes canais de divulgação científica em diversas redes sociais na internet, principalmente no YouTube. Em 2014 estavam em crescimento diversos canais de pessoas que falavam sobre seus respectivos trabalhos em áreas da Ciência, incluindo a Paleontologia. O primeiro que tomei conhecimento foi o Canal do Pirulla¹, do paleontólogo Paulo Miranda Nascimento. Foi assistindo aos vídeos desse canal que conheci outros canais, dentre eles o Colecionadores de Ossos², dos paleontólogos Dra. Aline Ghilardi e Dr. Tito Aureliano.

Assistindo aos vídeos do canal Colecionadores de Ossos, meu interesse em Paleontologia foi renovado e multiplicado a ponto de me tornar apoiador do canal e conversar diretamente com os pesquisadores por trás do mesmo. Logo comecei a auxiliar nos vídeos do canal e a participar mais da comunidade de apoiadores. Durante a pandemia de Covid-19, foram realizadas no canal várias *lives* sobre diversos temas de Paleontologia e comecei a participar ativamente da organização desses eventos, inclusive como moderador do canal no YouTube. Quando consegui ingressar no mestrado, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática (PPGECM), decidimos desenvolver um trabalho em conjunto, unindo Paleontologia e Matemática, o que resultou nesta dissertação, sob orientação do professor Dr. Felício Guilardi Junior e coorientação da Dra. Aline Ghilardi. Infelizmente, o professor Felício veio a falecer durante esse percurso, em junho de 2023, cabendo assim a orientação na fase de finalização da pesquisa ao Professor Dr. Ebersson Paulo Trevisan, coordenador do programa.

Em paralelo, enquanto professor percebi que o ensino de Matemática que se refletia em minha prática em sala de aula abordava conteúdos que pareciam aos alunos não ter nenhuma utilidade prática. Em oposição a isso, vários cientistas mostravam diariamente em seus canais de divulgação como utilizavam matemática para resolver problemas em suas áreas de atuação, inclusive na Paleontologia. Dessa forma, tomei como objetivo mostrar aos alunos como as áreas das Ciências estão intimamente ligadas a conteúdos ensinados na escola e vi no mestrado uma oportunidade de organizar e aplicar um trabalho que utiliza Matemática para resolver um problema de outra área de estudo.

Nesse mesmo período, percebi como o estado de Mato Grosso é rico em fósseis, ao mesmo tempo, que isso é pouco divulgado entre os próprios mato-grossenses. Em 2017, os paleontólogos Orlando Grillo e Rafael Delcourt publicaram um artigo em que reviam os

¹ <https://www.youtube.com/@Pirulla25>

² <https://www.youtube.com/@Colecionadoresdeossos>

comprimentos de dinossauros da família dos abelissauros e chegavam à conclusão que *Pycnonemosaurus nevesi*, um dinossauro descoberto em terras mato-grossenses, era o maior exemplar desse grupo. Assim, decidi aproveitar a metodologia matemática utilizada no artigo para propor uma abordagem para esse tema no ensino básico e, além disso, divulgar as riquezas paleontológicas de Mato Grosso.

Durante a realização das atividades do PPGECEM, alguns problemas pessoais, problemas de cunho psicológico e alguns trágicos acontecimentos dificultaram o processo e atrasaram o desenvolvimento e aplicação das ideias iniciais. O pior de todos foi o falecimento do professor Felício. Apesar de tudo, em memória do professor Felício, e sob a orientação do professor Dr. Ebersson Paulo Trevisan, busquei motivação para dar andamento à pesquisa.

Assim, no desenvolvimento do trabalho buscamos responder ao seguinte problema de pesquisa: “*Qual a potencialidade do uso do conhecimento paleontológico sobre o estado de Mato Grosso para o ensino de Matemática?*”

Nas pesquisas iniciais realizadas sobre o tema, busquei descobrir como a Paleontologia é apresentada no ensino básico brasileiro e se existem trabalhos sobre esse tema para o ensino de Matemática. Essa pesquisa levou à publicação do artigo “A Paleontologia na educação básica brasileira: uma revisão”, na revista *Terrae Didactica*, cujas conclusões principais foram que esse tema tem pouca ou nenhuma atenção nos documentos oficiais de educação, nem mesmo nas disciplinas de Ciências/Biologia, além de estar desatualizado em livros didáticos e, dos trabalhos encontrados, nenhum apresentava atividades realizadas na aula de Matemática. O artigo é apresentado na íntegra na seção 2.3 desta dissertação.

A metodologia de ensino utilizada para o desenvolvimento da atividade apresentada nesta dissertação foi a Modelagem Matemática, adaptada ao ensino de Matemática, de uma maneira intermediária entre o ensino tradicional e a Modelagem, visto que a mudança brusca e repentina na dinâmica de sala de aula pode confundir e desmotivar alunos e professor. Assim, utilizou-se os processos de adaptação descritos por Bienbengut (2018) e Barbosa (2004).

Para responder ao problema de pesquisa, o seguinte objetivo geral foi definido: “Investigar a potencialidade de um material didático para o ensino de Matemática e divulgação científica utilizando como base os registros paleontológicos do estado de Mato Grosso e as investigações sobre o comprimento corporal do dinossauro mato-grossense *Pycnonemosaurus nevesi*.”

Junto ao objetivo geral, elencamos como objetivos específicos nesta pesquisa:

- Descrever um procedimento utilizado para a determinação do comprimento corporal de dinossauros como, por exemplo, *Pycnonemosaurus nevesi*;
- Desenvolver material didático que associe o procedimento para determinação do comprimento corporal de dinossauros a tópicos de Matemática do Ensino Médio;
- Desenvolver material de divulgação científica sobre a Paleontologia de Mato Grosso, seus principais sítios paleontológicos e os principais fósseis encontrados;
- Avaliar o material didático e suas potencialidades no processo de ensino de Matemática.

Por ser um mestrado profissional, existe a obrigatoriedade do desenvolvimento de um Produto Técnico Tecnológico (PTT) que nesta dissertação será chamado de Produto Educacional. Diante dos objetivos específicos citados, o Produto Educacional desenvolvido conterá o material de divulgação científica sobre a Paleontologia de Mato Grosso, os sítios paleontológicos, os fósseis encontrados e o material didático com a atividade de determinação do comprimento corporal de *Pycnonemosaurus nevesi* por duas abordagens destinadas à estudantes do 2º ano do Ensino Médio: uma abordagem utilizando o conteúdo de Matrizes e outra utilizando elementos de Estatística.

Esta dissertação está estruturada em capítulos e seções. No capítulo 2 serão abordadas algumas ponderações teóricas que enriquecem o tema da pesquisa. Na seção 2.1 é apresentada a metodologia Modelagem Matemática e como ela será utilizada no Produto Educacional. A seção 2.2 apresentará um breve contexto da Paleontologia elencando contexto histórico e desenvolvimento de pesquisas nessa área no Brasil e em Mato Grosso. Na seção 2.3, está descrito o procedimento utilizado por Grillo & Delcourt (2017) para a obtenção do comprimento do dinossauro *Pycnonemosaurus nevesi* utilizando da abordagem matricial e dos elementos de Estatística. Por fim, a seção 2.4 acrescenta o suporte teórico da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ao desenvolvimento das atividades apresentadas nesta dissertação.

No capítulo 3 são descritos os procedimentos metodológicos e a análise dos resultados coletados durante a aplicação do Produto Educacional. A seção 3.1 destaca a área de estudo em que o trabalho foi aplicado. A seção 3.2 relata os procedimentos de coleta e análise de dados utilizados no desenvolvimento da pesquisa. Já a seção 3.3 relata como foram desenvolvidos alguns materiais que compõem o Produto Educacional. A seção 3.4 descreve o Produto Educacional. A seção 3.4.1 apresenta a primeira parte do Produto Educacional, elencando os principais locais no estado de Mato Grosso onde são encontrados fósseis, e quais tipos de fósseis foram encontrados. Esta seção apresenta um mapa do estado construído para resumir as informações apresentadas no texto. A seção 3.4.2 busca descrever a atividade construída

utilizando os procedimentos relatados na seção 2.3. Nas seções 3.5 e 3.6 estão relatadas a aplicação da atividade sugerida no Produto Educacional e a análise dos resultados.

Por fim, o capítulo 4 apresenta as considerações finais da pesquisa. A seguir são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas, os apêndices e o anexo. O apêndice A apresenta o Produto Educacional finalizado e vinculado a esta dissertação. O apêndice B detalha o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentado aos responsáveis dos alunos onde foi aplicado o Produto educacional. Enquanto o apêndice C apresenta o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) que foi entregue e assinado pelos estudantes antes do desenvolvimento da atividade e o apêndice D apresenta o Questionário de Avaliação da Atividade, apresentado aos alunos ao final do processo de aplicação. O anexo A fornece o Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP).

Esta dissertação e o Produto Educacional ficarão disponíveis para consulta e replicação na página do PPGECEM.

1. REFLEXÕES TEÓRICAS

Neste capítulo serão apresentadas reflexões teóricas que serão utilizadas como base para o desenvolvimento do trabalho. A primeira seção aborda a Modelagem Matemática, metodologia que será utilizada para o desenvolvimento do Produto Educacional. A segunda seção versa sobre a Paleontologia e seu desenvolvimento no Brasil e no estado de Mato Grosso. A terceira seção dispõe sobre o método utilizado no trabalho de Grillo & Delcourt (2017) que é utilizado como base para o desenvolvimento da atividade proposta. A quarta e última seção deste capítulo apresenta como a atividade desenvolvida nesta dissertação se inclui no aporte teórico da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

1.1. Modelagem Matemática

Em 1976, no III Congresso Internacional de Educação Matemática, ocorrido na Alemanha, foi apresentada, dentre muitas outras, a metodologia Modelagem Matemática, principalmente ligada à Matemática Aplicada. No Brasil, essa metodologia ganhou popularidade a partir dos trabalhos de Aristides Camargos Barreto (BIEMBENGUT, 2009), Ubiratan D'Ambrosio e Rodney Carlos Bassanezi, ambos da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Em 1983 iniciaram-se vários cursos de especialização para professores

dos três níveis de ensino, com o objetivo de difundir a Modelagem Matemática como alternativa para o Ensino de Matemática. No final da década de 1980 ocorre a formação de professores em nível de mestrado para o desenvolvimento de diferentes concepções a respeito da Modelagem Matemática para os atuais Ensino Fundamental e Médio (BURAK, 2016). As concepções de três diferentes autores serão apresentadas a seguir, a de Dionísio Burak, a de Maria Salett Biembengut e a de Jonei Cerqueira Barbosa.

Para Burak (2008) a Modelagem Matemática é um conjunto de procedimentos para tentar explicar matematicamente fenômenos presentes no cotidiano, ajudando o ser humano a fazer previsões e a tomar decisões. O autor destaca também dois princípios básicos em sua definição: o interesse do grupo e a obtenção de informações e dados do ambiente em que se encontra o interesse do grupo. Além disso, Burak (2008) descreve a Modelagem em cinco etapas: 1) escolha do tema; 2) pesquisa exploratória; 3) levantamento dos problemas; 4) resolução dos problemas e o desenvolvimento do conteúdo matemático; e 5) análise crítica das soluções (BURAK, 2008).

Durante a primeira etapa, segundo o autor, o professor apresenta alguns temas que possam ser interessantes ou os próprios alunos escolhem um tema sem se preocupar com alguma ligação imediata com a Matemática. Escolhido o tema, na segunda etapa os alunos buscam por materiais teóricos ou por coleta de dados em campo sobre o que querem pesquisar, para que, durante a terceira etapa, possam levantar problemas que possam ter relação com algum conteúdo matemático que possam ser aplicados ou aprendidos durante o processo. Na próxima etapa, os conteúdos matemáticos selecionados são desenvolvidos e sistematizados para responderem às necessidades surgidas durante a pesquisa. Na última etapa, os resultados são analisados criticamente, não apenas em relação à Matemática, mas também a viabilidade para a situação em estudo e a outros aspectos (BURAK, 2008).

Já Biembengut (2014) define Modelagem Matemática como sendo o processo de elaboração de um modelo em qualquer área do conhecimento. Modelo, por sua vez, segundo a autora, é um conjunto de símbolos que interagem entre si representando alguma coisa. Segundo a autora, para ser usado na Educação, a Modelagem Matemática requer uma adaptação: o objetivo principal da Modelagem na Educação, batizada pela autora de Modelação, é ensinar ao estudante os conteúdos do programa curricular da disciplina (e não curricular), a partir de um tema/assunto e, ao mesmo tempo, sob a forma de projeto, orientá-lo à pesquisa nos limites do processo educacional e na estrutura escolar (BIEMBENGUT, 2014).

O processo definido por Biembengut (2014) é composto por três etapas: percepção e apreensão, compreensão e explicitação, e significação e expressão. Na primeira etapa, segundo a autora, o professor apresenta o tema a ser modelado e propõe questões adequadas ao desenvolvimento do conteúdo curricular e solicita pesquisas, se necessário. A segunda etapa é onde o professor expressa os dados e apresenta ou instiga algumas hipóteses, além de formular os dados para apresentar o conteúdo curricular para resolver o problema e apresentar também alguns exemplos similares. Na terceira etapa formula-se o modelo, resolve-se a situação com o auxílio do modelo e solicita-se aos estudantes que avaliem o quão válido é o modelo para a resolução da situação-problema.

Por sua vez, Barbosa (2004) define Modelagem Matemática como um ambiente de aprendizagem que convida os alunos a problematizar e investigar situações reais por meio da Matemática. Ela pode ser caracterizada conforme o contexto em que é realizada, a natureza da atividade e os domínios que a envolve. O autor defende que trabalhos de Modelagem Matemática podem ser uma forma de educar matematicamente os estudantes para exercer a cidadania, já que o ambiente de Modelagem é associado à problematização e à investigação. Nesse ambiente existe a possibilidade de aquisição de novos conhecimentos ou de aplicação de conhecimentos já construídos em situações reais (LOPES, 2016).

Em Barbosa (2004) encontra-se ainda a definição do que o autor chama de “casos” de Modelagem, enumerados de 1 a 3. No caso 1, o professor apresenta um problema com dados qualitativos e quantitativos, cabendo aos alunos a investigação, em que eles não precisam sair da sala de aula para coletar novos dados e a atividade não é muito extensa. Já no caso 2, os estudantes recebem o problema para investigar, mas devem sair da sala de aula para coletar dados, enquanto o professor apenas formula o problema inicial. No caso 3, são desenvolvidos projetos a partir de temas “não-matemáticos”, escolhidos pelo professor ou pelos próprios estudantes. Nesse caso, a formulação do problema também compete aos estudantes.

Observa-se que o ensino a partir da Modelagem Matemática nas diferentes vertentes apresentadas difere da estrutura tradicional de ensino, focada no professor como ator principal e tendo os alunos como coadjuvantes e receptores de informação. Contudo, existem diversos entraves que podem dificultar o desenvolvimento de projetos e atividades utilizando a Modelagem. Lopes (2016) faz um panorama sobre as principais dificuldades, dentre elas destaca a falta de preparação dos profissionais, o receio do desconhecido, a estrutura administrativa da escola que não incentiva e às vezes não apoia o professor que pretende desenvolver um trabalho diferenciado e a necessidade de cumprir o programa previsto, entre

outros. A mudança de paradigma durante as aulas pode ser um desafio para o professor e, muitas vezes, confundir os alunos em um primeiro momento.

Para lidar com essas dificuldades, Bienbengut (2018) apresenta algumas orientações ao professor: 1) conhecer modelos clássicos a respeito da história da ciência, adaptando-os para a sala de aula; 2) apresentar cada um dos conteúdos do programa a partir de modelos matemáticos ou de outras áreas do conhecimento; 3) aplicar projetos realizados por outros colegas, por tempo curto, com uma única turma; 4) propor aos alunos que busquem exemplos ou tentem criar seus próprios modelos, a partir de situações da realidade. A transição entre as aulas tradicionais e a aplicação de um projeto de Modelagem Matemática pode ser um processo com menor impacto para professores e alunos se for efetuada progressivamente.

Assim, as atividades apresentadas nesta dissertação se somam a diversos outros projetos que não aderem a todas as minúcias do processo de Modelagem Matemática, representando um projeto de transição, com foco reduzido no professor. A presente dissertação, no que tange ao uso da Modelagem Matemática no ensino, buscará seguir os preceitos de Barbosa (2004), se adequando ao caso 1, no qual o professor define o problema, apresenta os dados, e aos estudantes cabe a solução da situação apresentada, sem a necessidade de realizar pesquisas fora de sala de aula.

O tema proposto na atividade, a Paleontologia, apesar de não fazer parte do cotidiano imediato dos estudantes, trata-se de um assunto de grande valor científico e cultural, presente na região em que se encontra a área de estudo, assim na próxima seção serão abordados alguns elementos sobre a Paleontologia e seu desenvolvimento no Brasil e no estado de Mato Grosso.

1.2. Paleontologia

A palavra Paleontologia origina-se da combinação de três palavras gregas: *palaio*, *ontos* e *logos*. Juntas, essas palavras significam o “estudo dos seres antigos”, ramo da ciência que tem por objeto de estudo os fósseis. Fósseis, por sua vez, são os registros da vida no planeta Terra, preservados em rochas e outros substratos (CARVALHO, 2010). Os primeiros trabalhos de Paleontologia focavam exclusivamente na descrição de fósseis e das espécies representadas por eles, contudo, com o desenvolvimento desta área de pesquisa, o uso de novas técnicas e, a utilização de ferramentas de outras áreas do conhecimento, tornou-se possível também descobrir mais detalhes sobre como viviam os organismos antigos (SAYÃO; BANTIM, 2015).

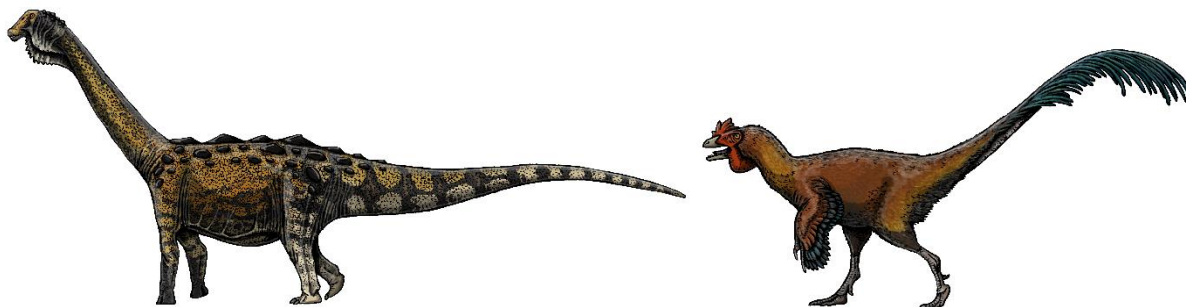
Os estudos em Paleontologia sempre se direcionam para algumas áreas específicas, como: a Paleobotânica (estudo das plantas fósseis), a Paleontologia de Invertebrados (estudo dos fósseis de organismos invertebrados), a Paleontologia de Vertebrados (estudo dos fósseis dos organismos vertebrados), ou a Paleoicnologia (estudo dos icnofósseis, fósseis resultantes das atividades dos organismos preservadas em substratos). Dentro de cada ramo, os estudos podem se direcionar ainda para outras áreas mais específicas, como: a Paleoecologia (estudo das relações entre os organismos e entre estes e o meio), a Tafonomia (estudo das condições que propiciaram a fossilização) ou a Sistemática (estudo da classificação dos organismos) (CARVALHO, 2010).

No século XIX a Paleontologia consolidou-se como ciência no mundo e registros de fósseis brasileiros aparecem pela primeira vez em publicações de 1817. O Museu Nacional, criado por D. João VI em 1818, foi a primeira instituição brasileira responsável por armazenar os registros fósseis do país. Mais tarde, em 1875, a Comissão Geológica do Império foi criada, com o objetivo de desenvolver pesquisas geológicas no país. Em 1907 foi criado o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, que exerceu papel importante no desenvolvimento das ciências geológicas do país até 1950. Após a Segunda Guerra Mundial, estimulou-se a criação de cursos de Geologia em diversas capitais do Brasil, possibilitando o aumento de profissionais, alguns que atuaram diretamente com Paleontologia. Outro importante centro de desenvolvimento de estudos em diversas áreas de Geologia, incluindo a Paleontologia foi a Petrobrás, criada em 1953 (CARVALHO, 2010).

No cenário atual da Paleontologia mundial, o Brasil ocupa posição de destaque, e descobertas recentes só têm reforçado a importância dos fósseis e pesquisadores brasileiros. O país apresenta diversos sítios fossilíferos, alguns com preservação excepcional, como os das formações Romualdo e Crato do Grupo Santana, Bacia do Araripe, nordeste brasileiro. Além disso, pesquisadores brasileiros têm utilizado novas técnicas, como, a tomografia computadorizada de alta resolução e a microscopia eletrônica, para realizar análises mais detalhadas dos fósseis e, assim, feito novas descobertas importantes e de relevância internacional. Alguns exemplos notáveis, representados na Figura 1 e na Figura 2, são a descoberta de preservação de tecido mole (vasos sanguíneos e fibras musculares) em um fóssil de dinossauro, chamado *Santanaraptor placidus* (SAYÃO; BANTIM, 2015); a descrição dos primeiros parasitas sanguíneos no interior dos ossos de um dinossauro saurópode (AURELIANO, *et al.*, 2021); e um esqueleto quase completo de dinossauro carnívoro, batizado

de *Spectrovenator ragei*, preservados sob os ossos de um dinossauro herbívoro de grande porte, o *Tapuiasaurus macedoi* (ZAHER, *et al.*, 2020).

Figura 1 – Da esquerda para a direita: Representações de *Tapuiasaurus macedoi* e *Santanaraptor placidus*, sem escala.



Fonte: Artes de Felipe Elias

Figura 2 - Representação de *Spectrovenator ragei*



Fonte: Arte de Márcio L. Castro

Paleontólogos brasileiros têm se destacado ainda pelo combate a práticas consideradas danosas na produção de conhecimento científico, principalmente relacionadas ao colonialismo. Segundo Cisneros, *et al.* (2022) práticas colonialistas na Ciência acontecem quando países de média ou baixa renda fornecem dados a países de renda alta e as contribuições e expertise locais são desvalorizadas. O estudo fornece informações sobre vários fósseis brasileiros e mexicanos cujo acesso a profissionais locais é prejudicado devido aos materiais estarem em museus fora do país de origem ou em coleções particulares. Práticas colonialistas, além de prejudicar o acesso a pesquisadores locais ao conhecimento de seu próprio país, também impedem que a comunidade do local onde os fósseis foram encontrados possa obter as vantagens que o material poderia gerar, sejam elas educacionais, culturais e/ou econômicas.

Em Mato Grosso, ainda no século XIX foram produzidos os primeiros trabalhos científicos que relatavam fósseis encontrados no estado, elaborados por naturalistas americanos que se aventuravam pelo Brasil Central, a exemplo de Herbert Smith. Os achados dessas

primeiras expedições foram enviados ao, na época, Museu Imperial e posteriormente catalogados e descritos por diversos pesquisadores. Os primeiros fósseis foram encontrados na região de Chapada dos Guimarães, em rochas datadas com mais de 400 milhões de anos, e na região conhecida como Morro do Cambambe, com registros do período Cretáceo (KUHN, *et al.*, 2022). Kuhn e colaboradores ainda afirmam que:

Com a criação do curso de Geologia na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em 1975, a Paleontologia do estado tomou um novo rumo. A atuação da Profa. Dra. Raquel Quadros imprimiu um caráter mais detalhado e regional às pesquisas paleontológicas. Quadros (1981, 1987) trabalhou, arduamente, para consolidar a Paleontologia no estado e na UFMT, deixando uma coleção científica de fósseis de braquiópodes única. (KUHN, *et al.*, 2022, p. 71).

Mato Grosso apresenta um rico patrimônio fossilífero, no entanto, esses registros ainda não são amplamente conhecidos, nem pela comunidade científica e nem pela população em geral (HIROOKA, *et al.*, 2020). No estado já foram encontrados fósseis de diversos grupos de seres vivos, principalmente megamamíferos do Pleistoceno, mas também dinossauros, como titanossauros e abelissaurídeos, incluindo *Pycnonemosaurus nevesi*, parte do tema desta pesquisa, além de diversos invertebrados, pegadas, microfósseis, entre outros (e.g., CARTELLE, HIROOKA, 2005; FARIA, CAVALCANTE, CANDEIRO, 2012; SALES, *et al.*, 2018; GIL, *et al.*, 2020; HIROOKA, *et al.*, 2020). O estado apresenta também um rico patrimônio arqueológico, sendo notável o registro da convivência humana com a megafauna em sítios arqueológicos de 27 mil anos, os mais antigos do estado (HIROOKA, *et al.*, 2020).

Pesquisadores de Mato Grosso têm investido na valorização e divulgação do patrimônio geológico, paleontológico e cultural do estado. O Museu de História Natural de Mato Grosso em Cuiabá promove diversas ações de divulgação e valorização histórica e cultural da região, além de realizar ações educacionais e itinerantes em diversos municípios do estado. Recentemente a Assembleia Legislativa de Mato Grosso (ALMT) retomou um projeto iniciado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) no ano de 2011 de criação do Geoparque Chapada dos Guimarães e posterior candidatura da região ao título de Geoparque Mundial da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) (KUHN, SANTOS, 2021). Contudo, apesar dos esforços, a Paleontologia do Mato Grosso ainda é pouco tratada nos contextos escolares, principalmente das cidades do interior do estado.

Apesar de ser de importância científica e cultural, os estudos de Paleontologia no Brasil ainda são pouco utilizados no ensino nas escolas públicas do país. A próxima seção aborda um dos resultados desta pesquisa, publicado como artigo, sobre a inclusão do estudo dos fósseis na educação básica do Brasil.

1.3. O ensino de Paleontologia nas escolas brasileiras

Sobre a apresentação de temas relacionados à Paleontologia em contextos escolares do Ensino Básico, as pesquisas realizadas durante o desenvolvimento da presente dissertação levaram à publicação de um artigo sobre a inserção do tema Paleontologia no contexto nacional da Educação Básica (GODOI, *et al.*, 2023). Dentre as conclusões do artigo destacam-se o espaço reduzido de conteúdos sobre Paleontologia nos documentos oficiais de educação, o fato de que a maioria das fontes consultadas apresenta sugestões de atividades práticas ou ferramentas didáticas voltadas principalmente para a disciplina de Ciências/Biologia, e a predominância de atividades voltadas ao Ensino Fundamental II e Ensino Médio, sendo raras as atividades voltadas para outras etapas. Outro ponto destacado foi o baixo número de pesquisas sobre o tema que, além disso, vem diminuindo a partir de 2019, provavelmente por conta da pandemia de Covid-19, apesar de não poder se descartar outros fatores como redução no investimento em Ciências no país. O artigo foi publicado na edição 18 do ano de 2022 da revista *Terrae didática* e é apresentado na íntegra a seguir.



A Paleontologia na Educação Básica brasileira: uma revisão

PALEONTOLOGY IN BRAZILIAN BASIC EDUCATION: A REVIEW

PATRICK GODOI¹, FELÍCIO GUILARDI JÚNIOR², ALINE MARCELE GHILARDI³, ELIZABETH QUIRINO DE AZEVEDO⁴, ROSELI ADRIANA BLÜMKE FEISTEL⁵

1 - MESTRANDO, ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO (UFMT), CUIABÁ, MT, BRASIL.

2 - DOCENTE ASSISTENTE, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO (UFMT), SINOP, MT, BRASIL.

3 - DOCENTE ADJUNTA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN), NATAL, RN, BRASIL.

4 - DOCENTE ADJUNTA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO (UFMT), SINOP, MT, BRASIL.

5 - DOCENTE ASSOCIADA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO (UFMT), CUIABÁ, MT, BRASIL.

E-MAIL: GODOI_PATRICK@HOTMAIL.COM, FIF02801@GMAIL.COM, ALINE.GHILARDI@UFRN.BR, EQAZEVEDO@GMAIL.COM, ROSELI.FEISTEL@UFMT.BR.

Abstract: Paleontology has gained prominence on the national and international scene in recent decades. In this scenario, Brazil has become an important center for research in this area and has contributed significantly to our knowledge of the past. However, content on Paleontology is usually not properly presented and worked on in Brazilian classrooms. Thus, this work sought to analyze research published in the last sixteen years on the inclusion of Paleontology in basic education in Brazil, in addition to verifying how researchers suggest the inclusion of the theme in the school curriculum. Twenty works were analyzed ranging from suggestions of didactic activities on Palaeontology in classrooms of different levels of basic education to the analysis of textbooks and official documents of education. Most of the works included suggestions for teaching activities on Paleontology and were designed mainly for Science and Biology classes, leaving aside the potential for application in other disciplines.

Citation/Citação: Godoi, P., Guilardi Júnior, F., Ghilardi, A. M., Azevedo, E. Q. de, & Feistel, R. A. B. (2022). A Paleontologia na Educação Básica brasileira: uma revisão. *Terraê Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-10, e022023. doi: 10.20396/td.v18i00.8668750.

Keywords: Education, Pedagogical practices, School curriculum, Science teaching, Fossils.

Resumo: A Paleontologia tem obtido destaque no cenário nacional e internacional nas últimas décadas. O Brasil tornou-se polo importante de pesquisas na área e tem contribuído significativamente para o conhecimento acerca de nosso passado. Entretanto, conteúdos sobre Paleontologia geralmente não são incluídos e trabalhados nas salas de aula brasileira da Educação Básica, por não constarem nos documentos oficiais regulatórios. Este trabalho buscou analisar trabalhos publicados nos últimos dezesseis anos sobre a inclusão da Paleontologia no Ensino Básico do Brasil, além de verificar de que forma os pesquisadores sugerem a inclusão do tema no currículo escolar. Foram analisados vinte trabalhos os quais incluem desde sugestões de atividades didáticas sobre Paleontologia em salas de aula de diferentes níveis do Ensino Básico até a análise de livros didáticos e documentos oficiais de educação. Encontrou-se que a maioria dos trabalhos incluem sugestões de atividades de ensino sobre Paleontologia e que essas foram pensadas, principalmente, para as aulas de Ciências e Biologia, deixando de lado a potencialidade de aplicação em outras disciplinas.

Palavras-chave: Educação, Práticas pedagógicas, Currículo escolar, Ensino de Ciências, Fósseis.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 25/03/2022

Revised/Corrigido: 19/04/2022

Accepted/Aceito: 01/09/2022



Introdução

A Paleontologia é o ramo da Ciência que se dedica a estudar os registros dos seres vivos que habitaram o planeta Terra ao longo da sua história geológica. Por intermédio dos fósseis, paleontólogos buscam entender como foram os organismos pretéritos e como estes interagiam entre si e com o meio ambiente. Em seus primórdios, a Paleontologia consistia em, principalmente, descrever, identificar e classificar os fósseis encontrados, mas, nos últimos anos, novas técnicas de análise, como a microtomografia, a análise de isótopos estáveis ou a Paleohistologia (e.g., Maldanis et al., 2016, Pansani et al., 2019, Aureliano et al., 2021), têm surgido e sido utilizadas para revelar cada vez mais detalhes sobre a Biologia e Ecologia dos seres extintos (Sayão & Bantim, 2015).

As pesquisas em Paleontologia no Brasil vêm se destacando muito ao longo das últimas décadas. Inúmeros trabalhos têm sido publicados em revistas internacionais de alto impacto (i.e., periódicos científicos com elevado índice de citações na sua área), além de vários estudos terem se tornado destaques em mídias populares nacionais e internacionais, como o primeiro coração fossilizado (Maldanis et al., 2016, Greshko, 2016); os mais antigos registros de parasitismo por vermes da família das tênias (Dentzien-dias et al., 2013, Black, 2013); os primeiros parasitas sanguíneos preservados em um osso de um dinossauro (Aureliano et al., 2021, Langlois, 2020); e a descrição de diversos fósseis importantes para a compreensão da evolução de diferentes grupos de organismos (e.g., Zaher et al., 2011, Pinheiro et al., 2016, Pacheco et al., 2019, Zaher et al., 2020).

Porém, na Educação Básica brasileira, a Paleontologia parece não ter muito espaço, embora tenha um importante papel social na preservação do meio ambiente e das riquezas naturais do país (Mendes et al., 2015) e no estímulo dos estudantes para o aprendizado de Ciências. Soares (2015), por exemplo, destaca que, por ser uma ciência interdisciplinar, a Paleontologia tem um caráter facilitador no entendimento do processo de investigação científica e construção de uma visão integrada da Ciência. Oliva (2018), por sua vez, reforça que a Paleontologia tem grande potencial em despertar o interesse dos estudantes, um aspecto analisado também por Matos et al. (2019) e Cruz et al. (2019). Cruz et al. (2019) destacam especialmente o fato de os fósseis serem frequentemente motivo de interesse social, aparecendo na mídia jornalística e no cinema e integrarem exposições museológicas. Finalmente, Bergqvist & Prestes (2014) e Novais et al. (2015) enfatizam que a Paleontologia pode contribuir no entendimento dos processos naturais, possibilitando aos alunos novas perspectivas quanto à preservação do meio ambiente e das mudanças climáticas, além de educar para a preservação de bens científicos e culturais (i.e., fósseis são considerados bens culturais pela Constituição Federal de 1988, artigo 216).

Em relação à presença da Paleontologia nos documentos oficiais de educação do Brasil, recentemente, Silva et al. (2021) realizaram uma revisão sobre o tema. Os autores apontam que, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a Paleontologia é classicamente recomendada como tema em Ciências para o Ensino Básico (Brasil, 1997). Já na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), a palavra Paleontologia não aparece, e o termo “fósseis” só é citado em três momentos: (i) na Unidade Temática “Terra e Universo”, do 6º ano; (ii) na competência específica 2, sugerindo a mobilização de conceitos como “evolução biológica” e “registro fóssil”; e (iii) ao trazer discussões sobre a queima de combustíveis fósseis e sua relação com o efeito estufa. Assim como nos PCN, a maior ênfase à Paleontologia está no 6º ano, porém há supressão de assuntos relacionados na BNCC, em especial no Ensino Médio.

Apesar da presença reduzida do tema no currículo escolar do Ensino Básico brasileiro, há um esforço por parte de alguns professores e profissionais da área da Paleontologia para tentar incluir

mais amplamente elementos de Paleontologia na Educação Básica. O esforço realizado por Soares (2015) ou trabalhos de investigação mais técnicos como o de Silva et al. (2015) são exemplos disso.

O presente trabalho teve por objetivo realizar um levantamento dos estudos publicados sobre Paleontologia no Ensino Básico brasileiro, entre janeiro de 2005 e dezembro de 2021. O objetivo foi o de fornecer um recorte histórico mais recente sobre o tema. Além do levantamento dos trabalhos, procurou-se analisar criticamente a contribuição realizada pelos trabalhos publicados durante o período e discutir possíveis direcionamentos futuros sobre o tema.

Material e métodos

Para o levantamento de dados para a pesquisa, foram realizadas buscas em três bases de dados de trabalhos acadêmicos: o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Plataforma *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e o Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: Paleontologia, Ensino e Ensino de Ciências. A busca foi restrita ao período de janeiro de 2005 a dezembro de 2021. Foram considerados: artigos em periódicos indexados, monografias, dissertações, teses, livros, capítulos de livro, trabalhos completos, resumos expandidos e resumos publicados em anais de eventos. Estes foram organizados em uma tabela incluindo o título do trabalho, os autores, ano de publicação, tipo de publicação e objetivo geral dos trabalhos analisados.

Resultados

A pesquisa no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES não retornou resultados que se aproximassem do assunto buscado na presente pesquisa. Já a busca pelas plataformas SciELO e Google Acadêmico retornou vinte trabalhos que abordavam o tema em questão e se enquadravam em nosso objetivo.

Dentre os trabalhos encontrados estão duas monografias, duas dissertações de mestrado, 13 artigos em periódicos indexados (tanto na área de educação, quanto na área de Paleontologia), além de dois trabalhos apresentados em eventos e um capítulo de livro. A Tabela 1 discrimina dados dos trabalhos levantados; cada um deles será brevemente comentado nos subtópicos seguintes.

Desenvolvimento de atividades práticas, palestras, oficinas e jogos nas escolas

A maioria dos trabalhos encontrados no levantamento constitui-se de relatos de experiências ou de análises da aplicação de atividades, palestras, oficinas ou outras ferramentas didáticas com o objetivo de ensinar conteúdos de Paleontologia em diferentes níveis do Ensino Básico. Mello et al. (2005), por exemplo, trabalharam com alunos da Educação Infantil. Os autores descrevem iniciativas de atuação junto a professores e estudantes de um colégio na cidade de São Paulo (SP), direcionado a alunos de quatro a seis anos, na etapa de alfabetização. Foram realizadas diversas atividades como minijardins paleobotânicos, salas de exposições, plantões tira-dúvidas e atividades voltadas aos professores. Os objetivos das atividades foram a popularização do conhecimento paleontológico, a aproximação entre Universidade e Escola, a formação continuada de professores e a assessoria para elaboração de atividades. Os autores concluem que o projeto alcançou resultados satisfatórios, porém atentam para possíveis dificuldades em relação ao financiamento do projeto, já que há um custo, mesmo que baixo, para a elaboração do material utilizado. Apesar disso, os autores ressaltam que essas dificuldades podem ser facilmente superadas com escolha de materiais de baixo custo e recomendam a experiência.

Sobral et al. (2007), por sua vez, utilizaram jogos como estratégia de ensino, para abordar temas de Paleontologia de forma atraente e lúdica, com estudantes do Ensino Fundamental. Os autores elaboraram um jogo de tabuleiro e um jogo da memória, que apresentavam conceitos básicos da Paleontologia, e utilizaram os mesmos em aulas da 6ª série do Ensino Fundamental de uma escola de São Cristóvão (SE). A aplicação das atividades se deu em dois momentos, um no qual a sala toda estudou conceitos básicos de Paleontologia, de forma expositiva, e outro em que os jogos foram utilizados com metade dos estudantes da turma. Posteriormente, todos os estudantes da turma responderam a um questionário avaliativo. Os autores concluem que os jogos foram relevantes para facilitar o aprendizado, assim como também foram importantes na criação de um ambiente positivo na formação de atitudes sociais, como cooperação, por exemplo.

O uso de jogos no ensino de Paleontologia aparece também no trabalho de Neves et al. (2008).

Os autores aplicaram jogos didáticos em escolas públicas de Ensino Fundamental do município de Botucatu (SP). O primeiro jogo, denominado “Brincando com fósseis”, foi apresentado a alunos de 3ª série do Ensino Fundamental e consistiu em uma caixa de madeira com fósseis de invertebrados enterrados na areia. Nela os alunos deveriam procurar os fósseis, simulando o trabalho de paleontólogos. A segunda atividade, denominada “Paleodetektive”, consistiu em um jogo de tabuleiro no qual os alunos deveriam responder perguntas. Este jogo foi aplicado para alunos da 8ª série do Ensino Fundamental. Os autores consideram que os jogos tiveram sucesso como recursos motivadores no ensino de Paleontologia.

O trabalho de Bergqvist & Prestes (2014), por sua vez, discute a criação e aplicação de um *kit* para ensino de Paleontologia no Ensino Fundamental. O material foi avaliado em uma prática realizada com alunos do 6º ano de uma escola estadual do Rio de Janeiro (RJ). O *kit* compreendeu réplicas de diversos fósseis brasileiros, acompanhados de uma cartilha explicativa contendo conceitos básicos de Paleontologia e informações sobre as réplicas de fósseis. Os autores propuseram duas atividades com os materiais fornecidos, uma que desafiava os alunos a descobrirem como era o ambiente onde os animais representados pelas réplicas viveram, e outra, na qual os alunos eram desafiados a descobrir a idade da bacia sedimentar onde os fósseis foram formados. Os autores concluíram que o uso de materiais interativos e metodologias ativas produz resultados motivadores no ensino de Paleontologia.

No trabalho de Heirich et al. (2015), os autores apresentam os resultados da aplicação de uma atividade desenvolvida com alunos de 7º e 8º anos do Ensino Fundamental e com alunos de 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio. A atividade foi desenvolvida no município de Tibagi (PR), o qual possui rico patrimônio geocientífico, incluindo a ocorrência de fósseis, que geralmente é explorado como turismo de aventura, apesar de mais recentemente ter atraído a atenção do turismo científico. A atividade transcorreu em três etapas: (i) a aplicação de um questionário inicial para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos quanto à Paleontologia e a presença de fósseis na região; (ii) exposição de registros fotográficos de fósseis encontrados no município e em outros lugares do país, além de uma palestra e uma mostra de painéis explicativos sobre conceitos básicos de Paleontologia; e (iii) a aplicação de um questionário final

Tabela 1. Títulos, ano de publicação, tipo de publicação e objetivo dos trabalhos analisados. Fonte: Elaborada pelos autores

Título	Ano	Tipo	Objetivo
A paleontologia na educação infantil: alfabetizando e construindo o conhecimento	2005	Artigo em periódico (Revista <i>Ciência & Educação</i>)	Utilizar a Paleontologia como ferramenta nas atividades iniciais da aprendizagem de alunos da educação infantil
Desenvolvimento de atividade lúdica para o auxílio do ensino e divulgação científica da paleontologia	2007	Artigo em periódico (<i>Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ</i>)	Abordar o tempo geológico e os processos que ocorreram ao longo da história geológica da Terra aos participantes do evento “Bio na Rua” realizado no Museu Nacional (RJ)
Jogos educativos para o ensino de Paleontologia na Educação Básica	2007	Artigo em livro (<i>Paleontologia: Cenários de vida</i>)	Desenvolver estratégias que permitam a aprendizagem dos conhecimentos paleontológicos de forma dinâmica e atraente, bem como de desenvolver inteligências múltiplas
Jogos como recurso didático para o ensino de conceitos paleontológicos básicos aos estudantes do ensino fundamental	2008	Artigo em periódico (<i>Terr@ Plural</i>)	Produção de materiais didáticos dinâmicos, em forma de jogos, com conteúdos de Paleontologia
Análise da abordagem do tema paleontologia nos livros didáticos de Biologia	2010	Artigo em periódico (<i>Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ</i>)	Análise da abordagem dos conteúdos de Paleontologia nos livros didáticos de Biologia, visando conhecer a realidade atual da veiculação do tema nos livros e apoiar a escolha de melhores livros didáticos de Biologia quanto à temática paleontológica.
Kit paleontológico: um material didático com abordagem investigativa	2014	Artigo em periódico (<i>Ciência & Educação</i>)	Apresentação de um kit paleontológico elaborado para servir como ferramenta ativa no ensino de Paleontologia no ensino fundamental.
Avaliação do conhecimento paleontológico com intervenção em escolas de ensino médio: um estudo de caso no estado do Tocantins	2015	Artigo em periódico (<i>Holos</i>)	Explorar a paleontologia enquanto componente curricular das ciências naturais em duas escolas públicas de Porto Nacional (TO)
Ensino de Paleontologia na educação de jovens e adultos na escola estadual professora Terezinha Carolino de Souza em Jaçana-RN	2015	Monografia	Destacar a importância da abordagem do tema Paleontologia na EJA em uma escola de Jaçana (RN)
Formação continuada de professores: possibilidades e desafios para o ensino de Paleontologia na educação básica	2015	Artigo em evento (X Enc. Nac. Pesquisa em Educação em Ciências, ENPEC)	Identificar os conhecimentos, percepções e práticas de um grupo de professores sobre o ensino de evolução biológica
O aprendizado da Paleontologia no Ensino Básico da cidade de Tibagi-PR	2015	Artigo em evento (Paleo PR/SC)	Analisar o conhecimento que alunos dos ensinos fundamental e médio da cidade de Tibagi (PR) tinham sobre Paleontologia e sua ocorrência na região
Uma experiência de inserção da Paleontologia no ensino fundamental em diferentes regiões do Brasil	2015	Artigo em periódico (<i>Terra Didática</i>)	Mapear as concepções sobre Paleontologia de alunos do ensino fundamental de escolas públicas de algumas regiões brasileiras
Paleontologia no Ensino Básico das escolas da rede estadual do Rio de Janeiro: uma avaliação crítica	2016	Artigo em periódico (<i>Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ</i>)	Análise do ensino de Paleontologia nas escolas de Educação Básica do estado do Rio de Janeiro
Avaliação do uso de oficinas para aprendizagem significativa no ensino de Ciências utilizando temas da paleontologia	2018	Monografia	Verificar se houve incorporação do conhecimento relativo ao conteúdo de invertebrados (Filo Mollusca) após aplicação de uma oficina de paleontologia
Corrida no Jurássico	2018	Artigo em periódico (Revista <i>Ciência Elementar</i>)	Construção, implementação e avaliação de atividades interdisciplinares em Ciências Naturais e Matemática, desenvolvidas em ambientes educacionais inovadores
Ensino de Paleontologia em espaços não formais	2018	Dissertação de Mestrado	Investigar o Ensino de Paleontologia na educação básica brasileira
Estratégia prática para o ensino de Paleontologia	2018	Artigo (Retratos de uma trajetória: Pibid/UCS – 2014-2018)	Descrever e refletir sobre uma estratégia de ensino de Paleontologia que utiliza atividades que exploram os conhecimentos de forma didática e atrativa para os alunos, através de uma oficina de réplica de fósseis
Implicações da neuroeducação para a educação científica a partir de uma oficina de Paleontologia no ensino fundamental	2019	Artigo em periódico (<i>Experiências em Ensino de Ciências</i>)	Investigar as contribuições da neuroeducação para a educação científica por meio de uma oficina de Paleontologia
Importância dada à Paleontologia e Geologia no ensino de Ciências Naturais e Biologia: o que mudou?	2019	Artigo em periódico (<i>Terra Didática</i>)	Analisar se houve mudança em relação à importância dada aos temas de paleontologia e geologia no ensino de Ciências Naturais e Biologia nos últimos 12 anos
A Paleontologia no ensino de Ciências: uma proposta de formação continuada para professores	2020	Dissertação de Mestrado	Analisar uma proposta de formação continuada sobre o ensino de Paleontologia para professores de Ciências, abordando a história das Ciências
Paleontologia e Ensino Básico: análise dos parâmetros curriculares nacionais e dos livros didáticos	2021	Artigo em periódico (<i>Revista Brasileira de Educação</i>)	Entender como a Paleontologia está sendo abordada em escolas públicas e particulares de Juiz de Fora (MG)

para avaliar o conhecimento assimilado. Os autores concluíram que as atividades desenvolvidas conseguiram despertar o interesse dos alunos em relação à Paleontologia.

Mendes et al. (2015) realizaram um exercício similar voltado para alunos do Ensino Médio de uma escola de Porto Nacional (TO). Os autores aplicaram dois questionários aos alunos, um inicial e outro após a realização das intervenções pedagógicas, com o intuito de avaliar os conhecimentos dos alunos sobre Paleontologia. As atividades propostas pelos autores foram palestras, oficinas de réplicas de fósseis e visita aos laboratórios do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Tocantins. Os autores consideraram as atividades realizadas como eficazes na apropriação dos conhecimentos paleontológicos pelos estudantes, visto a mudança das respostas obtidas em ambos os questionários.

Silva (2015), em sua monografia defendida no mesmo ano, detalha como propôs uma série de atividades sobre Paleontologia para estudantes do Ensino Médio na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA). O autor dividiu as atividades realizadas em quatro etapas, incluindo a aplicação de um questionário prévio, aulas teóricas, aulas práticas e um questionário avaliativo. O autor afirma que foi possível observar a escassez de conteúdos de Paleontologia oferecidos para alunos da modalidade EJA, visto que a maioria desconhecia previamente o assunto. Após as aulas teóricas e práticas, foi possível verificar a evolução no aprendizado dos estudantes, por meio do resultado obtido no questionário avaliativo. Silva (2015) conclui que as atividades práticas, sobretudo, são muito importantes no ensino desses conhecimentos para estudantes dessa modalidade de ensino.

Czeikoski et al. (2018) relatam uma oficina de simulação da produção de fósseis aplicada por discentes bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), a estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual de Bento Gonçalves (RS). A oficina foi dividida em dois momentos, um no qual os bolsistas explicaram conceitos básicos de Paleontologia de forma expositiva e os estudantes construíram uma linha do tempo geológico de cinco metros de comprimento, e o outro, com a aplicação de uma atividade de produção de fósseis em gesso. Os autores enfatizam que as atividades foram satisfatórias para a formação de subsídios conceituais iniciais em Paleontologia e destacam o caráter lúdico da atividade.

Apenas um dos autores analisados utilizou-se da Paleontologia como recurso para ensinar conteúdos de outra área do conhecimento. Camilo (2018) propôs aos estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual de Aracaju (SE), uma oficina de estudos de fósseis de moluscos extintos. O objetivo era trabalhar conceitos de Zoologia de Invertebrados. O autor elaborou moldes de fósseis de moluscos e fichas informativas sobre os conteúdos. As ações foram avaliadas com estudantes do 8º ano, que já haviam estudado o conteúdo aplicado na oficina. Os resultados mostraram que metodologias alternativas contribuem significativamente para o aprendizado dos estudantes.

Matos et al. (2019), por fim, utilizaram-se de uma oficina de Paleontologia para analisar as implicações da neuroeducação para a educação científica no Ensino Fundamental. Eles aplicaram uma Sequência Didática de Ciências para o ensino de Paleontologia e verificaram os principais mecanismos de cognição da neuroeducação a partir da aplicação da Sequência Didática desenvolvida por eles. A Sequência Didática foi trabalhada com 35 alunos do 7º ano de uma escola pública do município de Couto de Magalhães de Minas (MG). A mesma consistia em uma oficina de produção de fósseis com aplicação de questionários prévios e avaliativos. Os autores concluíram que a Sequência Didática proposta foi eficiente, uma vez que foi observada uma evolução em relação ao primeiro e ao segundo questionário aplicados antes e depois das atividades da Sequência Didática, além de ter sido possível apreciar os mecanismos da neuroeducação durante o seu desenvolvimento.

Avaliações Diagnósticas

Dois dos trabalhos analisados dedicaram-se a avaliar o conhecimento geral sobre Paleontologia que alunos do Ensino Básico possuem. Para mapear os conhecimentos de Paleontologia de estudantes do Ensino Fundamental de escolas públicas de diferentes regiões do Brasil, Novais (2015) recorreu a um questionário aplicado a 64 estudantes de escolas de três municípios: Jaci-Paraná (RO), Jequié (BA) e Santa Maria (RS). As duas primeiras escolas tinham projetos de aproximação dos discentes à Paleontologia, inspirados nos registros fossilíferos de suas regiões. Porém, a escola pesquisada pelos autores em Santa Maria (RS), apesar da ocorrência de fósseis na região, não desenvolvia qualquer projeto específico com os alunos. Os autores concluíram que a presença de sítios fossilíferos no

contexto regional das escolas não influenciou significativamente a percepção dos estudantes acerca de temas da Paleontologia. Eles observaram ainda que, embora a presença de projetos na escola nesse sentido possa, teoricamente, auxiliar na percepção dos estudantes, muitos dos alunos avaliados tinham conhecimentos equivocados, baseados em senso comum e visões veiculadas na mídia.

Duarte et al. (2016), por sua vez, pesquisaram o conhecimento geral de conceitos de Paleontologia por estudantes da rede estadual de ensino do estado do Rio de Janeiro (RJ). Os autores elaboraram um questionário contendo seis perguntas, que foram respondidas por 399 discentes de cinco escolas. Os autores chegaram a alguns resultados que consideraram preocupantes, como o fato de 83,4% dos estudantes não saberem o que estuda a Paleontologia e 31,1% acreditarem que os seres humanos conviveram com os dinossauros não-avianos.

Análise de documentos oficiais e livros didáticos

Cinco trabalhos encontrados fizeram uma análise de documentos oficiais de educação em nível nacional, estadual e/ou municipal, buscando entender como o ensino de tópicos relacionados à Paleontologia estão inclusos nesses documentos, e/ou analisaram conteúdos de Paleontologia presentes em livros didáticos.

Araújo-Júnior & Porpino (2010) analisaram cinco livros didáticos de Biologia do Ensino Médio para observar como alguns conceitos básicos de Paleontologia são apresentados. Considerando a análise realizada, quatro dos livros analisados apresentaram uma “boa abordagem”, segundo os autores, entretanto, todos os livros avaliados contêm erros conceituais e não destacam conceitos mais recentes e abordagens adotadas pela comunidade científica atualmente. Os autores concluem que há a necessidade de atualização dos livros didáticos quanto a Paleontologia e sugerem uma melhor articulação desses temas com outros conteúdos relacionados da Biologia.

Oliva (2018), por sua vez, investigou o conteúdo sobre Paleontologia presente em livros didáticos adotados em escolas de Itaboraí (RJ) e Juiz de Fora (MG). Os livros pertencem a coleções amplamente empregadas no Ensino Médio brasileiro. O autor chegou à conclusão de que os livros analisados não apresentam a Paleontologia de uma maneira direta, apenas discutem tópicos relacionados, e que a Paleontologia sempre é tratada de forma superficial,

descontextualizada e desconectada da realidade dos estudantes.

Cruz et al. (2019), por sua vez, fizeram um trabalho mais abrangente. Eles discutiram as mudanças na importância dada à Paleontologia e à Geologia nos documentos de educação a nível nacional e nos livros didáticos de Ciências e Biologia usados em Salvador (BA), em um período de 12 anos. Os autores analisaram livros utilizados para o Ensino Fundamental II e para o Ensino Médio, em 7 colégios públicos e 14 particulares. Os livros analisados foram publicados entre 2009 a 2016 e ainda não continham as adequações propostas pela BNCC. A análise dos resultados mostrou que a Paleontologia aparece mais vezes do que na primeira análise, conduzida pelos autores em 2006, porém o conteúdo restringe-se majoritariamente ao 2º ano do Ensino Fundamental II. Os autores destacam também, que houve um aumento considerável na abordagem da Paleontologia nos livros de Ensino Médio, embora essa expansão detectada possa ser revertida com a adoção definitiva da BNCC. O conteúdo de Geologia restringe-se principalmente ao 1º ano do Ensino Fundamental II e teve participação reduzida nas diretrizes da versão final da BNCC, o que os autores evidenciam como preocupante.

Matos et al. (2019) analisaram de que forma a Paleontologia é apresentada nas coleções de livros didáticos utilizadas por alunos do Ensino Fundamental de uma escola pública do município de Couto de Magalhães de Minas (MG). Os autores concluíram que, apesar dos livros apresentarem conteúdos de Paleontologia, eles são muito restritos, por isso eles não deveriam ser utilizados como única ferramenta de ensino.

Por fim, Silva et al. (2021) fizeram uma análise integral dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e suas diretrizes, do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental e de todo o Ensino Médio, e também analisaram a presença ou ausência de 22 temas em Paleontologia e a sua forma de apresentação em mais de 30 livros didáticos utilizados em escolas públicas e particulares do município de Juiz de Fora (MG). A análise feita pelos autores incluiu 18 livros do Ensino Fundamental e 15 livros do Ensino Médio. Os resultados encontrados pelos autores apontam que os livros do Ensino Médio continham o maior número de temas de Paleontologia e que os temas mais presentes foram “Origem da Vida”, “Teoria da Evolução” e “Conceito de Fósseis”, enquanto os menos abordados foram “Tipos de Fósseis”, “Fósseis como Recursos Naturais Não-

-Renováveis” e “Grandes Extinções”. Os autores apontam ainda que:

A maioria dos livros trata os assuntos sem ligação com outras áreas, sem contextualização, com rara interdisciplinaridade e relação com questões ambientais, necessárias ao enfrentamento do negacionismo científico e os recentes riscos de retrocesso educacional. (Silva et al., 2021, p. 62).

Silva et al. (2021) finalmente concluem ressaltando a importância de discutir como trabalhar a Paleontologia no Ensino Básico, avaliando-se incentivos da escola, motivação de professores e importância do tema para os alunos.

Atividades de formação de professores

Dos trabalhos analisados, apenas dois são dedicados a elaborar atividades para a formação continuada de professores. No trabalho de Nobre & Farias (2015), os autores apresentaram um curso ministrado a professores de forma mista, com atividades *online* e presenciais. O objetivo dos autores foi o de identificar percepções e práticas de um grupo de professores no ensino de Evolução. O estudo mostrou que existem limitações no planejamento dos mesmos por diversos fatores, como: defasagem na formação inicial dos professores, insuficiência de conteúdos nos livros didáticos, ausência do tema no currículo, desatualização profissional e influência de crenças religiosas nas atividades pedagógicas.

Já o trabalho de Sampaio (2020) analisa a realização de uma oficina sobre Paleontologia para a formação de professores de Ciências da rede pública estadual do estado de São Paulo. A oficina foi realizada com professores do município de Jaboticabal (SP) e abordou tópicos de História da Paleontologia. Os professores participaram de dez atividades, no total, sendo a última um questionário avaliativo. A análise possibilitou ao autor concluir que, embora o currículo do estado de São Paulo apresente um avanço ao dedicar uma situação de aprendizagem ao tema, os professores não têm muitas opções de recursos didáticos para trabalhar, sendo necessário o uso de recursos externos. O autor ainda ressaltou que os professores apresentam uma formação superficial acerca dos conteúdos de Paleontologia e que a formação oferecida poderia contribuir para que os professores pudessem ampliar seus conhecimentos sobre o assunto e debater estratégias para levar temas de Paleontologia de forma mais ampla às salas de aula.

Ensino de Paleontologia em ambientes não formais

Por fim, apenas dois trabalhos focaram no ensino da Paleontologia em ambientes não formais. Melo et al. (2007) elaboraram atividades para os participantes do evento “Bio na rua”, realizado no Rio de Janeiro (RJ), em 2007. As atividades consistiram em painéis didáticos sobre conceitos básicos de Paleontologia, o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro e uma oficina de Origami. As atividades foram realizadas com participantes de diversas classes sociais e faixas etárias, desde crianças e seus pais, até estudantes de Graduação em Biologia que acompanhavam o evento. Os autores destacam a importância das atividades na transposição didática dos conhecimentos paleontológicos, que geralmente ficam restritos à comunidade científica.

Oliva (2018), por sua vez organizou visitas de alunos de uma escola estadual de Itaboraí (RJ) ao Parque Paleontológico de Itaboraí, localidade que abriga um importante sítio paleontológico dentro do mesmo município. O autor aplicou atividades práticas e expositivas durante a visita e depois realizou entrevistas com os alunos. Chegou-se à conclusão que a experiência influenciou positivamente na concepção dos estudantes sobre fósseis e Paleontologia. Os autores observaram ainda que houve ganhos cognitivos e afetivos por parte dos alunos após as atividades realizadas no parque paleontológico.

Discussão

A grande maioria dos trabalhos levantados privilegia a sugestão e/ou elaboração de atividades práticas ou ferramentas didáticas com o objetivo de ensinar conteúdos de Paleontologia para os estudantes do Ensino Básico. Propostas de trabalho como essas oferecem um bom recurso alternativo aos professores, já que os conteúdos de Paleontologia aparecem de forma restrita não apenas nos documentos oficiais, mas também nos livros didáticos (Cruz et al., 2019, Silva et al., 2021). Outrossim, os livros didáticos e os temas e exemplos neles incluídos nem sempre estão atualizados (Araújo-Júnior & Porpino, 2010, Matos et al., 2019) ou são adequados à realidade dos estudantes (Oliva, 2018); assim, a realização de intervenções pedagógicas, principalmente aquelas adaptadas aos estudantes e ao seu contexto podem ter resultados muito positivos.

Registros de experiências e sugestões de atividades são muito importantes e deveriam ser publicados com mais frequência. Apesar de não ter sido recuperado em nossa busca, destacamos o esforço conjunto de 71 autores, materializado na forma de um livro digital organizado por M. B. Soares (2015), com 22 capítulos sobre variados temas de Paleontologia e 62 atividades práticas de ensino de Paleontologia direcionadas ao Ensino Básico. As atividades são voltadas para as disciplinas de Ciências, Biologia e Geografia, contudo, elas também podem ser adaptadas para aulas de outras disciplinas, como Matemática e História. O referido livro constitui a produção científica mais relevante para quem trabalha com ensino de Paleontologia na Educação Básica no Brasil.

Foi possível observar que todas as atividades propostas nos trabalhos analisados foram direcionadas às disciplinas de Ciências da Natureza e Biologia, mesmo a Paleontologia tendo conexões com outras áreas científicas, como Geografia, Matemática, Física e Química, podendo ser utilizada também como instrumento didático nas mesmas. Um exemplo do uso da Paleontologia no ensino de conceitos matemáticos foi apresentado por Mestrinho & Cavadas (2018), em Portugal. Os autores propõem a estudantes do 3º ano de licenciatura em Educação Básica uma atividade dinamizada, em um museu da região, para se calcular a velocidade de um dinossauro a partir de uma sequência de pegadas. Eles concluem que, dentre outros fatores, o caráter investigativo da atividade e a interdisciplinaridade foram aspectos motivadores, com resultados positivos na formação dos participantes.

Outro ponto observado no presente trabalho foi que a maior parte dos autores levantados desenvolveu estudos focados no Ensino Fundamental II e Ensino Médio, sendo raras as atividades dedicadas a outras etapas da Educação Básica, como o trabalho de Mello et al. (2005) e suas atividades voltadas para alfabetização, e Neves et al. (2008), que aplicaram atividades voltadas ao ensino de Ciências na 3ª série do Ensino Fundamental.

Até o ano de 2018 foi crescente o número de pesquisadores que se propuseram a elaborar ou estudar iniciativas para a inclusão da Paleontologia no Ensino Básico. A partir de 2019 houve uma queda no número de trabalhos, possivelmente por influência da pandemia de Covid-19, o que, todavia, não exclui outras razões. Os anos de

2015 e 2018 foram os anos com o maior número de contribuições sobre o tema, ao passo que não foram encontradas contribuições para os anos de 2006, 2009, 2011, 2012, 2013 e 2017.

Todos os trabalhos analisados são unânimes em concordar acerca da importância de ensinar conteúdos de Paleontologia desde os anos iniciais da Educação Básica. Contudo, o que acontece é a pouca inserção desses temas nos documentos oficiais, conforme pontuado por Cruz et al. (2019) e Silva et al. (2021). Há uma especial preocupação quanto à supressão de temas de Paleontologia na versão final da BNCC, causando forte impacto sobre a percepção sobre a disciplina pelos estudantes. Esse aspecto deverá ser investigado com atenção em trabalhos futuros.

Considerações Finais

Apesar de sua importância, a Paleontologia ainda é pouco inserida oficialmente no Ensino Básico do Brasil. Diversos são os motivos para que conteúdos paleontológicos apareçam em aulas de Ciências desde os anos iniciais, como o caráter motivador da disciplina, potencialidades no entendimento de processos geológicos e biológicos complexos necessários para reforçar a importância da preservação de ambientes naturais e no esclarecimento quanto a nosso lugar como uma dentre muitas espécies existentes no planeta.

Dentre trabalhos analisados, verificou-se o espaço reduzido que conteúdos paleontológicos têm nos documentos oficiais de educação, como os PCN e a BNCC, e em livros didáticos. Apesar de o tema aparecer em alguns conteúdos específicos de Ciências e Biologia em documentos mais antigos, como os PCN, a Paleontologia teve seu destaque diminuído na versão final da BNCC e o impacto disso ainda carece de investigação.

Encontramos diversos autores que propuseram maneiras de incluir os temas de Paleontologia nas aulas do Ensino Básico, por meio de atividades práticas, visitas a laboratórios e sítios paleontológicos, produção de réplicas de fósseis, entre outros. Esses trabalhos incluíram atividades principalmente direcionadas às disciplinas de Ciências e Biologia. Todavia, por seu caráter interdisciplinar e motivador, destacamos que a Paleontologia pode ser utilizada em aulas de diversas outras disciplinas, como Química, Física, Matemática e Geografia, a depender da criatividade e autonomia do professor em sala de aula.

Referências

- Aureliano, T., Nascimento, C. S. I., Fernandes, M. A., Ricardi-Branco, F. & Ghilardi, A. M. (2021). Blood parasites and acute osteomyelitis in a non-avian dinosaur (Sauropoda, Titanosauria) from the Upper Cretaceous Adamantina Formation, Bauru Basin, Southeast Brazil. *Cretaceous Research*, 118(104672), 1-18. doi: 10.1016/j.cretres.2020.104672.
- Araújo-Júnior, H. I. & Porpino, K. O. (2010). Análise da abordagem do tema Paleontologia nos livros didáticos de Biologia. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ*, 33(1), 63-72. URL: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5796/5305>. Acesso 10.05.2022.
- Bergqvist, L. P., Prestes, S. B. S. (2014). Kit paleontológico: um material didático com abordagem investigativa. *Ciência & Educação*, 20(2), 345-357. doi: 10.1590/1516-73132014000200006.
- Black, R. (2013). Tapeworms buried deep in prehistory. *National Geographic Magazine*, Publ. January 31, 2013. URL: <https://www.nationalgeographic.com/science/article/tapeworms-buried-deep-in-prehistory>. Acesso 10.05.2022.
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: Ministério da Educação. URL: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf. Acesso: 10.05.2022.
- Camilo, J. P. G. (2018). *Avaliação do uso de oficinas para aprendizagem significativa no Ensino de Ciências utilizando temas da Paleontologia*. São Cristóvão, SE: Universidade Federal de Sergipe. (Monografia)
- Cruz, L. C. O., Moraes, S. S. de, & Chaves, R. S. (2019). Importância dada à Paleontologia e Geologia no Ensino de Ciências Naturais e Biologia: o que mudou? *Terra Didática*, 15(Publ. Continua), 1-13, e019055. doi: 10.20396/td.v15i0.8654886.
- Czeikoski, W. L., Godoy, A. de, & Baccin, K. M. S. (2018). *Estratégia prática para ensino de Paleontologia*. In: Anais do II Seminário Institucional do PIBID-UCS, Caxias do Sul, RS.
- Dentzien-Dias P. C., Poinar G. Jr., Figueiredo A. E. Q. de, Pacheco A.C.L., Horn, B. L. D., & Schultz, C. L. (2013). Tapeworm Eggs in a 270 Million-Year-Old Shark Coprolite. *PLoS ONE*, 8(1). doi: 10.1371/journal.pone.0055007.
- Duarte, S. G., Arai, M., Passos, N. Z. G. & Wanderley, M. D. (2016). Paleontologia no Ensino Básico das escolas da rede estadual do Rio de Janeiro: uma avaliação crítica. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 39(2), 124-132. doi: 10.20396/td.v15i0.8654886.
- Greshko, M. (2016). Hearts of Stone: A Fabulous Fossil Find. *National Geographic Magazine*, Publ. April 21, 2016. URL: <https://www.nationalgeographic.com/history/article/160421-fossils-hearts-fish-evolution-paleontology-science>. Acesso 12.06.2022.
- Heirich, C. M., Matsumura, W. M. K., Myszyński-junior, L. J., Sedorko, D., & Bosetti, E. P. (2015, novembro). *O aprendizado da Paleontologia no Ensino Básico da cidade de Tibagi (PR)*. In: Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia, PR/SC, Dois Vizinhos, PR.
- Langlois, J. (2020). First evidence of parasites in dinosaurs bones found. *Smithsonian Magazine*, novembro 18, 2020. URL: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/first-evidence-parasites-dinosaur-bones-found-180976309/>. Acesso 10.05.2022.
- Maldanis, L., Carvalho, M., Almeida, M. R., Freitas, F. I., Andrade, J. A. F. G., Nunes, R. S. de, Rochitte, C. E., ... & Xavier-Neto, J. (2016). Heart fossilization is possible and informs the evolution of cardiac outflow tract in vertebrates. *Elife*, 5, e14698. doi: 10.7554/eLife.14698.
- Matos, D. G. G. de, Fernandes, G. W. R. & Coelho, B. A. L. (2019). Implicações da Neuroeducação para a Educação Científica a partir de uma oficina de Paleontologia no Ensino Fundamental. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(3), 180-206. URL: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID648/v14_n3_2019.pdf. Acesso 10.05.2022.
- Mello, F. T. de, Mello, L. H. C. de & Torello, M. B. F. (2005). A Paleontologia na Educação Infantil: alfabetizando e construindo o conhecimento. *Ciência & Educação*, 11(3), 395-410. doi: 10.1590/S1516-73132005000300005.
- Melo, D. J. de, Bastos, A. C. F., Rodrigues, V. M. C. & Monção, V. M. (2007). Desenvolvimento de Atividade Lúdica para o Auxílio do Ensino e Divulgação Científica da Paleontologia. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 30(1), 73-76. doi: 10.11137/2007_1_73-76.
- Mendes, L. A. S., Nunes, D. F., & Pires, E. F. (2015). Avaliação do conhecimento Paleontológico com intervenção em escolas de Ensino Médio: um estudo de caso no estado do Tocantins. *HOLOS*, 8, 384-396. doi: 10.15628/holos.2015.1991.
- Mestrinho, N., & Cavadas, B. (2018). Corrida no Jurássico. *Revista de Ciência Elementar*, 6(1), 018. doi: 10.24927/rce.2018.018.
- Neves, J. P., Campos, L. M. L., & Simões, M. G. (2008). Jogos como recurso didático para o ensino de conceitos paleontológicos básicos aos estudantes do ensino fundamental. *Terra Plural*, 2(1), 103-114. doi: 10.5212/TerraPlural.v2i1.103114.
- Nobre, S. B. & Farias, M. E. (2015, novembro). *Formação Continuada para Professores: possibilidades e desafios para o ensino de Paleontologia na Educação Básica*. In: Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - XENPEC, Águas de Lindóia, SP.
- Novais, T., Martello, A. R., Oleques, L. C., Leal, L. A. & da-Rosa, A. A. S. (2015). Uma experiência de inserção da Paleontologia no ensino fundamental em diferentes regiões do Brasil. *Terra Didática*, 11(1), 33-41. doi: 10.20396/td.v11i1.8637308.
- Oliva, E. (2018). *Ensino de Paleontologia em espaços não-formais*. Évora, Portugal, Universidade de Évora. (Dissert. Mestrado)
- Pacheco, C., Müller, R. T., Langer, M., Pretto, F. A., Kerber, L., & Silva, S. D. da (2019). *Gnathovorax cabreirai*: a new early dinosaur and the origin and initial radiation of predatory dinosaurs. *PeerJ*, 7, e7963. doi: 10.7717/peerj.7963.
- Pansani, T. R., Muniz, F. P., Cherkinsky, A., Pacheco, M. L. A. F., & Dantas, M. A. T. (2019). Isotopic paleoecology ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) of late Quaternary megafauna from Mato Grosso do Sul and Bahia States, Brazil. *Quaternary Science Reviews*, 221, 105864. doi: 10.1016/j.quascirev.2019.105864.

- Pinheiro, F. L., França, M. A., Lacerda, M. B., Butler, R. J., & Schultz, C. L. (2016). An exceptional fossil skull from South America and the origins of the archosauriform radiation. *Scientific Reports*, 6(1), 1-7. doi: 10.1038/srep22817.
- Sampaio, W. F. (2020). *A Paleontologia no Ensino de Ciências: uma proposta de formação continuada para professores*. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista. (Dissert. Mestrado)
- Sayão, J. M., & Bantim, R. A. M. (2015). A Paleontologia no século XXI: novas técnicas e interpretações. *Ciência e Cultura*, 67(4), 45-49. doi: 10.21800/2317-66602015000400015.
- Silva, C. N., Mendes, M. A. F., Carvalho, M. M. & Stroppa, G. M. (2021). Paleontologia e Ensino Básico: análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais e dos livros didáticos em Juiz de Fora, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 24(1), 62-69. doi: 10.4072/rbp.2021.1.05.
- Silva, J. J. C. (2015). *Ensino da Paleontologia na Educação de Jovens e Adultos na Escola Estadual Professora Terezinha Carolino de Souza em Jaçanã, RN*. Cuité, PB, Brasil, Universidade Federal de Campina Grande. (Monografia)
- Soares, M. B. (Org.). (2015). *A paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Paleontologia.
- Sobral, A. da C. S., Siqueira, M. H. Z. de & Machado, S. R. G. (2007). Jogos educativos para o ensino de Paleontologia na Educação Básica. In: Carvalho, I. S., Cassab, R. C. T., & Schwanke, C. (Eds). (2007). *Paleontologia: Cenários de Vida* (Vol. 2, pp. 14-22). Rio de Janeiro, RJ: Interciência.
- Zaher, H., Pol, D., Carvalho, A. B., Nascimento, P. M., Riccomini, C., Larson, P., Juarez-Valieri, R., ... & Campos, D. A. (2011). A complete skull of an Early Cretaceous sauropod and the evolution of advanced titanosaurs. *PLoS One*, 6(2), e16663. doi: 10.1371/journal.pone.0016663.
- Zaher, H., Pol, D., Navarro, B. A., Delcourt, R. & Carvalho, A. B. (2020). An Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil sheds light on the cranial evolution of the Abelisauridae. *Comptes Rendus Palevol*, 19(6), 101-115. doi: 10.5852/cr-palevol2020v19a6.

1.4. Elaborando Modelos utilizando o Método dos Mínimos Quadrados

Frequentemente nas diversas áreas da Ciência, o estudo de certos temas precisa ser realizado com o suporte de ferramentas matemáticas. Na Paleontologia, isto não é diferente, os pesquisadores dessa área utilizam-se de ferramentas matemáticas, por exemplo, para calcular o tamanho, o peso ou a força-mordida de seres extintos. Muitas dessas conclusões são baseadas em comparações realizadas com espécies viventes que tenham algum parentesco relativamente próximo com as espécies fósseis.

Isso pode ser feito, em grande parte, com base nos estudos de alometria, área da Biologia que estuda relações de escala para atributos morfológicos, fisiológicos ou ecológicos de organismos. Segundo Filho (1989), alometria é o estudo das relações existentes entre uma grandeza assumida pelos elementos componentes de um sistema. O crescimento alométrico está fundamentado no estudo do crescimento de parte de um sistema comparado ao seu crescimento total, ou seja, a comparação entre o crescimento de uma parte com o crescimento do todo.

Uma relação morfológica importante dos organismos é a que pode existir entre o crescimento corporal e o crescimento de determinadas partes do corpo, chamada de coeficiente de crescimento. Diferentes organismos apresentam coeficientes de crescimento distintos e determinar esse valor numérico auxilia em diversas questões, desde a melhor compreensão da biologia dos seres vivos, até a seleção das melhores linhagens para cultivo. O coeficiente de crescimento pode ser calculado para espécies fósseis, e ajudar a fornecer dados importantes sobre como eram esses organismos em vida. O estudo de relações alométricas de atributos morfológicos gera modelos amplamente utilizados para determinar o tamanho de organismos fósseis cujos registros estejam incompletos.

O crescimento alométrico pode ser descrito pela fórmula $y = bx^k$, em que y representa a taxa de crescimento específico de um elemento e x representa a taxa de crescimento de um outro elemento do sistema ou do sistema total. Tal equação mostra que a taxa relativa de modificação (y) é proporcional a taxa relativa de modificação (x) ao longo do tempo. Uma dedução da fórmula alométrica, destacando a relação entre as taxas relativas de modificação (y) e (x) é dada em (FILHO, 1989). A determinação dos parâmetros b e k pode ser realizada por alguns métodos, como será exemplificado no decorrer desta dissertação.

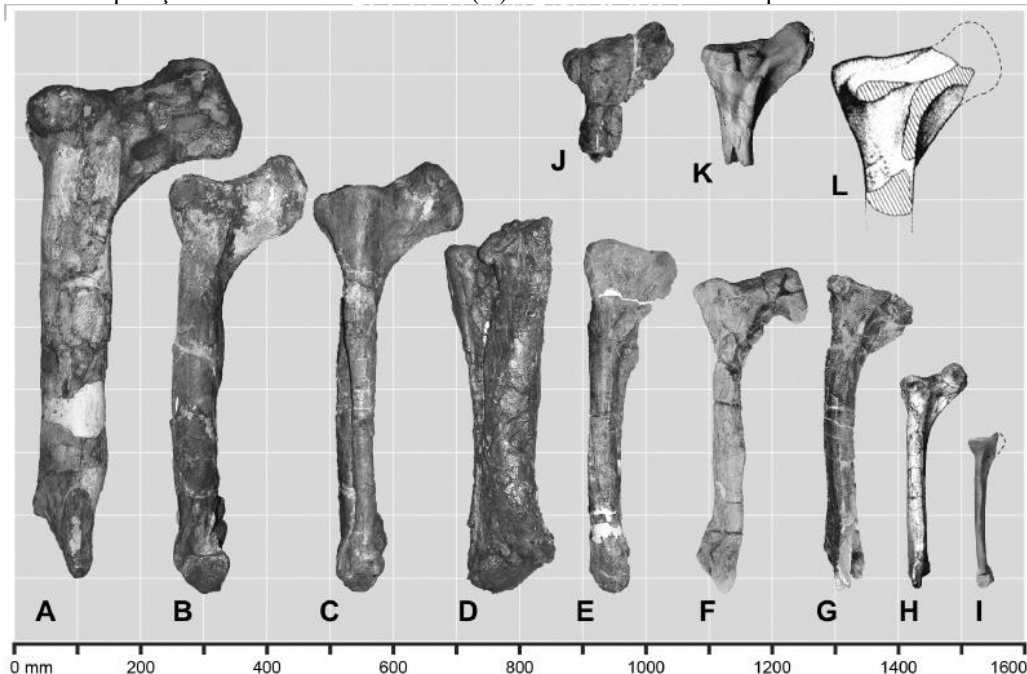
O parâmetro k é a constante de proporcionalidade entre os elementos x e y , e seu valor influencia no tipo de alometria. Caso $k > 1$, o crescimento alométrico será positivo, também chamado de hiperalometria, ou seja, y cresce mais rapidamente que x . Se $k = 1$, então o

crescimento alométrico será isométrico, ou seja, proporcional entre x e y . Por fim, se $k < 1$ então o crescimento alométrico é negativo, também chamado de hipoalometria, ou seja, y cresce mais lentamente que x (FILHO, 1989).

O conhecimento sobre organismos fósseis é frequentemente atualizado, conforme novas descobertas vão surgindo. Dessa forma, os dados utilizados para determinar o comprimento corpóreo de seres fósseis amplamente utilizados no passado podem se tornar desatualizados e necessitarem de correções e atualizações à medida que novas evidências vão sendo encontradas.

Dessa forma, os paleontólogos Orlando Grillo e Rafael Delcourt, em seu trabalho de 2017, intitulado “Allometry and body length of Abelisauroid Theropods: *Pycnonemosaurus nevesi* is the New King”, observaram que algumas espécies de dinossauros do grupo dos abelissauróides eram descritos com comprimentos corporais diferentes em diversas fontes. Observaram também que, apesar de *P. nevesi* possuir a maior tíbia dentre os abelissauróides conhecidos, ele não era considerado o maior dinossauro desse grupo em comprimento corporal. Diante disso, os autores revisaram os dados sobre tamanhos dos fósseis dos dinossauros desse grupo, além de acrescentarem mais dados para rever o modelo matemático utilizado na determinação do comprimento corporal desses animais.

Figura 3 - Comparação entre a tíbia de *P. nevesi* (A) e as tíbias dos outros espécimes analisados no estudo.

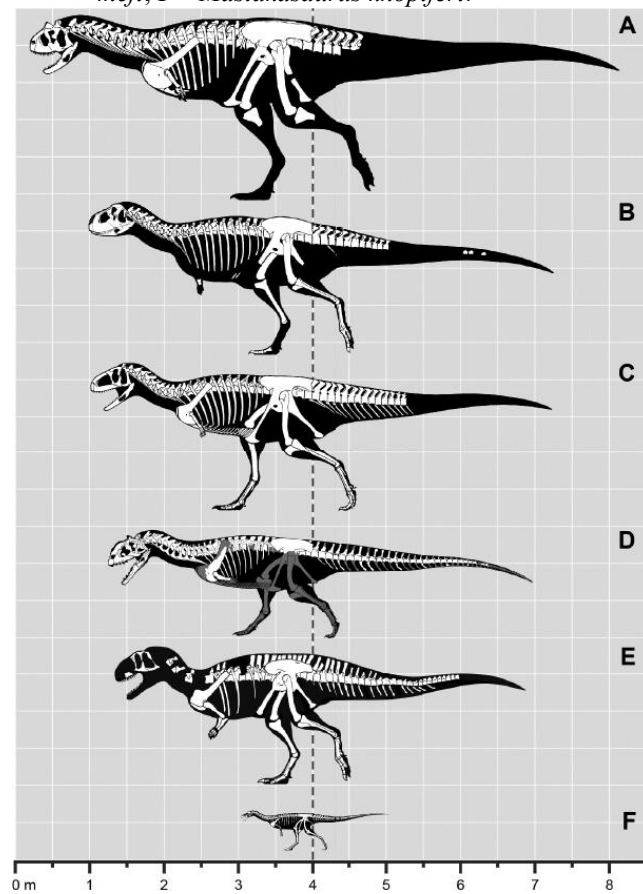


Fonte: Grillo, Delcourt (2017)

Os autores coletaram medidas de 37 espécimes fósseis de dinossauros pertencentes ao grupo dos abelissauróides. Desses espécimes, foram utilizadas 40 medidas diferentes: 7 do crânio, 18 da coluna vertebral e 15 dos elementos apendiculares (membros posteriores e

anteriores). Dentre os espécimes utilizados, 7 são conhecidos por crânios (ou parte deles) e outros elementos que permitem uma precisão maior na medição do comprimento corporal desses indivíduos. Esses espécimes mais completos, apresentados na Figura 4, a seguir, foram utilizados para a determinação dos valores necessários para a análise do comprimento corporal dos demais dinossauros.

Figura 4 - Reconstrução do esqueleto dos espécimes relativamente completos. A – *Carnotaurus sastrei*; B – *Skorpiovenator bustingorryi*; C – *Aucasaurus garridoi*; D – *Manjungasaurus crenatissimus*; E – *Eoabelisaurus mefi*; F – *Masiakasaurus knopfleri*.



Fonte: Grillo & Delcourt, 2017

Para o estudo, os autores reavaliaram o comprimento corporal dos 7 espécimes quase completos e compararam seus comprimentos com 27 das 40 medidas de ossos do crânio, vértebras e do esqueleto apendicular usando equações de duas variáveis. Essas comparações permitiram a estimativa do comprimento corporal dos outros 30 espécimes dos quais não há muitos elementos fósseis preservados, incluindo *P. nevesi*.

O dinossauro *P. nevesi*, o ator principal do presente trabalho, possui preservados cinco dentes incompletos, partes de sete vértebras caudais (duas incompletas, quatro centros caudais e um processo transversal), vários fragmentos de costela, púbis direito (faltando algumas partes),

a tíbia direita, a articulação distal da fíbula direita e vários ossos incompletos não identificados (KELLNER, CAMPOS, 2002). Dos cálculos realizados por Grillo & Delcourt (2017), os que foram realizados utilizando as tíbias dos espécimes mais completos serão apresentados como exemplo neste texto, devido a essa ser a parte do esqueleto de *P. nevesi* melhor preservada.

A partir das tíbias dos espécimes completos e da tíbia de *P. nevesi* foram obtidas quatro medidas (comprimento, diâmetro do eixo anteroposterior, largura do eixo e largura distal). Uma dessas medidas (a largura distal), contudo, não estava disponível nos espécimes mais completos, sendo descartada pelos autores para a elaboração do modelo. Além das três medidas restantes da tíbia, para a determinação do comprimento de *P. nevesi* foram utilizados também o comprimento da bota púbica e a média geométrica dos comprimentos, larguras e alturas dos centros das vértebras caudais.

Para exemplificar o procedimento realizado por Grillo & Delcourt (2017) foram utilizadas as medidas do comprimento das tíbias. Somente quatro dos espécimes quase completos, (*S. bustingorryi*, *A. garridoii*, *E. mefi* e o espécime FMNH PR 2481 de *M. knoplferi*) possuem medidas de comprimento da tíbia, sendo essas as medidas utilizadas na geração do modelo, como mostra o Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Medidas dos comprimentos corporais e comprimentos das tíbias dos dinossauros relativamente completos (em milímetros)

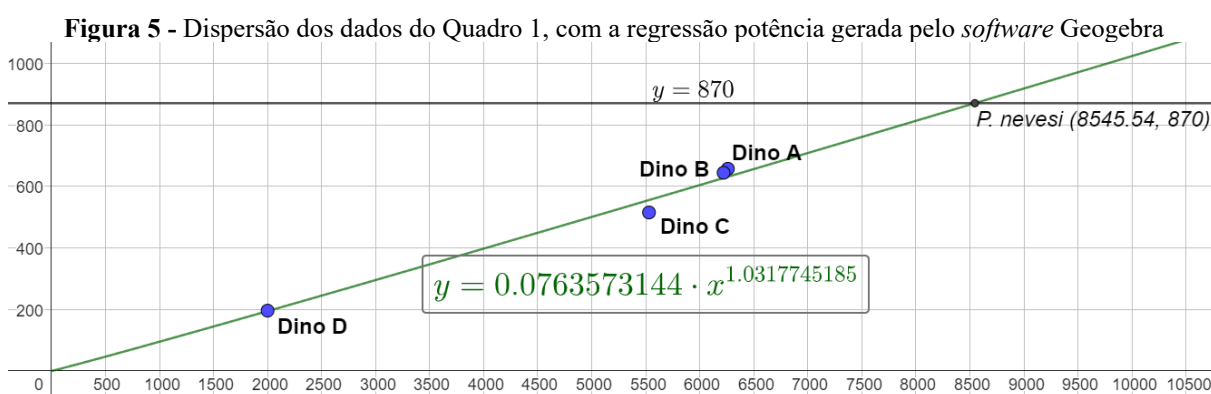
Espécime	Comprimento do corpo (CC)	Comprimento da tíbia (CT)	Pontos
<i>P. nevesi</i>	-	870	-
<i>S. bustingorryi</i>	6260	657	Dino A
<i>A. garridoii</i>	6220	644	Dino B
<i>E. mefi</i>	5530	515	Dino C
<i>M. knoplferi</i> FMNH PR 2481	2000	196	Dino D

Fonte: Adaptado de Grillo, Delcourt, 2017

Baseados no diagrama de dispersão dos dados (Figura 5), os autores sugerem o uso da equação alométrica $y = bx^k$ em que as variáveis x e y descrevem os tamanhos do corpo inteiro e pedaço do corpo, respectivamente. O parâmetro k corresponde ao fator alométrico e b é uma

constante de conversão de unidades de medida que não tem muita importância biológica. O fator alométrico corresponde a razão entre as taxas de crescimentos específicos de y e x , a constante b corresponde ao valor de y quando $x = 1$.

O diagrama de dispersão apresentado na Figura 5, a seguir, foi construído utilizando-se o *software* Geogebra. O mesmo *software* foi utilizado para encontrar equação que se ajusta aos dados, detalhada também na Figura 5. Para encontrar a equação, foi utilizado o comando “regressão potência” do próprio *software*. Destaca-se que a equação encontrada possui o coeficiente de alometria $k > 1$, ou seja, a taxa de crescimento da tíbia é maior que a taxa de crescimento do corpo.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5 mostra, também, a solução geométrica obtida para o comprimento de *P. nevesi*. Para encontrar essa solução, foi criada uma reta $y = 870$ (comprimento da tíbia de *P. nevesi*) e encontrou-se o ponto de intersecção entre essa reta e a regressão potência $f(x)$, obtendo-se, assim, o valor de 8545,53 *mm*, ou, convertendo para metros, aproximadamente 8,54 *m*.

No que segue, iremos obter o valor do tamanho de *P. nevesi* sem o uso do Geogebra ou outro *software* de análise de regressão. Baseado nos procedimentos de PAZIM, FONCECA (2022), serão desenvolvidos com o objetivo de descobrir os valores das constantes b e k que estimem os dados apresentados no Quadro 1. Para determinar os valores desses parâmetros, será preciso realizar uma mudança de variáveis para tornar esses parâmetros possíveis de serem encontrados com um modelo linear. Para isso, será aplicado o logaritmo de base 10 em ambos os lados da igualdade da equação definida anteriormente. Assim, temos que:

$$\begin{aligned}\log y &= \log bx^k \\ \log y &= \log b + \log x^k \\ \log y &= \log b + k \log x\end{aligned}\quad (1)$$

de onde segue que:

$$m = n + kp \quad (2)$$

em que: $m = \log y$, $n = \log b$ e $p = \log x$

Para a determinação das constantes b e k , foi utilizado o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). Segundo Pazim, Fonseca (2022), o MMQ visa determinar uma reta de dispersão que apresente o menor desvio em relação aos pontos obtidos na coleta de dados. Os autores destacam que:

Essencialmente, um problema de mínimos quadrados consiste em dado um sistema linear $Ax = b$ com m equações e n incógnitas, encontrar um vetor x que minimize $\|b - Ax\|$ em relação ao produto interno de $\mathbb{R}^m$. Neste caso, dizemos que x é uma solução de mínimos quadrados do sistema, $b - Ax$ é o vetor erro de mínimos quadrados e $\|b - Ax\|$ é o erro de mínimos quadrados. (PAZIM, FONSECA, 2022, p. 13).

Além disso, Pazim, Fonseca (2022) apresentam dois teoremas que fornecem uma fórmula explícita para a solução do problema dos mínimos quadrados, utilizando operações com matrizes:

Teorema 1: Se A for uma matriz $m \times n$, as afirmações seguintes são equivalentes.

- i) Os vetores colunas de A são linearmente independentes.
- ii) $A^T A$ é invertível.

Teorema 2: Se A for uma matriz $m \times n$ com vetores colunas linearmente independentes, então dada qualquer matriz b de tamanho $m \times 1$, o sistema linear $Ax = b$ tem uma única solução de mínimos quadrados. Essa solução é dada por

$$x = (A^T A)^{-1} A^T b$$

Essa igualdade é factível sob as hipóteses do Teorema 1 e justifica os procedimentos que serão utilizados a seguir. Para prosseguir com o desenvolvimento do modelo é preciso calcular o logaritmo dos valores do Quadro 1. Grillo & Delcourt (2017) utilizam como variável x os comprimentos dos corpos dos dinossauros relativamente completos, enquanto que a variável y representa os comprimentos das tíbias desses dinossauros. Assim, obtemos os dados mostrados no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Dados que serão utilizados nos cálculos a seguir

Espécime	$\log CC$ (p)	$\log CT$ (m)
<i>S. bustingorryi</i>	3,7965743	2,8175654
<i>A. garridoi</i>	3,7937904	2,8088859
<i>E. mefi</i>	3,7427251	2,7118072
<i>M. knoplferi</i> FMNH PR 2481	3,3010300	2,2922561

Fonte: Construído pelo autor

Dessa maneira, para encontrar o modelo que melhor aproxima os dados obtidos, precisamos encontrar as constantes n e k que satisfaçam o sistema de equações a seguir:

$$\begin{cases} 3,7937904 \cdot k + n = 2,8088859 \\ 3,7427251 \cdot k + n = 2,7118072 \\ 3,3010300 \cdot k + n = 2,2922561 \\ 3,7965743 \cdot k + n = 2,8175654 \end{cases} \quad (3)$$

O sistema (3) pode ser escrito na forma matricial $AX = B$ da seguinte maneira:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 3,7937904 & 1 \\ 3,7427251 & 1 \\ 3,3010300 & 1 \\ 3,7965743 & 1 \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} k \\ n \end{bmatrix}}_X = \underbrace{\begin{bmatrix} 2,8088859 \\ 2,7118072 \\ 2,2922561 \\ 2,8175654 \end{bmatrix}}_B \quad (4)$$

Assim, no sistema (4), o objetivo é descobrir os valores da matriz X . Para isso, é necessário isolá-la em um dos lados da equação matricial. Intuitivamente, esse processo pode ser realizado multiplicando-se a matriz A pela sua inversa A^{-1} . Contudo, encontrar a matriz inversa da matriz A é impossível pelo fato de a matriz A não ser uma matriz quadrada. Para que esse problema seja resolvido, basta que a matriz A seja multiplicada por sua matriz transposta A^T , cujo resultado é uma matriz quadrada. Para que a igualdade não seja desfeita, é necessário realizar a multiplicação de ambos os lados da equação $AX = B$ pela matriz A^T , da seguinte maneira:

$$(A^T A)X = A^T B \quad (5)$$

Assim, têm-se que o primeiro membro da equação matricial (5) pode ser escrita como:

$$\begin{bmatrix} 3,7937904 & 3,7427251 & 3,3010300 & 3,7965743 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 3,7937904 & 1 \\ 3,7427251 & 1 \\ 3,3010300 & 1 \\ 3,7965743 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 53,7116122 & 14,6341198 \\ 14,6341198 & 4 \end{bmatrix}$$

e, o segundo membro da equação (5) resulta em:

$$\begin{bmatrix} 3,7937904 & 3,7427251 & 3,3010300 & 3,7965743 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2,8088859 \\ 2,7118072 \\ 2,2922561 \\ 2,8175654 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 39,0697757 \\ 10,6305146 \end{bmatrix}$$

Portanto, a equação (5) pode ser reescrita como:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 53,7116122 & 14,6341198 \\ 14,6341198 & 4 \end{bmatrix}}_{A^T A} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} k \\ n \end{bmatrix}}_X = \underbrace{\begin{bmatrix} 39,0697757 \\ 10,6305146 \end{bmatrix}}_{A^T B} \quad (6)$$

Como a matriz $A^T A$ é uma matriz quadrada e os vetores coluna da matriz A são linearmente independentes, é possível obter a matriz inversa $(A^T A)^{-1}$ de modo que se possa multiplicá-la em ambos os lados da equação (6), isolando a matriz X e obtendo os valores n e k . É possível obter a inversa da matriz $A^T A$ utilizando o *software* Geogebra. Contudo, o processo será apresentado nesta dissertação e pode ser trabalhado também com os alunos.

A matriz inversa é definida por Oliveira (2013, p. 25) da seguinte maneira:

“Seja A uma matriz quadrada de ordem n , se X é uma matriz tal que $A \cdot X = I_n$ e $X \cdot A = I_n$, então X é denominada matriz inversa de A e é indicada por A^{-1} . (A é dita matriz invertível ou não singular e I_n é a matriz identidade).”

Desse modo, para encontrar-se a matriz inversa de $A^T A$, é necessário encontrar os valores da matriz X , de modo que $A^T A \cdot X = I_n$. Assim, tem-se que:

$$(A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

De maneira que:

$$A^T A \cdot (A^T A)^{-1} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{I_n}$$

Assim, tem-se que:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 53,7116122 & 14,6341198 \\ 14,6341198 & 4 \end{bmatrix}}_{A^T A} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}}_{(A^T A)^{-1}} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{I_n}$$

Realizando-se a multiplicação das matrizes $A^T A$ e $(A^T A)^{-1}$, tem-se que:

$$\begin{bmatrix} 53,7116122 \cdot a + 14,6341198 \cdot b & 53,7116122 \cdot c + 14,6341198 \cdot d \\ 14,6341198 \cdot a + 4 \cdot b & 14,6341198 \cdot c + 4 \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pela igualdade de matrizes, é possível escrever que:

$$\begin{cases} 53,7116122 \cdot a + 14,6341198 \cdot b = 1 \\ 14,6341198 \cdot a + 4 \cdot b = 0 \end{cases} \quad (7) \quad e \quad \begin{cases} 53,7116122 \cdot c + 14,6341198 \cdot d = 0 \\ 14,6341198 \cdot c + 4 \cdot d = 1 \end{cases} \quad (8)$$

Resolvendo o sistema (7) pelo método da adição, multiplicando-se a primeira equação por 4 e a segunda por 14,6341198, tem-se que:

$$\begin{cases} 53,7116122 \cdot a + 14,6341198 \cdot b = 1 & \cdot 4 \\ 14,6341198 \cdot a + 4 \cdot b = 0 & \cdot 14,6341198 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -214,8464488 \cdot a - 58,5364792 \cdot b = -4 & (9) \\ 214,1574623 \cdot a + 58,5364792 \cdot b = 0 & (10) \end{cases}$$

Somando as equações (9) e (10), obtém-se:

$$-0,6889864 \cdot a + 0 = -4$$

$$a = \frac{-4}{-0,6889864}$$

$$a = 5,8056291$$

Então:

$$53,7116122 \cdot 5,8056291 + 14,6341198 \cdot b = 1$$

$$311,8296987 + 14,6341198 \cdot b = 1$$

$$14,6341198 \cdot b = 1 - 311,8296987$$

$$14,6341198 \cdot b = -310,8296987$$

$$b = \frac{-310,8296987}{14,6341198}$$

$$b = -21,2400679$$

Da mesma maneira, pode-se encontrar os valores de c e d realizando o mesmo procedimento com as equações (9) e (10):

$$\begin{cases} 53,7116122 \cdot c + 14,6341198 \cdot d = 0 \\ 14,6341198 \cdot c + 4 \cdot d = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 53,7116122 \cdot c + 14,6341198 \cdot d = 0 & \cdot -4 \\ 14,6341198 \cdot c + 4 \cdot d = 1 & \cdot 14,6341198 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -214,8464488 \cdot c - 58,5364792 \cdot d = 0 & (11) \\ 214,1574623 \cdot c + 58,5364792 \cdot d = 14,6341198 & (12) \end{cases}$$

Somando as equações (11) e (12), obtém-se:

$$-0,6889865 \cdot c + 0 = 14,6341198$$

$$c = \frac{14,6341198}{-0,6889865}$$

$$c = -21,2400675$$

$$14,6341198 \cdot (-21,2400675) + 4 \cdot d = 1$$

$$-310,8296923 + 4 \cdot d = 1$$

$$4 \cdot d = 1 + 310,8296923$$

$$4 \cdot d = 311,8296923$$

$$d = \frac{311,8296923}{4}$$

$$d = 77,9574230$$

Concluindo-se, assim, que:

$$(A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,8056291 & -21,2400679 \\ -21,2400675 & 77,9574230 \end{bmatrix}$$

Valores quase idênticos foram obtidos utilizando o *software* Geogebra para encontrar a matriz inversa $(A^T A)^{-1}$:

$$(A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} 5,8056274 & -21,2400620 \\ -21,2400620 & 77,9574032 \end{bmatrix}$$

Assim, o cálculo da matriz inversa pode ser realizado sem diferenças significativas no resultado final.

Para isolar a matriz X do primeiro termo da equação (6), deve-se multiplicar a matriz $(A^T A)^{-1}$ de ambos os lados da equação (6), da seguinte maneira:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 5,8056274 & -21,2400620 \\ -21,2400620 & 77,9574032 \end{bmatrix}}_{(A^T A)^{-1}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 53,7116122 & 14,6341198 \\ 14,6341198 & 4 \end{bmatrix}}_{A^T A} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} k \\ n \end{bmatrix}}_{\vec{X}} = \underbrace{\begin{bmatrix} 5,8056274 & -21,2400620 \\ -21,2400620 & 77,9574032 \end{bmatrix}}_{(A^T A)^{-1}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 39,0697757 \\ 10,6305146 \end{bmatrix}}_{A^T B}$$

(7)

Desse modo, obtém-se no primeiro membro da equação (7) a multiplicação da matriz identidade pela matriz X , o que resulta na própria matriz X :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,8056274 & -21,2400620 \\ -21,2400620 & 77,9574032 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 39,0697757 \\ 10,6305146 \end{bmatrix}$$

Assim, obtém-se como primeiro e segundo membros da equação (7) os seguintes resultados:

$$\begin{bmatrix} k \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,0317745 \\ -1,1171494 \end{bmatrix}$$

Portanto, pela equação (2), tem-se que:

$$k = 1,0317745$$

e

$$n = -1,1171494$$

Logo, substituindo k e n na equação (1), obtém-se:

$$\log y = -1,1171494 + 1,0317745 \cdot \log x$$

Para retornarmos esta equação logarítmica para a equação potência inicial, precisamos aplicar a operação inversa ao logaritmo de base 10. Assim, temos que:

$$n = \log b$$

$$-1,1171494 = \log b$$

$$10^{-1,1171494} = 10^{\log b}$$

$$b = 10^{-1,1171494} = 0,0763573$$

Portanto, a equação potência resultante (equação de alometria) é igual a:

$$y = b \cdot x^k \rightarrow y = 0,0763573 \cdot x^{1,0317745}$$

Ressalta-se que a equação obtida no resultado anterior é praticamente a mesma equação obtida pela regressão potência do *software* Geogebra apresentada na Figura 5. Dessa maneira, substituindo y pelo valor da medida da tíbia de *P. nevesi*, temos que:

$$870 = 0,0763573 \cdot x^{1,0317745}$$

$$\frac{870}{0,0763573} = x^{1,0317745}$$

$$11.393,8025571 = x^{1,0317745}$$

$$x^{1,0317745} = 11.393,8025571$$

$$(x^{1,0317745})^{\frac{1}{1,0317745}} = 11.393,8025571^{\frac{1}{1,0317745}}$$

$$x^{\frac{1,0317745}{1,0317745}} = 11.393,8025571^{\frac{1}{1,0317745}}$$

$$x = 8.545,5423045$$

Dessa maneira, o comprimento corporal de *Pycnonemosaurus nevesi* seria, aproximadamente, 8.545,54 *mm* ou, convertendo para metros e arredondando, 8,54 *m*, valor muito próximo do obtido por Grillo & Delcourt (2017), que foi de $8,63 \pm 0,25$. Os autores realizam o mesmo procedimento para todas as medidas obtidas de *P. nevesi* e dos outros espécimes. Cada procedimento gerou um comprimento corporal específico para cada dinossauro avaliado.

Segundo Pazim, Fonseca (2022), a abordagem do MMQ apresentada anteriormente leva em consideração conceitos advindos da Álgebra Linear, relacionados à multiplicação de matrizes. Contudo, o MMQ pode ser abordado com conceitos advindos da teoria estatística. A construção mais detalhada dessa abordagem pode ser consultada no trabalho de Pazim, Fonseca (2022) e será apresentada para a situação em estudo nesta dissertação como uma alternativa à utilização da situação-problema apresentada anteriormente utilizando a abordagem com matrizes. O método estatístico pode ser útil quando se tem uma grande quantidade de dados, situação em que as operações com matrizes começam a ficar inviáveis pelo tamanho das matrizes resultantes.

Dessa maneira, os parâmetros n e k podem ser calculados diretamente com os dados do Quadro 2 utilizando-se a relação

$$k = \frac{N \sum p_i m_i - \sum p_i \sum m_i}{N \sum p_i^2 - (\sum p_i)^2} \quad (5)$$

$$n = \bar{m} - n\bar{p} \quad (6)$$

em que:

N = quantidade de pontos obtidos na coleta de dados
 $\bar{m}$ = média dos valores de m
 $\bar{p}$ = média dos valores de p

Assim, para os dados apresentados no Quadro 2, temos os seguintes valores, mostrados no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3 - Valores calculados para os somatórios e médias dos dados do Quadro 2

Espécime	$\log CC (p_i)$	$\log CT (m_i)$	$p_i m_i$	p_i^2
<i>S. bustingorryi</i>	3,7965743	2,8175654	10,6970963	14,4139764
<i>A. garrido</i>	14,6341198	10,6305146	39,0697857	53,7116120
<i>E. mefi</i>	3,7427251	2,7118072	10,1495488	14,0079911
<i>M. knoplferi</i>				
FMNH PR 2481	3,3010300	2,2922561	7,5668061	10,8967990
Somatórios	3,6585299	2,6576286	-	-
Médias	3,7937904	2,8088859	10,6563345	14,3928455

Fonte: elaborado pelo autor

Substituindo os valores do Quadro 3 nas equações (5) e (6), temos que:

$$k = \frac{4 \cdot 39,0697857 - 14,6341198 \cdot 10,6305146}{4 \cdot 53,7116120 - (14,6341198)^2}$$

$$k = \frac{156,2791428 - 155,5682241}{214,8464480 - 214,1574623}$$

$$k = \frac{0,7109187}{0,6889857}$$

$$k = 1,0318337$$

e

$$n = \bar{m} - k\bar{p}$$

$$n = 2,6576286 - 1,0318337 \cdot 3,6585299$$

$$n = 2,6576286 - 3,7749944$$

$$n = -1,1173658$$

Assim, a equação obtida é a seguinte:

$$\log y = -1,1173658 + 1,0318337 \cdot \log x$$

Dessa maneira, o comprimento de *P. nevesi* será:

$$\log 870 = -1,1173658 + 1,0318337 \cdot \log x$$

$$2,9395193 = -1,1173658 + 1,0318337 \cdot \log x$$

$$1,0318337 \cdot \log x = 2,9395193 + 1,1173658$$

$$1,0318337 \cdot \log x = 4,0568851$$

$$\log x = \frac{4,0568851}{1,0318337}$$

$$\log x = 3,9317237$$

$$x = 10^{3,9317237}$$

$$x = 8545,22$$

$$x \cong 8,54$$

Dessa maneira, o comprimento de *P. nevesi* é de, aproximadamente, 8,54 m, valor dentro do estimado por Grillo & Delcourt (2017). O professor poderá optar, portanto, entre as duas abordagens para aplicação das atividades sugeridas, conforme a realidade de sua sala de aula. Ambas as abordagens trabalham temas e conteúdos presentes nos documentos oficiais de educação e no currículo do Ensino Médio, como será apresentado a seguir.

1.5. A BNCC e o presente trabalho

A Base Nacional Comum Curricular é o documento de caráter normativo utilizado como referência para a formulação dos currículos das redes escolares de Estados, Distrito Federal e Municípios. O documento define um conjunto progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo da formação escolar na Educação Básica. As aprendizagens essenciais devem fornecer aos estudantes subsídios para o desenvolvimento de dez competências gerais. A BNCC define competência como “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018, p.8).

A BNCC está organizada de modo a explicitar as competências que devem ser desenvolvidas durante as etapas da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio). Cada etapa é estruturada de modo a descrever as habilidades divididas por áreas do conhecimento, conforme suas especificidades. A etapa do Ensino Médio está organizada em quatro áreas do conhecimento, que não exclui a organização em disciplinas, mas implica o fortalecimento das relações entre elas. Cada área do conhecimento estabelece competências específicas da área que explicitam como as competências gerais da Educação Básica se expressam nas áreas (BRASIL, 2018).

A área de Matemática e Suas Tecnologias para o Ensino Médio contempla cinco competências específicas, cada uma dividida em uma sequência de habilidades que os alunos precisam desenvolver para favorecer o trabalho de cada competência específica. Apesar de as

habilidades estarem organizadas por competências, a BNCC também sugere a organização em unidades temáticas, de maneira semelhante ao que é desenvolvido na etapa do Ensino Fundamental.

A proposta descrita nesta dissertação de Mestrado se ampara nas habilidades e competências da BNCC relacionadas ao tema proposto. Como a atividade busca utilizar um problema das Ciências da Natureza para explorar um tema da Matemática de maneira significativa, ela está incluída nas competências específicas 1 e 3 da área de Matemática e Suas Tecnologias da BNCC. A competência específica 1 diz que:

Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, ou ainda questões econômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a consolidar uma formação científica geral. (BRASIL, 2018, p. 524)

Enquanto que a competência específica 3 apresenta o seguinte texto:

Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos, em seus campos – Aritmética, Álgebra, Grandezas e Medidas, Geometria, Probabilidade e Estatística – para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente. (BRASIL, 2018, p. 527)

Conforme destaca Almeida (2015), procedimentos de ajustes de curvas, como o Método dos Mínimos Quadrados, não fazem parte da grade curricular do Ensino Médio. Contudo, os conhecimentos necessários para compreendê-lo devem estar ao alcance dos alunos do final dessa etapa. Além de Almeida (2015), Espíndola (2014) e Teodoro (2021) também apresentam propostas de inclusão do estudo de métodos de ajuste de curvas no Ensino Médio de diferentes maneiras, mas principalmente utilizando o tratamento matricial e a introdução do conceito de derivadas e sua relação na determinação dos extremos da função quadrática.

A presente proposta se dedica à abordagem matricial do Método dos Mínimos Quadrados, pelo fato de os estudantes da turma em que as atividades foram aplicadas estarem estudando justamente o conteúdo de matrizes no período em que o produto seria aplicado. A proposta não exclui a aplicação de outras abordagens adaptando o produto educacional relacionado a esta dissertação, caso o professor acredite que seus alunos possuam os conhecimentos necessários.

O Quadro 4, a seguir, apresenta as habilidades que poderão ser trabalhadas utilizando as atividades do Produto Técnico-Tecnológico proposto nesta dissertação:

Quadro 4 - Habilidades da BNCC do Ensino Médio que poderão ser trabalhadas com as atividades do Produto Educacional

Código da habilidade	Habilidade	Competência Específica
EM13MAT101	Interpretar situações econômicas, sociais e das Ciências da Natureza que envolvem a variação de duas grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação com ou sem apoio de tecnologias digitais.	1
EM13MAT301	Resolver e elaborar problemas do cotidiano, da Matemática e de outras áreas do conhecimento, que envolvem equações lineares simultâneas, usando técnicas algébricas e gráficas, incluindo ou não tecnologias digitais.	3

Fonte: Elaborado pelo autor

A habilidade EM13MAT101 poderá ser abordada na medida em que ocorre a apresentação do problema originado na Paleontologia, sub-área das Ciências da Natureza, com uma abordagem matemática, utilizada para resolver a situação proposta, utilizando o apoio das tecnologias digitais. A situação geradora do problema e sua resolução faz com que seja necessário a revisão ou apresentação de fatos advindos das Ciências da Natureza, movimentando conhecimentos construídos em outras disciplinas.

A abordagem da habilidade EM13MAT301, por sua vez, ocorrerá durante a aplicação da metodologia elegida para a resolução da situação-problema, ao utilizar-se o conteúdo de Matrizes e diversos procedimentos numéricos explorados no tema, como a elaboração da matriz transposta, além da operação de multiplicação de matrizes, entre outros. As atividades sugeridas neste contexto podem ser desenvolvidas pelo professor em colaboração com seus colegas de outras disciplinas, como Biologia e Geografia, permitindo a exploração de outras competências nessas áreas do conhecimento.

A atividade proposta, portanto, se apresenta como importante pois possibilita explorar aspectos de Matemática de maneira interdisciplinar com áreas das Ciências da Natureza, sem deixar de atender aos requisitos da BNCC e do currículo da etapa do Ensino Médio. Além disso, busca divulgar e valorizar o patrimônio natural e cultural do estado de Mato Grosso por meio do uso de uma espécie fóssil encontrada na região como tema gerador da problemática e do catálogo de outros fósseis encontrados no estado, como será apresentado a seguir.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS E ANÁLISE

Neste capítulo são apresentados os aspectos relacionados à metodologia utilizada para a realização do trabalho e a análise dos resultados obtidos. Na primeira seção é descrita a área de estudo onde o Produto Educacional foi aplicado. Já a segunda seção aborda os métodos de coleta de dados utilizados durante a realização do trabalho. Por fim, na terceira seção são descritos os procedimentos realizados para a elaboração e impressão das réplicas em 3D utilizadas durante a aplicação do Produto Educacional.

2.1. Metodologia de Pesquisa

A primeira etapa desta proposta de trabalho consistiu na descrição e replicação do método utilizado por Grillo & Delcourt (2017) para a obtenção do modelo matemático que resultou no comprimento dos dinossauros da família dos abelissauros, dentre eles, *Pycnonemosaurus nevesi*. Uma parte dos dados apresentados pelos autores foi, então, utilizada para replicar os passos descritos no artigo. As informações selecionadas foram as relacionadas à tíbia de *P. nevesi* por dois motivos: 1) o fóssil do dinossauro foi encontrado no estado de Mato Grosso, sendo utilizado também para a divulgação dos fósseis do estado; e 2) a tíbia é o fóssil mais completo disponível deste dinossauro, sendo mais simples, também, a tomada da medida de seu comprimento.

Sendo um trabalho voltado à Paleontologia, os autores não detalham os procedimentos matemáticos envolvidos na obtenção dos resultados, sendo os cálculos realizados com softwares específicos para isso. Dessa maneira, a próxima etapa da pesquisa consistiu na familiarização com o Método dos Mínimos Quadrados e sua aplicação na resolução dos cálculos necessários para a solução do problema. Os resultados obtidos nesta etapa foram comparados com os resultados apresentados por Grillo & Delcourt (2017), sendo necessárias algumas tentativas até que os resultados fossem satisfatórios.

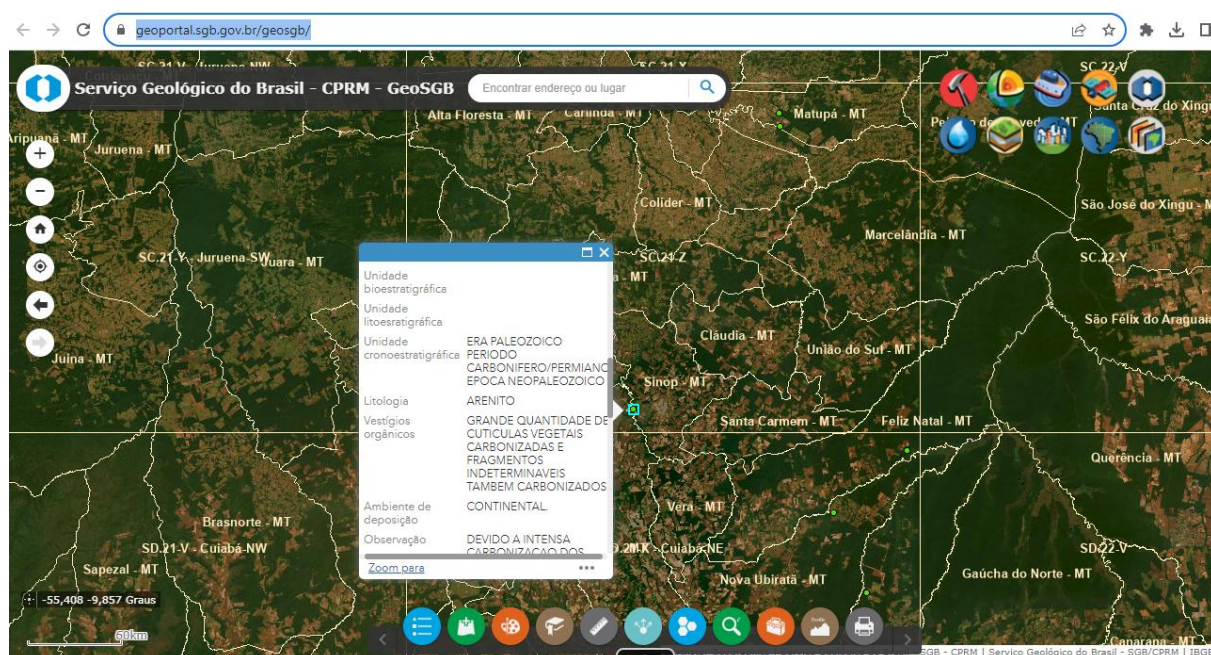
Encerrada esta etapa, passou-se à realização de um levantamento sobre a apresentação de conhecimentos advindos da Paleontologia no ensino básico brasileiro. Os resultados deste levantamento foram publicados em forma de artigo, intitulado “A Paleontologia na educação básica brasileira: uma revisão”, na revista *Terrae didática*, no ano de 2022. O artigo está apresentado na íntegra na seção 2.3.

A terceira etapa da pesquisa foi o desenvolvimento do Produto Educacional, que é dividido em duas partes: a primeira parte aborda os fósseis encontrados no estado de Mato

Grosso e os locais em que se encontram os sítios fossilíferos, com o intuito de divulgar o conhecimento produzido no estado; e a segunda parte que contém uma sugestão de atividade para ensino de Matemática para estudantes do Ensino Médio.

Para a construção da primeira parte do Produto Educacional, foi realizado um levantamento sobre os fósseis mato-grossenses já publicados em artigos, livros ou resumos científicos, buscando destacar os locais em que foram encontrados e também os locais em que estão armazenados, quando esta informação estava disponível. Posteriormente, constatou-se que existem informações do Serviço Geológico Brasileiro, disponíveis no link <https://geoportal.sgb.gov.br/geosgb/>, de fósseis encontrados no estado, porém ainda não publicados. Essas informações foram acrescentadas ao levantamento com essa situação destacada. O levantamento resultou na construção de um mapa do estado onde são marcados os locais e os tipos de fósseis encontrados, acrescentado ao Produto Educacional.

Figura 6 - Mapa do Serviço Geológico Brasileiro mostrando registro fossilífero no município de Sinop-MT



Fonte: <https://geoportal.sgb.gov.br/geosgb/>. Acesso em: 03/10/23.

A segunda parte do Produto Educacional trata da sugestão de atividade baseada na situação apresentada por Grillo & Delcourt (2017). Esta atividade utiliza uma etapa de transição entre a aula tradicional e a metodologia de ensino Modelagem Matemática, fundamentada principalmente em Barbosa (2004) e Biembengut (2018). Esta etapa ainda não centra totalmente o processo de ensino-aprendizagem no aluno, mas também não deixa o professor com todo o protagonismo nesse processo. A atividade apresentada nessa parte do Produto Educacional

trata-se de um problema que foi escolhido e poderá ser apresentado aos estudantes pelo professor, e aos estudantes caberá a tarefa de compreender as particularidades do problema e encontrar sua solução, tendo o professor como mediador desse processo. Dessa forma, esta atividade adequa-se ao que Barbosa (2004) define como o “caso 1”, apresentado anteriormente no capítulo 2.

Para esta atividade, foram criadas réplicas da tíbia de *P. nevesi* (Figura 7), que foram impressas em 3D, cada uma com uma escala diferente. O objetivo da produção dessas peças foi o de levar os estudantes a recolher alguns dos dados que foram utilizados na resolução do problema, através da medição do comprimento das peças e posterior cálculo do comprimento do fóssil original através das escalas. Os detalhes sobre a construção das réplicas da tíbia de *P. nevesi* são apresentados nas seções a seguir.

Figura 7 - Réplicas da tíbia de *Pycnonemosaurus nevesi* impressas em 3D



Fonte: elaborado pelo autor

2.2. Construção das réplicas da tíbia de *Pycnonemosaurus nevesi* e impressão em 3D

As miniaturas do fóssil da tíbia de *Pycnonemosaurus nevesi* foram construídas utilizando o software Agisoft a partir de uma série de fotografias da réplica do dinossauro que

está em exposição no Museu de História Natural de Mato Grosso, em Cuiabá. Ao todo foram 56 fotografias em diversas posições diferentes, para que fosse possível estabelecer detalhes da peça e noções de profundidade. As fotografias foram produzidas utilizando um smartphone SAMSUNG, modelo A32 e, a partir delas, foi elaborado um modelo em 3D da réplica completa. Posteriormente, o osso da tíbia foi isolado do restante do esqueleto, comparado e ajustado, observando-se as fotos do fóssil original, e, então, realizada a impressão em 3D.

Figura 8 - Reconstrução do esqueleto de *Pycnonemosaurus nevesi* e exemplos de diferentes ângulos de visão da tíbia.



Fonte: elaborado pelo autor

A impressão 3D foi preparada utilizando o software UltiMaker Cura versão 5.3.1. Foram impressas cinco réplicas da tíbia (figura 7) de *P. nevesi*, em diferentes escalas, como mostrado no Quadro 5. As peças foram produzidas com uma impressora Cliever CL2 Pro, pertencente ao PPGECEM, disponível na Oficina de Física da UFMT campus de Sinop. Os arquivos dos modelos de cada impressão ficarão disponíveis no Produto Educacional e poderão ser acessados através de um código QR. Caso o professor não disponha de uma impressora 3D, é possível realizar a atividade utilizando peças confeccionadas com cartolina. Os modelos para essas peças, já nas respectivas escalas, ficarão disponíveis no Produto Educacional através de um código QR.

Quadro 5 - Escalas em que as réplicas da tíbia de *P. nevesi* foram impressas e seus respectivos comprimentos

	Escala	Comprimento (em cm)
Fóssil original	1:1	87
Réplica 1	1:5	17,4

Réplica 2	1:6	14,5
Réplica 3	1:7,5	11,6
Réplica 4	1:10	8,7
Réplica 5	1:14,5	6

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3. Área de estudo

A aplicação do Produto Educacional ocorreu na Escola Estadual Ênio Pipino, localizada na rua das Avenças, nº 2261, no Setor Comercial do município de Sinop, Mato Grosso. Sinop ocupa a quarta posição no ranking da economia, desenvolvimento e prestação de serviços entre os municípios do estado. Conta com uma população de 196.067 habitantes segundo o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O município é resultado da política de ocupação da Amazônia Legal Brasileira, desenvolvida pelo Governo Federal na década de 1970. Seu nome deriva das iniciais da colonizadora que projetou a cidade, Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná (PREFEITURA MUNICIPAL DE SINOP, 2023; IBGE, 2012).

Segundo o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola (2023), a escola estadual Ênio Pipino foi a segunda escola criada no município de Sinop, no ano de 1981 e atende 1477 alunos nos períodos matutino, vespertino e noturno, provenientes da maior parte dos bairros da cidade, nas modalidades Ensino Fundamental Regular Anos Finais e Ensino Médio Regular. Ainda segundo o PPP (2023), os alunos do Ensino Fundamental dos períodos matutino e vespertino permanecem na escola durante 4 horas, enquanto os alunos do Ensino Médio permanecem durante 5 horas. Já os alunos do período noturno permanecem das 19:00h às 23:00h. O PPP (2023) ainda afirma que o ambiente escolar conta com 17 salas de aula na sede e 3 salas de aula anexas, duas quadras de esportes, uma coberta e outra descoberta, biblioteca integradora, cantina, refeitório e cozinha, e salas para os professores, funcionários e projetos realizados na escola. As salas de aulas são todas climatizadas, com acesso à internet e televisores *Smart TV* de 60". A escola conta ainda com *Chromebooks* com acesso à internet à disposição dos professores para uso com os alunos em sala de aula.

A aplicação do Produto Educacional foi realizada nos dias 03, 05 e 06 de outubro de 2023 na turma do 2º ano "D" do Ensino Médio Regular no período matutino, totalizando 5

horas/aula. A turma foi selecionada baseando-se no conteúdo curricular que estava sendo estudado no período de aplicação da atividade. A aplicação foi planejada para ser utilizada como uma atividade de introdução ao conteúdo de matrizes, que foi o primeiro tema estudado pela turma no 3º bimestre. A turma apresentava 26 alunos matriculados, dos quais 21 estavam frequentes, segundo a professora regente da turma. Desses, 8 alunos aceitaram participar da atividade.

A realização da atividade teve de ser reorganizada e adaptada devido a alguns imprevistos que serão detalhados na seção 2.5. As duas partes do Produto Educacional, incluindo o planejamento original da atividade, serão apresentados na seção 2.4, a seguir.

2.4. Produto Educacional

Nesta seção serão apresentadas as duas partes do Produto Educacional. A primeira seção apresenta a parte I que aborda os fósseis encontrados no estado de Mato Grosso. A segunda seção descreve as etapas da atividade que será proposta.

2.4.1. – Parte I – Os registros do passado do estado de Mato Grosso

Nesta seção serão apresentados os registros de fósseis encontrados em Mato Grosso, os municípios onde foram encontrados e as mesorregiões a que esses municípios pertencem. Embora não seja o foco da atividade, serão apresentados também os registros arqueológicos do estado, visto que também são importantes do ponto de vista natural e cultural. Por fim, será realizada uma breve descrição de *Pycnonemosaurus nevesi*, principal espécie fóssil de dinossauro encontrada no estado e objeto central desta dissertação.

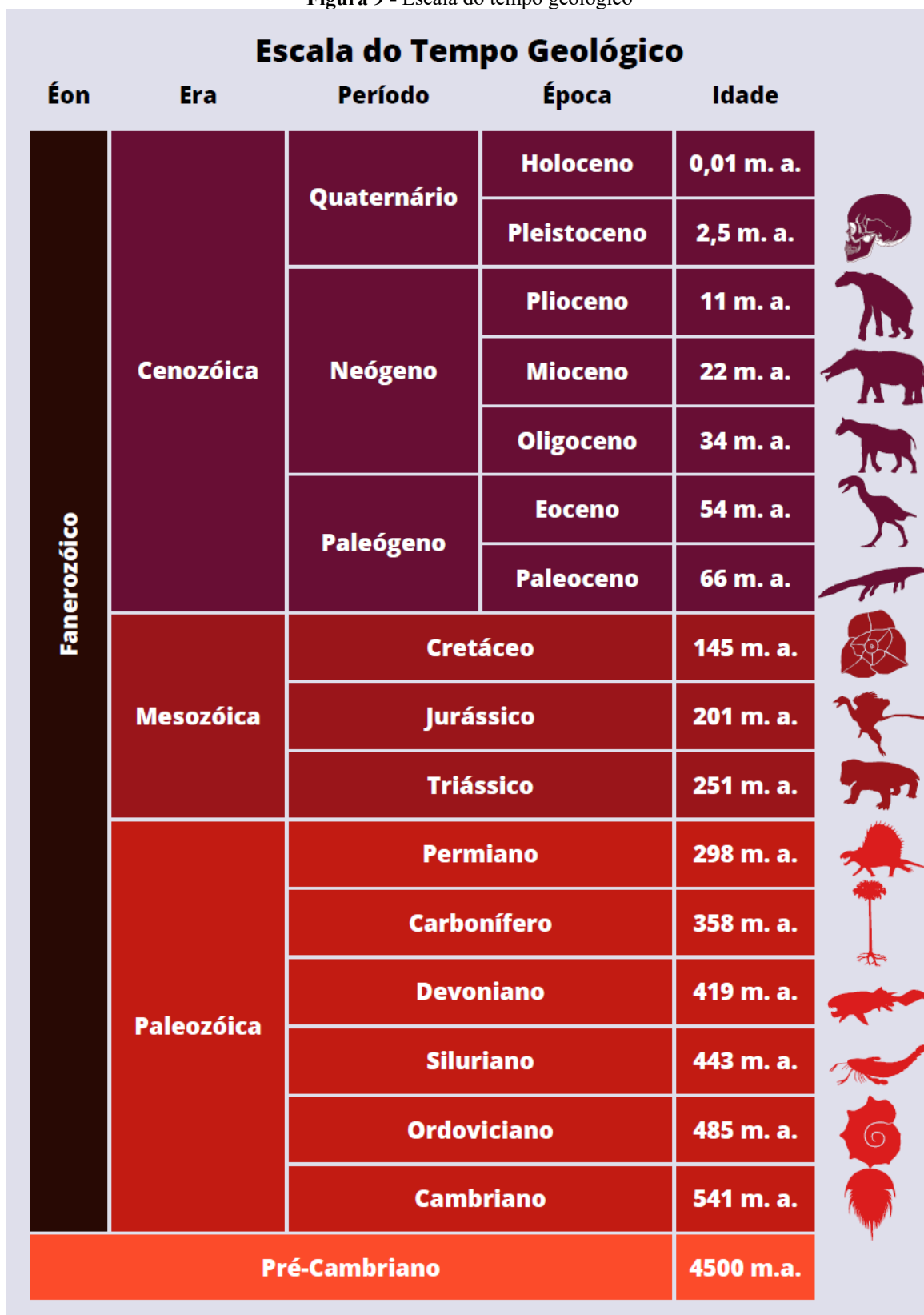
2.4.1.1. – Fósseis, primeiros humanos e museus mato-grossenses

A superfície terrestre encontra-se em constante mudança e o intemperismo das rochas ao longo do tempo gera sedimentos que são transportados para zonas mais rebaixadas do terreno, chamadas de bacias sedimentares. Junto com os sedimentos, restos ou vestígios de organismos podem ficar aprisionados, e com o passar do tempo, todo conjunto pode se transformar em rocha. Essas rochas contendo fósseis trazem importantes informações sobre a dinâmica terrestre durante do passado. Para estudar esses registros do longínquo passado, a

Geologia tem uma escala de tempo própria, a escala de tempo geológico, criada a partir da observação dos pacotes de rochas e do seu conteúdo fossilífero.

O tempo geológico é subdividido de acordo com grandes eventos geológicos e paleobiológicos que ficaram preservados nas rochas. As principais subdivisões dessa escala de tempo são os Éons, Eras e Períodos. A história do nosso planeta é dividida em quatro Éons: Hadeano, Arqueano, Proterozóico e Fanerozóico. Esses, por sua vez, são divididos em Eras, Períodos e Épocas. A imagem a seguir mostra a atual divisão do tempo geológico e sua nomenclatura.

Figura 9 - Escala do tempo geológico



Fonte: elaborado pelo autor

O território onde hoje se localiza o estado de Mato Grosso apresenta diversos tipos de rochas, nem todas favoráveis à preservação de registros fossilíferos. As rochas mais antigas do

Na região norte do estado, Asevedo, *et al.* (2021) registraram a ocorrência de fósseis de pelo menos três espécies de megamamíferos do Pleistoceno, que viveram entre 430 e 90 mil anos atrás. Os fósseis encontrados pertencem às espécies *Notiomastodon platensis*, *Toxodon platensis*, ilustrados na Figura 10, e a animais do gênero *Eremotherium*, apresentado na Figura 11. Esses fósseis foram coletados em uma área de garimpo no Rio Teles Pires, conhecida como Cachoeira da Rasteira, no município de Apiacás-MT e estão depositados no Museu de História Natural de Alta Floresta, no município de Alta Floresta, e no Museu de Minerais e Rochas da UFMT, em Cuiabá.

Figura 11 – *Toxodon*, à esquerda, e *Notiomastodon*



Fonte: Artes de Julio Lacerda

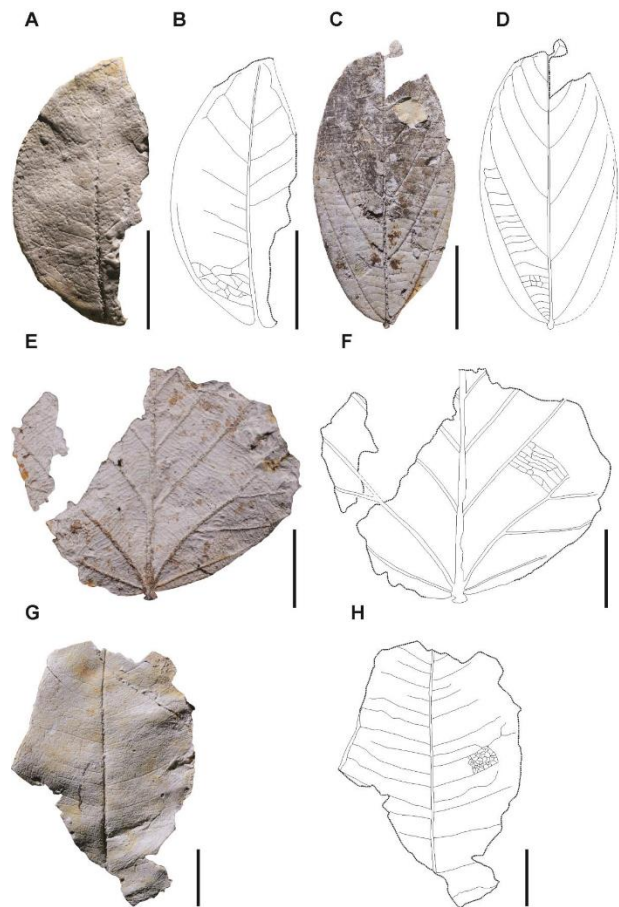
Figura 12 - *Eremotherium*



Fonte: Arte de Márcio L. Castro

No município de Paranaíta, ainda na região norte do estado, Gobo (2018) descreve fósseis encontrados nas margens do Rio Teles Pires, na região de alagamento da Usina Hidroelétrica (UHE) Teles Pires, apresentados na Figura 12. Tratam-se de diversos registros de plantas que viveram no Pleistoceno, há, aproximadamente, 23 mil anos. Os fósseis estão depositados atualmente no Museu de Paleontologia da Universidade Federal do Rio Grande Do Sul (UFRGS).

Figura 13 - Alguns dos fósseis de plantas encontrados em Paranaíta



Fonte: GOBO, 2018

Marconato *et al.* (2003) descreveram o primeiro registro de coprólito, (i.e., fezes fossilizadas) no estado, proveniente da Bacia do Parecis, encontrado nas cabeceiras do Rio Xingu, em Paranatinga, na região norte do estado. Trata-se de um coprólito de um animal herbívoro do Período Cretáceo. Os autores não mencionam onde o fóssil está depositado atualmente. Já no município de Campo Novo dos Parecis foram encontrados fósseis de um grupo de plantas comum no Período Permiano, as pteridospermatófitas. O fóssil pertence ao gênero *Glossopteris* e está armazenado no Museu de História Natural de Mato Grosso - Casa Dom Aquino em Cuiabá (KUHN *et al.*, 2022).

Em Porto Alegre do Norte, município da região nordeste do estado, foram encontrados fósseis de dois répteis Crocodiliformes descritos por Marconato (2006). São fósseis de partes do crânio dos animais, além de vértebras e outros ossos. Os animais viveram no Período Cretáceo, entre 135 a 65 milhões de anos atrás, e estão atualmente depositados na UFMT, em Cuiabá.

Alguns fósseis de um dinossauro saurópode foram encontrados no Rio Araguaia, nas proximidades do município de Araguaiana, região sudeste do estado. Os fósseis foram descritos

por Ghilardi, *et al.* (2011) e atualmente estão depositados na Academia de Letras, Cultura e Arte de Barra do Garças. Os fósseis foram localizados durante a realização de atividades de mineração no rio e datam do Período Cretáceo.

Na região sudoeste do estado são encontrados alguns dos registros mais antigos de vida, tratam-se de Estromatólitos e outras estruturas microscópicas relacionadas a restos orgânicos de seres unicelulares. Estromatólitos, como o apresentado na Figura 13, são encontrados principalmente no município de Mirassol d'Oeste (KUNH *et al.*, 2022).

Figura 14 - Estromatólito



Fonte: KUNH *et al.*, 2022.

A região centro-sul do estado é a região com maior número de registros de fósseis de Mato Grosso. São encontrados registros de estromatólitos em Cáceres e Nobres (KUNH *et al.*, 2022). É dessa região também, da Fazenda Roncador, no município de Chapada dos Guimarães, que provém o fóssil de *Pycnonemosaurus nevesi* (mais detalhes sobre esse espécime serão apresentados mais à frente, em seção própria), além de muitos outros em outras localidades. Contudo, grande parte desses registros são fragmentados, dificultando a identificação dos materiais a nível de espécie. Outro local importante, o Geossítio Dinossauros Morro do Cambambe, também é fonte de diversos outros fósseis de diferentes espécies de seres extintos de idade entre 85 e 66 milhões de anos, no final do Período Cretáceo (KUNH, *et al.*, 2022).

O Geossítio Dinossauros Morro do Cambambe (Figura 14) está localizado no município de Chamada dos Guimarães próximo ao distrito de Água Fria. O local não é aberto à visitação, possui alta biodiversidade e é valorizado como aspecto cultural pela população tradicional do entorno, destacando-se o grupo de siriri (dança tradicional mato-grossense) Flor do Cambambi que tem um dinossauro como símbolo (GEOPARQUE CHAPADA DOS GUIMARÃES, 2023).

Figura 15 - Morro do Cambambe, no município de Chapada dos Guimarães

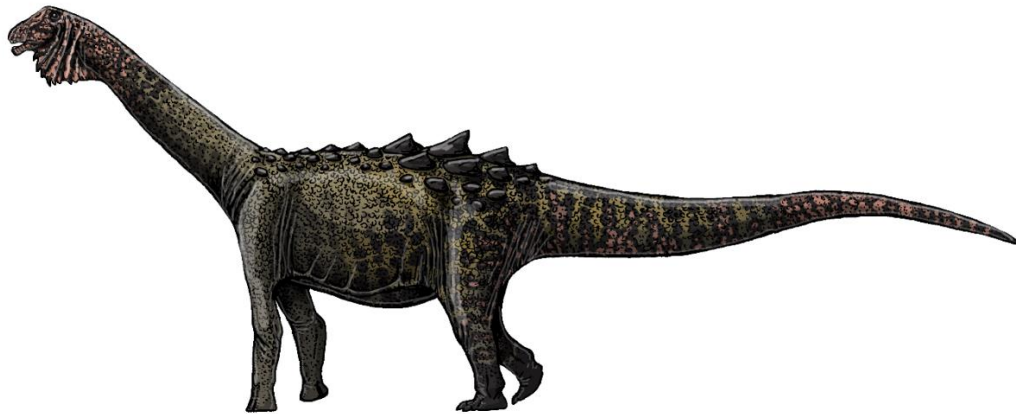


Fonte: Site do Geoparque Chapada dos Guimarães. Disponível em: <https://www.geoparkchapadadosguimaraes.com/geossitioscientificos>. Acesso em 03/10/23.

Em 2004, Franco-Rosas *et al.* (2004) descreveram fósseis de dinossauros saurópodes encontrados no Morro do Cambambe e atribuídos ao gênero *Gondwanatitan* e ao grupo dos Aelosaurini. Esses fósseis estão atualmente no Museu de Minerais e Rochas da UFMT, em Cuiabá. No Cambambe foram descobertos ainda vértebras de dinossauros megaraptores, dentes de dinossauros Abelissaurídeos e de Titanossauros (SALES *et al.*, 2011) e diversos fragmentos de vértebras e dentes de dinossauros saurópodes, como o *Gondwanatitan* ilustrado na Figura 15, e terópodes indeterminados, como o megaraptor apresentado na Figura 16 (AZEVEDO, 1995; FRANCO-ROSAS, 2001; SOUZA, *et al.* 2011), além de restos fósseis de tartarugas

(ROXO, 1937; MARCONATO, 2001). A maioria desses materiais encontra-se depositada no Museu de Minerais e Rochas da UFMT ou no Museu de História Natural de Mato Grosso, ambos em Cuiabá.

Figura 16 – Representação de *Gondwanatitan*



Fonte: Arte de Felipe Elias

Figura 17 - Megaraptor



Fonte: Arte de Marcio L. Castro

No município de Rosário Oeste, na localidade conhecida como Gruta do Curupira, foram encontrados dentes e outros ossos de ariranhas (*Pteronura brasiliensis*) que viveram há milhares de anos, de preguiças gigantes das espécies *Eremotherium laurillardi*, *Glossotherium* sp. e *Catonyx cuvieri*, de *Pampatherium humboldti* e de tatus gigantes da espécie *Propaopus punctatus*, todos do Pleistoceno, de, aproximadamente, 12 mil anos atrás (CARTELLE, HIROOKA, 2005; KUHN *et al.*, 2022). Representações das preguiças e tatus gigantes são

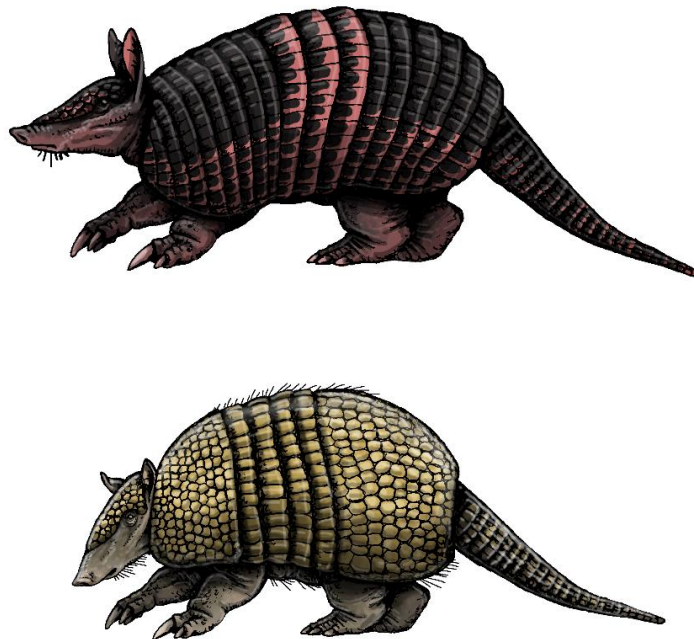
ilustradas na Figura 17 e na Figura 18. Esses registros encontram-se depositados na UFMT, em Cuiabá.

Figura 18 - As preguiças gigantes do gênero *Glossotherium* e *C. cuvieri*, respectivamente.



Fonte: Arte de Júlio Lacerda

Figura 19 – Representação de *Propaopus punctatus* e *Pampatherium humboldti*, respectivamente.



Fonte: Arte de Felipe Elias.

Registros de preguiças gigantes da espécie *Glossotherium lettsomi* foram encontrados no Abrigo Santa Elina, no município de Jangada (VIALOU, VIALOU, 2019). Tratam-se de pequenos ossos que ficavam na pele do animal, chamados de osteodermos, que foram utilizados pelos humanos que habitaram o local como pingentes. Os registros datam do Pleistoceno, tendo em torno de 27 mil anos de idade. Uma representação dessa situação é apresentada na Figura 19.

Figura 20 - Representação do uso de osteodermes de *Glossotherium lettsomi* como artefatos humanos



Fonte: Arte de Júlia D'Oliveira

No município de Chapada dos Guimarães existem diversos registros de fósseis de invertebrados do Período Devoniano, como trilobitas (Figura 20) e braquiópodes. Rochas deste período também ocorrem nos municípios de Jaciara, Juscimeira e Rondonópolis. Os fósseis coletados em Chapada dos Guimarães estão depositados no Museu de História Natural de Mato Grosso, no Museu de Minerais, Rochas e Fósseis e no Laboratório de Paleontologia e Palinologia de Mato Grosso da UFMT (KUHN *et al.*, 2022).

Figura 21 - Fósseis de trilobitas encontrados em Chapada dos Guimarães



Fonte: KUHN, *et al.* 2022

Também foram encontrados fósseis na Fazenda Confusão, no município de Tesouro, onde foram encontrados restos de um saurópode de grandes proporções (KELLNER, *et al.*, 1995) e na Comunidade Jangada Roncador, local de encontro de fósseis de dinossauros titanossauros (GIL *et al.*, 2020) e terópodes (SOUZA *et al.*, 2011). Além disso, fósseis de um grupo de trilobitas do período Devoniano foram encontrados às margens da BR 364 no município de Jaciara, catalogados por Ribeiro *et al.* (2021). Esses fósseis estão atualmente armazenados no Museu de História Natural de Mato Grosso e no Museu de Minerais e Rochas da UFMT, em Cuiabá.

Existem ainda fósseis que não foram publicados e aguardam identificação. Esses fósseis foram catalogados e se encontram na base de dados da página do Serviço Geológico do Brasil (SGB). São diversos fragmentos de plantas encontrados nos municípios de Colniza, Sinop, Nova Ubiratã, Gaúcha do Norte e Paranatinga, na região norte do estado; registros de atividades de algas primitivas encontrados no município de Cáceres, na região centro-sul; e registros de *Toxodon platensis*, *Smilodon populator* e animais do gênero *Pachyarmatherium*, provenientes do município de Itiquira, na região sudeste do estado. Outros registros presentes na base de dados do SGB de fragmentos de plantas fósseis no município de Matupá, no norte do estado,

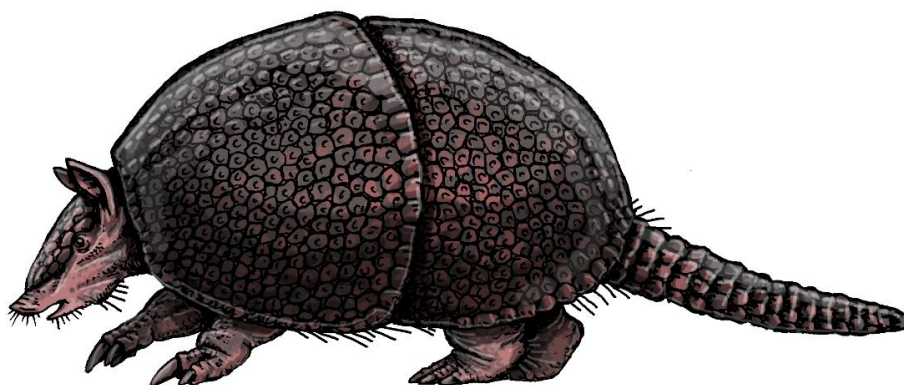
foram desconsiderados devido a inconsistências nas informações. Representações de *Smilodon populator* e *Pachyarmatherium* são apresentadas na Figura 21 e na Figura 22.

Figura 22 - *Smilodon populator* disputa carcaça com uma onça (*Panthera onca*). Pleistoceno, em algum lugar do Brasil central. As onças atuais existem desde, pelo menos, o Pleistoceno, chegando a conviver com animais que hoje estão extintos, como as preguiças gigantes e *S. populator*.



Fonte: Arte de Júlia D'Oliveira

Figura 23 – Representação de animal do gênero *Pachyarmatherium*



Fonte: Arte de Felipe Elias

Além das riquezas fósseis, Mato Grosso também abriga diversos locais com rico patrimônio arqueológico. O estado possui “1.632 sítios arqueológicos cadastrados no Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), ao qual cabe fiscalizar e proteger esse patrimônio, desde a promulgação da Lei 3.924/1961” (KUHN *et al.*, 2022, p. 89). Dentre os principais locais com potencial arqueológico no estado, destacam-se o Sítio de Santa Elina no município de Rosário Oeste, que abriga os mais antigos registros da ocupação humana em Mato

Grosso. Ainda na mesma região, a Gruta do Curupira abriga registros de três espécies de preguiças gigantes, com registros de transformação de restos desses animais em artefatos utilizados por antigos humanos. Ambas as localidades também se destacam pela diversidade de registros de artes rupestres (KUHN *et al.*, 2022).

Alguns outros locais que abrigam registros arqueológicos importantes no Mato Grosso são o município de Reserva do Cabaçal, onde foi encontrada uma urna funerária dos primeiros povos agricultores do estado. Existem também vários registros de diferentes povos com tradições ceramistas, como os de tradição Una e tradição Tupi-Guarani, que ocuparam a região amazônica, ao norte do estado, as tradições Pantanal e Uru, encontradas mais ao sul, a tradição Aratu, na divisa com Goiás e a tradição Xinguana, situada na região nordeste mato-grossense, no alto Xingu (KUHN *et al.*, 2022).

Por fim, destaca-se o importante papel dos Museus de História Natural nas ações de ensino, divulgação e preservação do patrimônio natural de Mato Grosso. KUHN *et al.*, 2022 alerta que no estado existem 43 instituições museológicas, contudo algumas estão fechadas temporariamente ou permanentemente. Ainda segundo KUHN *et al.*, 2022:

“Apesar dos primeiros museus de Mato Grosso não terem resistido ao tempo, existem outros em funcionamento no estado que contam a história natural da região, como o Museu Rondon de Etnologia e Arqueologia, ligado à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), fundado em 1972, o qual realiza um importante trabalho de pesquisa e divulgação das culturas indígenas. Há ainda o Museu de História Natural de Alta Floresta, inaugurado em 2005, e o Museu de Antropologia, Etnografia, Arqueologia, Paleontologia e Espeleologia de Cáceres, ambos parte da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Em 2006, foi fundado o Museu de História Natural de Mato Grosso, com parceria entre o Instituto Ecossistemas e Populações Tradicionais (Ecoss) e a Secretaria de Estado de Cultura, Esporte e Lazer de Mato Grosso (SECEL).” (KUHN *et al.*, 2022, p. 146)

“[...] o Museu de História Natural do Araguaia (MUHNA), inaugurado em 2017, localizado em Barra do Garças, no Campus Universitário do Araguaia (UFMT), e o Museu de Minerais, Rochas e Fósseis, fundado em 2016, localizado no Campus Universitário da UFMT, em Cuiabá” (KUHN *et al.*, 2022, p.146)

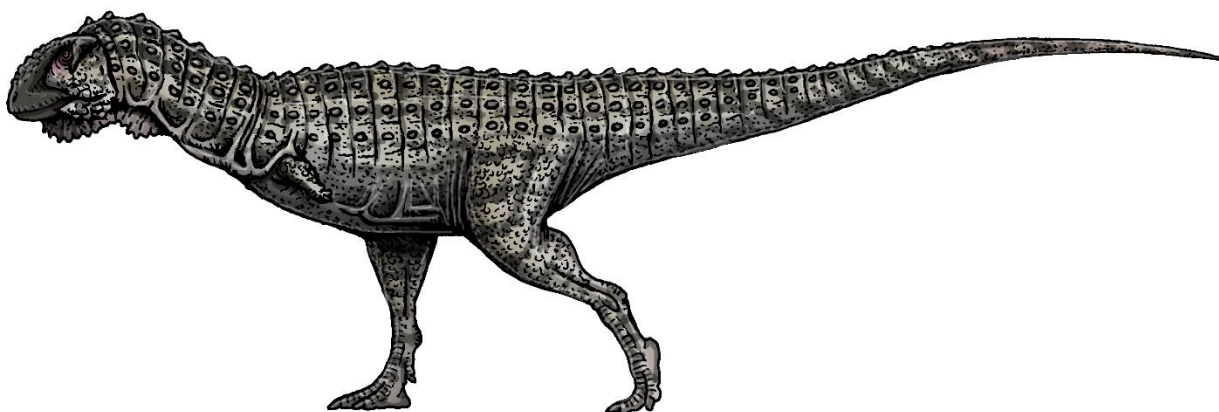
O Campus da UFMT de Cuiabá dispõe ainda do Laboratório de Paleontologia e Palinologia (PALMA) que contém uma ampla coleção científica de invertebrados marinhos do Devoniano de Chapada dos Guimarães e região (KUHN *et al.*, 2022). Na região do município de Sinop não foram encontrados fósseis, mas existem diversos registros arqueológicos dos indígenas que habitaram o local. Contudo, a cidade não conta com uma estrutura adequada para armazenar objetos localizados em sua região, segundo as regras do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Os artefatos coletados na região do município

encontram-se atualmente armazenados no Museu de História Natural Casa Dom Aquino em Cuiabá (BENFICA, 2020).

2.4.1.2. – *Pycnonemosaurus nevesi*

Entre os anos de 1952 e 1953, o paleontólogo brasileiro Llewellyn Ivor Price coletou diversos fósseis no estado do Mato Grosso. Alguns desses fósseis foram localizados por Max de Barros Erhart, proprietário da fazenda Roncador, no município de Querência, e por seus funcionários, próximos a um riacho da propriedade. Esses registros foram armazenados no Museu Nacional, no Rio de Janeiro, até o ano de 2002, quando foram finalmente analisados e descritos como uma nova espécie de dinossauro, *Pycnonemosaurus nevesi* (KELLNER, CAMPOS, 2002), representado na Figura 23.

Figura 24 – Representação de *Pycnonemosaurus nevesi*



Fonte: Arte de Felipe Elias

Pycnonemosaurus nevesi pertence a um grupo de dinossauros carnívoros que viveu no Período Cretáceo, os abelissauros, que são caracterizados principalmente pelo focinho curto e por apresentarem os membros posteriores muito reduzidos (GRILLO, DELCOURT, 2017). A espécie mais famosa desse grupo é *Carnotaurus sastrei*, representado na Figura 24, um carnívoro descoberto na Argentina, que ficou famoso por ter sido o vilão do filme “Dinossauro” da Walt Disney, lançado nos anos 2000.

Figura 25 - *Carnotaurus sastrei*



Fonte: Arte de Marcio L. Castro

Na época de sua descrição, o comprimento de *P. nevesi* foi estimado medindo cerca de 7 a 8 metros, sendo menor que o argentino *C. sastrei*, até aquele momento considerado o maior representante da família dos abelissauros. Contudo, Grillo & Delcourt (2017) perceberam que um dos elementos fósseis de *P. nevesi*, a tíbia, era maior do que as tíbias de todos os outros abelissauros conhecidos, incluindo *C. sastrei*. Assim, os dois autores realizaram uma revisão dos comprimentos de todos os dinossauros dessa família, chegando à conclusão de que *P. nevesi* seria o maior de todos os abelissauros conhecidos, com um comprimento aproximado de 8,9 m.

Os fósseis originais de *Pycnonemosaurus nevesi* não estão em museus do estado de Mato Grosso, contudo, existem reconstituições de seu esqueleto completo no Museu de História Natural Casa Dom Aquino, em Cuiabá (Figura 25), e no Museu de História Natural de Alta Floresta, no município de Alta Floresta (Figura 26). Ainda desconhecido de boa parte da população do estado, um dinossauro considerado o maior do mundo de sua família pode gerar identificação, principalmente entre estudantes, além de ser motivo de orgulho para a Paleontologia mato-grossense e brasileira no geral. Deste possível elemento motivador que parte a proposta de atividade, como apresentado na seção a seguir.

Figura 26 – Réplica de *Pycnonemosaurus nevesi* no Museu de História Natural Casa Dom Aquino



Fonte: GAZETA DIGITAL, 2023

Figura 27 – Réplica de *Pycnonemosaurus nevesi* no Museu de História Natural de Alta Floresta



Fonte: Acervo pessoal do autor

2.4.2. – Parte II - Proposta de atividade: Como *Pycnonemosaurus nevesi* se tornou o novo rei

A proposta de atividade de ensino consistirá nas seguintes etapas:

Etapla 1 - Reconhecimento da situação-problema – 1 hora

Será apresentado o vídeo “O Primeiro Dinossauro Predador – Reportagem Fantástico 10/11/2019”, disponível no link <https://www.youtube.com/watch?v=LoZ9NQHD0rc>. Após a apresentação do vídeo, os alunos serão questionados sobre o que sabem do tema “Paleontologia” e se acreditam que existiam dinossauros em Sinop e no Mato Grosso. Após a conversa, o professor apresentará informações sobre o dinossauro *Pycnonemosaurus nevesi* através de slides. Serão apresentadas também informações sobre os fósseis de *P. nevesi* que foram encontrados em Mato Grosso, principalmente sobre quais partes do corpo do animal foram recuperadas. Assim, pretende-se que o problema principal da atividade seja apresentado aos alunos: Como saber o comprimento do corpo de um dinossauro do qual só conhecemos algumas partes do corpo?

Etapla 2 – Familiarização com o assunto a ser modelado e formulação do problema – 1 hora

Para que os estudantes possam ter uma ideia de como poderemos estimar o comprimento de um animal extinto tendo apenas uma parte do corpo, será desenvolvida a seguinte atividade: os estudantes serão divididos em grupos de quatro integrantes:

1. Cada grupo deverá medir o comprimento do braço de todos os integrantes. As medidas deverão ser tomadas partindo do ombro até o cotovelo. Além disso, cada estudante deverá ter sua altura medida e o grupo deverá anotar os dados coletados em uma tabela.
2. Os dados das tabelas serão escritos como pontos do plano cartesiano e plotados no *software* Geogebra. Para isso, os alunos seguirão os seguintes passos: clicar nas três barras no canto superior esquerdo – encontrar a ferramenta “exibir” – marcar a caixa de diálogo “planilha”. Na planilha, o grupo digitará os dados coletados em duas colunas de células, a primeira para as medidas das alturas e a segunda para as medidas dos comprimentos dos braços de cada integrante do grupo. Selecionar as linhas e colunas em que se encontram os dados – clicar com o botão direito do mouse sobre a seleção e sobre a opção “criar” – “lista de pontos”. Após esses passos, eles deverão clicar com o botão direito do mouse sobre a área do plano cartesiano e escolher a opção “ampliar para enquadrar”, para o software exibir o local onde os pontos aparecem. No Produto Educacional, esses passos estarão ilustrados para melhor entendimento.
3. Com os pontos exibidos no plano cartesiano, o professor pode levar os alunos a decidirem qual curva se adequa melhor aos dados obtidos. Com essa atividade, espera-

se que a melhor equação que representa os pontos seja a equação de alometria do tipo $y = b \cdot x^k$. Nesse momento o professor pode sugerir diversas equações diferentes para que os estudantes decidam qual formato se adequa aos dados que foram coletados.

4. Com o tipo de equação definida, os estudantes deverão encontrar quais os valores das constantes b e k . Para isso, o professor apresentará o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), utilizando o problema como exemplo. Para iniciar a aplicação do MMQ, a equação deverá sofrer uma mudança de variável, tornando-a uma equação potência com expoente 1. Assim, o professor poderá recordar alguns conceitos de logaritmo com seus alunos, para que realizem a seguinte transformação, aplicando o logaritmo em ambos os lados da equação $y = b \cdot x^k$:

$$\log y = \log bx^k$$

$$\log y = \log b + \log x^k$$

$$\log y = \log b + k \log x$$

Assim, pode-se definir que $\log y = Y$, $\log x = X$ e $\log b = B$, de onde se conclui que a equação poderá ser representada da seguinte maneira:

$$Y = B + k \cdot X \quad (1)$$

Os estudantes deverão descobrir quais os valores das constantes B e k , mas agora tratando-se de uma equação linear.

5. Assim, os procedimentos para a resolução do problema serão abordados com matrizes, podendo o professor revisar com seus alunos alguns conceitos e operações entre matrizes, se necessário. Assim, os logaritmos dos valores de comprimento do braço e da altura dos integrantes de cada grupo deverão ser calculados e tomados como valores para Y e X , respectivamente. Os dados coletados serão então escritos da seguinte maneira, na forma de equação:

$$X_1 \cdot k + B = Y_1$$

$$X_2 \cdot k + B = Y_2$$

$$X_3 \cdot k + B = Y_3$$

$$X_4 \cdot k + B = Y_4$$

A forma de equação pode ser transformada na forma matricial, da seguinte maneira:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} X_1 & 1 \\ X_2 & 1 \\ X_3 & 1 \\ X_4 & 1 \end{bmatrix}}_A \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} k \\ B \end{bmatrix}}_X = \underbrace{\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \end{bmatrix}}_P$$

6. A partir disso, o professor explicará que a forma para resolver o problema (e os cálculos que deverão ser feitos) será realizar uma abordagem semelhante à resolução de uma equação de primeiro grau, $A \cdot X = P$ com o objetivo de isolar o termo X em um dos lados da igualdade. Contudo, a abordagem matricial requer algumas adaptações. Para passar a matriz A para o outro lado da igualdade, deveremos multiplicar ambos os lados da equação pela matriz inversa de A , representada por: A^{-1} . Contudo, uma matriz possui inversa se ela for uma matriz quadrada, ou seja, com a mesma quantidade de linhas e colunas. Para resolver esse problema, teremos que utilizar outro conceito de matrizes, a matriz transposta. Multiplicar uma matriz por sua transposta terá como resultado uma matriz quadrada. Assim, precisamos, primeiro, multiplicar ambos os lados da igualdade pela matriz transposta da matriz A , representada por A^T . Para isso, basta realinhar os elementos da matriz A de modo que os elementos dispostos nas linhas fiquem agora dispostos nas colunas, e vice-versa. Assim, temos que:

$$A^T = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Realizando as operações, teremos então que a equação inicial estará da seguinte maneira:

$$A^T \cdot A \cdot X = A^T \cdot P$$

Após a multiplicação da matriz A por sua matriz transposta, A^T , poderemos então encontrar a matriz inversa da matriz resultante, que será nomeada como $(A^T \cdot A)^{-1}$. Como o procedimento para encontrar a matriz inversa nem sempre é simples, o professor poderá utilizar o *software* Geogebra para realizar os cálculos (ou algum outro tipo de recurso digital). Na planilha, basta digitar os elementos da matriz $A^T \cdot A$, selecionar os dados, clicar com o botão direito do mouse sobre a seleção, clicar na ferramenta “criar” e depois em “matriz”, para que o software crie uma matriz com os dados, nomeada de $m1$. Após isso, basta digitar na barra de entrada o seguinte comando: $(m1)^{-1}$.

7. Com os elementos todos prontos, a equação pode ser reescrita como:

$$\begin{aligned} (A^T \cdot A)^{-1} \cdot X &= (A^T \cdot A)^{-1} \cdot P \\ X &= (A^T \cdot A)^{-1} \cdot P \end{aligned}$$

Dessa maneira, a matriz resultante será uma matriz com duas linhas e uma coluna, em que cada valor dessa matriz será o resultado para k e B , respectivamente. Assim, basta reescrever a equação (1) com os resultados obtidos.

8. Para avaliar o modelo produzido basta que os estudantes substituam o logaritmo do comprimento do braço de uma pessoa que não fez parte da construção do modelo e calculem sua altura a partir desse valor. O MMQ leva a uma aproximação da altura real, existindo um erro, o qual espera-se que seja minimizado.

É importante destacar que, como essa atividade se baseia em um experimento aleatório, alguns imprevistos podem acontecer e alterar os dados e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Tais imprevistos, como, por exemplo, erros de medição, podem alterar significativamente o modelo obtido, sem, contudo, interferir no objetivo principal da atividade de apresentar o procedimento que será realizado na tarefa principal.

Outro fator a se considerar é a falta de variabilidade nos dados coletados, considerando que, em uma sala de aula, os alunos possuem a mesma idade. Isso pode acarretar em uma alteração no resultado, principalmente se a validação ocorrer com as medidas de uma pessoa de idade diferente (o professor, por exemplo). Este fator pode ser atenuado escolhendo-se uma pessoa da mesma idade para que suas medidas sejam utilizadas na validação do modelo obtido.

Etapa 3 – Formulação do modelo: O comprimento de *Pycnonemosaurus nevesi* – 1 hora

Mostrar aos alunos que o mesmo método utilizado na atividade anterior pode ser adaptado para descobrirmos qual é o comprimento de *P. nevesi*. Para encontrar o comprimento do dinossauro os estudantes deverão encontrar uma equação que relacione o comprimento da tíbia de *P. nevesi* ao seu comprimento corporal. Contudo, não existem outros fósseis de *P. nevesi* preservados. Para isso, serão utilizados fósseis de outros dinossauros da mesma família. As medidas dos comprimentos desses dinossauros e do comprimento de suas tíbias serão apresentadas aos alunos em uma tabela, que deverá ser utilizada para a elaboração do modelo.

Etapa 4 – Validação do modelo – 1 hora

Os alunos deverão encontrar a relação e expressá-la por meio de uma equação, que será o modelo. Encontrada essa relação, os alunos deverão realizar os cálculos para encontrar o comprimento corporal de *Pycnonemosaurus nevesi*. Para isso, precisaremos medir o fóssil da tíbia do dinossauro. O professor levará algumas réplicas desse fóssil impressas em 3D e em escalas diferentes. Caso o professor não tenha acesso a uma impressora 3D, as réplicas podem

ser produzidas com cartolina. O Produto Educacional vinculado a essa dissertação disponibiliza esse material para o professor. Os alunos deverão, então, obter as medidas das réplicas e convertê-las para as medidas reais utilizando a escala presente em cada réplica.

Etapa 5 – Atividade de avaliação – 1 hora

Os alunos deverão construir outros modelos com outras medidas da tíbia de *Pycnonemosaurus nevesi* e com medidas de outros fósseis, como algumas das vértebras, por exemplo. No Produto Educacional são apresentadas algumas medidas que podem ser utilizadas para esse fim. Analisar os modelos encontrados e comparar o comprimento corporal obtido com os outros modelos e com o modelo principal. A avaliação se dará ao final das atividades e será realizada através de um questionário.

2.5. Aplicação do Produto Educacional

A aplicação da atividade descrita na Parte II do Produto Educacional foi realizada nos dias 03, 05 e 06 de outubro de 2023 nos horários detalhados no Quadro 6. As aulas foram cedidas para a realização da atividade pela professora de Matemática regente da turma, autorizada pela direção da escola e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa, segundo o CAAE número 68359823.6.0000.8097 (Anexo A).

Quadro 6 - Datas e horários em que foram realizadas as aulas da aplicação do Produto Educacional

Horário	Dia 03	Dia 05	Dia 06
7:00h às 8:00h			
8:00h às 8:55h		x	
9:10:h às 10:00h	x		x
10:00h às 11:00h		x	x
11:00h às 12:00h			

Fonte: elaborado pelo autor

O desenvolvimento da atividade na escola estava previsto para o início do 3º bimestre escolar, entre o final do mês de julho e início de agosto de 2023. Nesse período, o conteúdo curricular que deveria ser desenvolvido com a turma selecionada estava alinhado com a proposta do Produto Educacional, envolvendo noções de matrizes e operações matriciais. Contudo, devido a pendências e desencontros de informações com o CEP, a atividade só pôde ser aplicada no início do mês de outubro, quando se iniciava o 4º bimestre letivo. Assim, a

atividade sugerida no Produto Educacional funcionou como uma revisão e aplicação do conteúdo estudado pela turma anteriormente.

Uma das primeiras dificuldades encontradas durante a aplicação da atividade foi o fato de as aulas estarem separadas em etapas de uma hora de duração, com exceção do encontro de sexta-feira, como mostrado no Quadro 6. Dessa maneira, nem sempre as etapas da atividade eram finalizadas em uma hora, como previsto, sendo necessário a interrupção da aplicação sem a finalização de algumas etapas, finalizando-as na aula posterior, sendo esta, também, uma dificuldade para o andamento da atividade e para a compreensão por parte dos estudantes. Um breve relato dos encontros será realizado adiante, seguido da análise dos resultados. As aulas foram gravadas com um *smartphone* Samsung, modelo A32. As gravações foram utilizadas somente pelo pesquisador para análise dos resultados.

O professor-pesquisador esteve na turma com uma semana de antecedência do início da aplicação da atividade para apresentar como funcionaria a atividade, a importância da participação e para entregar as autorizações a serem preenchidas pelos estudantes e seus responsáveis. Essas autorizações, disponíveis nos apêndices B e C, foram recolhidas durante os encontros. Os estudantes que não quiseram participar, não foram impedidos de estar presentes na aula durante a realização da atividade. Dos 26 alunos matriculados na turma, estavam presentes durante a aplicação cerca de 15 alunos por encontro, dos quais 10 aceitaram participar da atividade.

No primeiro encontro, foi apresentado o vídeo inicial da primeira etapa, que se trata de uma reportagem do programa Fantástico que relata a descoberta de um dos dinossauros mais antigos do mundo, ocorrida no Rio Grande do Sul. Após a apresentação do vídeo, que durou cerca de 10 minutos, o professor-pesquisador conversou um pouco com os estudantes sobre Paleontologia e os registros fósseis que ocorrem no Brasil e em Mato Grosso, destacando os fósseis de *Pycnonemosaurus nevesi* e apresentando o problema inicial: como descobrir o comprimento do corpo desse dinossauro, tendo somente o fóssil de sua tíbia?

Após a apresentação do problema, o professor-pesquisador iniciou a primeira atividade, explicando que seria apresentado o procedimento para resolução do problema usando como exemplo uma maneira de encontrar a altura de uma pessoa a partir do comprimento de seu braço. Para isso, o professor-pesquisador orientou os alunos a dividirem-se em grupos de 4 pessoas. Cada integrante do grupo sua altura e seu braço medidos e os resultados seriam dispostos em uma tabela. Esse procedimento durou cerca de 40 minutos, finalizando o primeiro encontro.

No segundo encontro, o professor-pesquisador fez uma pequena revisão sobre o problema, sobre os dados recolhidos e sobre o motivo das medições realizadas na aula anterior. Isso foi necessário devido à presença de vários alunos que não estavam presentes no primeiro encontro. Esses alunos tiveram suas alturas e comprimentos do braço medidos no início deste segundo encontro. Alguns alunos que estavam no primeiro dia, faltaram no segundo, resultando em um número de alunos próximo da quantidade do encontro anterior, contudo, nem todos conheciam a atividade. Nesse encontro, foram utilizados os *chromebooks* da escola para utilização do *software* Geogebra Classic, em sua versão online, pois não foi possível a instalação do aplicativo nos *chromebooks*. Esse fato não prejudicou a aplicação, já que a versão online é semelhante ao *software*.

Nos *chromebooks*, os alunos foram orientados a representar os comprimentos dos braços e alturas como pontos no plano cartesiano. O intuito desta atividade foi o de verificar qual equação seria mais adequada para representar uma curva que abrangesse todos os pontos representados. Neste momento, o professor-pesquisador percebeu que as representações de alguns grupos não coincidiam com o esperado, resultando em situações como a de pessoas com alturas diferentes e com comprimentos iguais dos braços, gerando pontos colineares no plano cartesiano. Este fato pode ter ocorrido devido aos instrumentos de medidas utilizados (fitas métricas) não serem os adequados para medição do comprimento do braço, visto que se adaptam às curvas, gerando medidas imprecisas. O professor-pesquisador explicou aos alunos que, devido ao tempo escasso dos encontros, este fato foi ignorado, sem maior prejuízo ao desenvolvimento do processo.

Após esse momento, o professor-pesquisador explicou como o problema poderia ser resumido ao encontro de duas constantes, B e k e como esse procedimento poderia ser realizado utilizando matrizes, tema já estudado pelos estudantes. Nesse momento, alguns alunos estavam fazendo suposições sobre quais operações utilizar nas matrizes para resolver a questão. Os estudantes registraram a equação matricial no caderno e fizeram os cálculos utilizando calculadoras dos *chromebooks*. Como as operações envolviam logaritmos de números muito próximos, o professor-pesquisador explicou que deveriam ser utilizados sete casas decimais depois da vírgula de cada valor, o que gerou morosidade e demora na realização dos cálculos. Assim, o segundo encontro foi encerrado sem que essa etapa houvesse terminado.

No terceiro e no quarto encontros, o professor-pesquisador revisou novamente o trabalho que havia sido realizado até aquele momento e iniciou a explicação do procedimento que deveria ser realizado neste encontro. Tratou-se das operações com matrizes, revisadas

constantemente com os estudantes. As operações de multiplicação de matrizes foram realizadas pelos alunos nos cadernos, fazendo uso de calculadoras. Para encontrar a matriz inversa, foi utilizado o Geogebra Classic Online, acessado nos *chromebooks*. Devido à complexidade dos cálculos, esta etapa durou todo o tempo dos terceiro e quarto encontros. Ao final, os resultados obtidos geraram as constantes necessárias para a utilização do modelo que associa o comprimento do braço de uma pessoa à sua altura. Os modelos foram testados com o comprimento do braço do professor-pesquisador, alguns resultando em valores próximos, outros nem tanto. Esse fato foi explicado aos alunos como sendo resultado das imprecisões das medidas retiradas. Outros fatores também não puderam ser descartados, como, por exemplo, a diferença de idade entre os estudantes e o professor-pesquisador.

No quinto encontro, o professor-pesquisador revisou o processo utilizado e explicou que ele seria utilizado também para encontrar o comprimento do dinossauro estudado. Para isso, foram apresentados os comprimentos corporais e das tíbias de quatro outros dinossauros da mesma família e os estudantes foram orientados a realizar o mesmo processo da aula anterior. Para trazer agilidade e rapidez ao processo, todos os cálculos foram realizados utilizando o *software* Geogebra Classic Online, acessados através dos *chromebooks*. Após a elaboração do modelo, o professor-pesquisador apresentou aos alunos as réplicas da tíbia do dinossauro para que fossem retiradas as medidas de seus comprimentos e calculadas as medidas reais, utilizando as escalas. Para isso, o professor-pesquisador precisou revisar alguns detalhes sobre escala. Realizado este trabalho, os alunos utilizaram o comprimento original da tíbia para encontrar o comprimento corporal de *Pycnonemosaurus nevesi*. Por fim, foi apresentado o questionário final de avaliação da atividade. Este questionário é apresentado no apêndice D.

2.6. Análise dos resultados

Inicialmente, a aplicação do Produto Educacional deveria coincidir com a introdução do conteúdo curricular ao qual a atividade havia sido proposta (matrizes). Contudo, devido aos atrasos, os estudantes já estavam familiarizados com o tema. Dessa maneira, a atividade sugerida nesta dissertação foi apresentada como uma revisão e uma aplicação do tema “matrizes”. Isso contribuiu para a redução do tempo de duração da atividade, programado inicialmente para ser de 7 horas/aula, para 5 horas/aula.

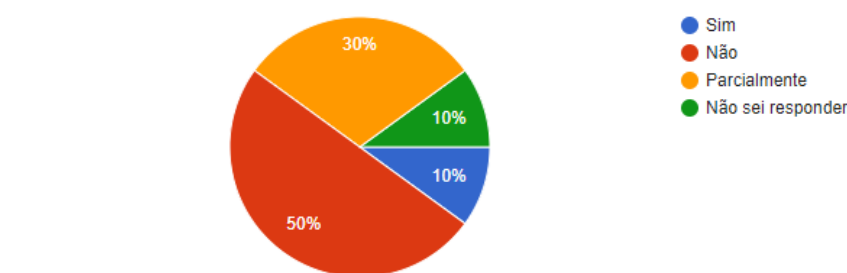
A utilização de calculadora para realizar os cálculos no procedimento com os comprimentos e as alturas obtidos dos alunos tornou a atividade mais trabalhosa e um pouco entediante para os estudantes, provocando algumas dúvidas e dificuldades. Isso aconteceu

principalmente devido ao uso dos logaritmos dos valores, visto que os números eram muito próximos, foi necessário o uso de muitas casas decimais após a vírgula. Essa percepção se destaca também nas respostas à pergunta 5 do questionário de avaliação da atividade, em que 30% dizem ter encontrado certa dificuldade na realização da atividade, e 10% disseram que encontraram muita dificuldade. Quando perguntados quais as dificuldades, as duas respostas obtidas remetem à realização dos cálculos, como mostra a Figura 27.

Essa dificuldade foi confirmada, também, em algumas respostas à pergunta 10, sobre o que os estudantes menos gostaram durante a realização das atividades. Duas respostas à esta questão mencionaram “os cálculos” e uma resposta apresentou a expressão “muitas contas” como a maior dificuldade.

Figura 28 - Respostas à pergunta 5 do questionário de avaliação da atividade, sobre as dificuldades dos alunos
5) Você encontrou dificuldades nos conteúdos abordados nas atividades?

10 respostas



Se sim, quais?

2 respostas

Em alguns cálculos

a multiplicação de matrizes

Fonte: elaborado pelo autor

Esses cálculos poderiam facilmente ser realizados utilizando o *software* Geogebra Classic Online, como de fato foram na segunda parte da atividade, quando foram utilizadas as medidas dos dinossauros. O objetivo do uso da calculadora, porém, era o de aproximar os estudantes dos conceitos e operações matriciais, uma vez que as etapas deveriam ser registradas no caderno para auxiliar na compreensão dos detalhes do procedimento. Essa situação poderia ter sido contornada com a utilização da notação algébrica na explicação das operações com matrizes, o que não foi realizado devido às dificuldades dos alunos em lidar com variáveis.

Para o uso do *software* Geogebra Classic Online, foi necessária uma adaptação nas configurações do aplicativo para que fosse possível a utilização de todas as casas decimais necessárias sem que o Geogebra fizesse o arredondamento para duas casas decimais. Além

disso, todo o processo de criação das matrizes no *software* demandou a utilização de diversos comandos prévios para que os estudantes pudessem começar a atividade propriamente dita. Contudo, nas respostas à pergunta 7 do questionário de avaliação, sobre a facilidade do uso do Geogebra, 80 % dos estudantes disseram não ter dificuldades e 20 % disseram apresentar dificuldades parcialmente. Uma resposta à questão 10 menciona o “uso dos dispositivos em sala de aula” como um ponto negativo.

É importante destacar que o uso dos dispositivos em sala de aula foi apontado em três respostas diferentes como um ponto positivo da atividade. Um dos estudantes, aqui nomeado como estudante E5, aponta que o que mais gostou da atividade foi “aplicar os comandos no *chrome*”, enquanto o estudante E8 diz que “a interação com os dispositivos em sala de aula, auxiliando o aprendizado digital e incentivando a matemática com propostas legais, (achei legal)” foi o que mais lhe chamou a atenção. O estudante E10 menciona que gostou de realizar a atividade “passo a passo com o auxílio total do professor, e pelo mesmo auxiliar nossas dificuldades.”

Em relação à questão 6 do questionário de avaliação da atividade, 100 % dos alunos consideram que as atividades da forma como foram realizadas contribuíram para a aprendizagem em Matemática. Contudo, na seção de sugestões ou críticas da mesma questão, o estudante E3 menciona “não saber qual o objetivo de medir os dinossauros”. Isso gerou a necessidade de acrescentar um tópico no Produto Educacional como sugestão de leitura sobre a importância do estudo da Paleontologia e como esses conhecimentos podem ser aplicados em diversas outras áreas de estudo, incluindo a medicina, por exemplo.

Um ponto de discussão relevante que não pode ser devidamente trabalhado com os estudantes foi o da importância da proteção e divulgação dos bens e conhecimentos científicos e culturais. O vídeo apresentado no início da atividade destaca a relação entre os fósseis e a comunidade onde foram encontrados, mostrando como os pesquisadores têm somado esforços para que esses conhecimentos retornem à população do local onde foram encontrados. Contudo, isso não gerou perguntas ou comentários entre os estudantes e, devido ao tempo de cada encontro, a discussão não foi abordada.

Quanto à compreensão dos estudantes sobre o tema estudado, 50 % classificaram como boa, 40 % classificaram como ótima e 10 % disseram que sua compreensão foi média. Já em relação à motivação ao estudar matemática, 50 % responderam que gostam parcialmente de estudar a disciplina, enquanto 40 % gostam e 10 % não gostam. As atividades despertaram o interesse em estudar matemática para 70 % dos estudantes, enquanto 30 % responderam que

seu interesse aumentou parcialmente. O uso de problemas de outras áreas motivou o aprendizado de matemática de 70 % dos estudantes, enquanto 10 % responderam que os motivou parcialmente, 10 % responderam que não e 10 % não souberam responder. Esses dados refletem o potencial de atividades diferentes do cotidiano de sala de aula para motivar os estudantes em participar dos estudos, aumentando a atenção e concentração.

A maneira como a atividade foi desenvolvida em sala de aula agradou a 100% dos estudantes. Dentre os pontos positivos apresentados, destacam-se a apresentação das réplicas da tíbia de *Pycnonemosaurus nevesi*, o aprendizado de assuntos diferenciados, as medições dos braços e alturas realizadas durante a aula e da explicação do conteúdo e auxílio no desenvolvimento dos deveres. Os pontos negativos mais apresentados, como visto anteriormente, foram os cálculos extensos e a dificuldade no uso dos dispositivos em sala de aula.

Por fim, ao serem questionados sobre a possibilidade de se determinar o comprimento de um dinossauro através de um osso fossilizado, 70 % dos alunos concordaram ser possível efetuando-se as medições e os cálculos necessários. Outros 30% não souberam ou não entenderam a questão.

Assim, o potencial da atividade aparece principalmente na maneira diferenciada de apresentar o conteúdo de matrizes, focando em uma das aplicações práticas do tema em outra área das Ciências. A forma como foi apresentado o uso dos dispositivos eletrônicos durante a aula também foi um ponto positivo a se considerar, visto que, como os valores utilizados nas atividades não são exatos, o cálculo manual se torna inviável. Finalmente, destaca-se também o potencial da atividade na geração de discussões acerca da importância do estudo dos dinossauros e como esses estudos podem se tornar ferramentas de outras áreas do conhecimento. Destaca-se também, a importância da discussão sobre a proteção e divulgação de bens científicos e culturais, principalmente na região em que a comunidade escolar se encontra.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As etapas do desenvolvimento desta pesquisa influenciaram profundamente o crescimento pessoal e profissional do pesquisador, tanto dos pontos de vista metodológico e didático, quanto do conhecimento acerca de Paleontologia. Vale destacar a busca por maneiras de tornar a Matemática do ensino básico um conhecimento de utilidade prática, não somente no cotidiano dos estudantes, mas também no desenvolvimento dos saberes sociais e científicos.

Como professor, a tempos pretendia utilizar a Modelagem Matemática em sala de aula, contudo, isso nunca havia sido possível, devido a diversos fatores. Dentre eles, pode-se destacar o receio com uma metodologia nova, o currículo que muitas vezes não permite permanecer muito tempo com um mesmo tema e uma certa inabilidade em motivar a participação dos estudantes nas atividades propostas em sala de aula, principalmente se tratando de tarefas diferentes do habitual. Várias dessas dificuldades foram apresentadas por Biembengut (2018) e Barbosa (2004), que também trazem maneiras de diminuir seus efeitos.

Como pesquisador, havia o interesse de pesquisa sobre o ensino de Matemática aliando teoria e prática, não somente em problemas pré-determinados sobre cada tema, mas também com problemas vindos de outras áreas das Ciências. A Paleontologia, que é um ramo das Ciências que se utiliza de conhecimentos de diversas áreas, incluindo a Matemática, e por ser uma área de interesse pessoal, foi escolhida como suporte para a motivação e o desenvolvimento das atividades desenvolvidas nesta pesquisa.

Durante os levantamentos bibliográficos, pôde-se perceber que, mesmo nas disciplinas de Ciências/Biologia, a Paleontologia não é apresentada de maneira satisfatória. Esses temas não aparecem com destaque nem mesmo nos documentos oficiais de educação, principalmente na BNCC. Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de incluir a Paleontologia em todas as etapas do ensino básico brasileiro, embora em número ainda pequeno, e com atividades voltadas principalmente para a disciplina de Ciências. Assim, esta pesquisa inclui-se no rol de trabalhos com esse objetivo, apresentando uma maneira de incluir Paleontologia nas aulas de Matemática, o que ainda é pouco explorado dentre os demais estudos realizados.

Diante dos objetivos específicos definidos para esta pesquisa, serão apresentadas as conclusões sobre cada tema.

O resultado obtido no desenvolvimento do primeiro objetivo, “Descrever um procedimento utilizado para a determinação do comprimento corporal de dinossauros como, por exemplo, *Pycnonemosaurus nevesi*”, são apresentados na seção 2.3, abordando a descrição do procedimento utilizado por Grillo, Delcourt (2017) utilizando-se de duas abordagens do Método dos Mínimos Quadrados.

Para o segundo objetivo, “Desenvolver material didático que associe o procedimento para determinação do comprimento corporal de dinossauros a tópicos de Matemática do Ensino Médio”, o resultado está incluso na segunda parte do Produto Educacional desenvolvido nesta dissertação.

O resultado do desenvolvimento do terceiro objetivo, “Desenvolver material de divulgação científica sobre a Paleontologia de Mato Grosso, seus principais sítios paleontológicos e os principais fósseis encontrados” é apresentado na primeira parte do Produto Educacional desenvolvido nesta dissertação. Fósseis são considerados bens culturais que devem ser salvaguardados em coleções científicas e museus, com lugar de destaque e acessíveis à sociedade (OLIVEIRA, VIANA, GONÇALVES, 2022). A primeira parte do Produto Educacional desenvolvido nesta dissertação alia-se, portanto, aos esforços em divulgar esse conhecimento, principalmente às populações locais dos lugares onde foram encontrados, e torná-los acessíveis aos mato-grossenses.

O quarto e último objetivo, “Avaliar o material didático e suas potencialidades ao processo de ensino de Matemática” tratou-se da aplicação da segunda parte do Produto Educacional em sala de aula. Apesar dos contratempos e do atraso na aplicação, o potencial da atividade apresentada no Produto Educacional destaca-se pelas opiniões expressas pelos estudantes ao responderem o questionário de avaliação da atividade. Entre os pontos expressos nas respostas ao questionário, salienta-se a aplicabilidade do tema matrizes em um problema de outra área da Ciência e o uso das tecnologias como facilitadores da compreensão do tema apresentado.

O objetivo em se estudar Paleontologia e a importância da proteção e divulgação do patrimônio cultural e científico de Mato Grosso, principalmente dentro das comunidades escolares, foram temas que não puderam ser tratados na aplicação da atividade. O primeiro, apesar de estar presente no vídeo inicial, não gerou dúvidas ou comentários entre os estudantes, e, devido ao tempo escasso, não pode ser abordado. Já o segundo, gerou perguntas e comentários apresentados no questionário final. Os dois temas foram abordados no Produto Educacional como sugestão ao professor, inclusive de trabalho interdisciplinar com outros professores, principalmente de Ciências/Biologia.

Assim, espera-se que o Produto Educacional apresentado nesta dissertação possa contribuir não somente para a divulgação da riqueza paleontológica do estado de Mato Grosso e para a utilização de problemas advindos de diferentes áreas nas aulas de Matemática, como também possa ajudar a desenvolver a sensação de proteção com relação a esses bens que contam parte da história de nosso território e inspirar outros colegas professores a aplicar essas e outras atividades em suas turmas.

REFERÊNCIAS

- ASEVEDO, L., PANSANI, T. R., CORDEIRO, V. M., FERREIRA da SILVA-CAMINHA, S. A., PAIXÃO, J. d. S., COZZUOL, M. A., DANTAS, M. A. T. Diversity of Pleistocene megamammals from Southern Amazon, Mato Grosso state, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, p. 103522, 2021.
- AURELIANO, T. *et al.* Blood parasites and acute osteomyelitis in a non-avian dinosaur (Sauropoda, Titanosauria) from the Upper Cretaceous Adamantina Formation, Bauru Basin, Southeast Brazil. **Cretaceous Research**, v. 118, p. 104672, 2021.
- AZEVEDO, S. A. K. *et al.* Vertebrados cretáceos do morro do Cambambe, Mato Grosso. In: **Congresso Brasileiro de Paleontologia**. 1995. p. 4-5.
- BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem matemática: O que é? Por quê? Como. **Por que**, p. 73-80, 2004.
- BENFICA, T. A. H. SINOP 46 ANOS: Os índios Caiabi em Sinop. **Diário do Estado**, Sinop, 26 ago. 2020. Disponível em: <https://diariodoestadomt.com.br/noticias/sinop46anosos-andioscaiabiemsinop/23968512>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- BIEMBENGUT, M. S. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 7-32, 2009.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem no Ensino Fundamental**. Blumenal: Edifurb, 2014.
- BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem Matemática no Ensino**. 5. ed., 5ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2018.
- BURAK, Dionísio. Uma perspectiva de Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem da Matemática. **BRANDT, CF, BURAK, D., and KLÜBER, TE, orgs. Modelagem matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações [online]. 2nd ed. rev. and enl. Ponta Grossa: Editora UEPG, p. 17-40, 2016.**
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- CARTELLE, C.; HIROOKA, S. Primeiro registro pleistocênico de pteronura brasiliensis (Gmelin, 1788)(Carnivora, Mustelidae). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 63, n. 3, p. 595-598, 2005.
- CARVALHO, I. S. (Ed.). **Paleontologia: conceitos e métodos**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 2010, 736 p.
- CISNEROS, J. C. *et al.* Digging deeper into colonial palaeontological practices in modern day Mexico and Brazil. **Royal Society Open Science**, v. 9, n. 3, p. 210898, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358963720_Cisneros_et_al_Colonialismo_paleontologico_em_Mexico_e_Brasil_-_Traducao_S1pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.

FARIA, C. C. de J.; CAVALCANTE, W. B.; CANDEIRO, C. R. A. A Paleofauna de dinossauros (Sauropoda e Theropoda) do Neocretáceo do estado do Mato Grosso, Brasil. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium*, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 462-470, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/20952/11231>>. Acesso em: 02 ago. 2021.

FILHO, A. F. A alometria ao alcance de todos. *Sociedade & Natureza*, v. 1, n. 1, p. 29-34, 1989.

FRANCO-ROSAS, A. C. Dentes de teropodomorfos da Formação Cambambe, Mato Grosso. In: **Congresso Brasileiro de Paleontologia**. 2001. p. 157.

FRANCO-ROSAS, A. C.; SALGADO, L.; ROSAS, C. F.; CARVALHO, I. D. S. Nuevos materiales de titanosaurios (Sauropoda) en el Cretácico superior de Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 7, n. 3, p. 329-336, 2004.

Geossítios Científicos. GEOPARK CHAPADA DOS GUIMARÃES, 2023. Disponível em: <https://www.geoparkchapadadosguimaraes.com/geossitioscientificos>;. Acesso em: 11 set. 2023.

GHILARDI, A. M., AURELIANO, T., PIMENTA, B. C. P. M., FERNANDES, M. A. Dinosaurs of the Mato Grosso State, Brazil, and new sauropod (Saurischia) records from the Araguaiana municipality region, Upper part of the Araguaia River valley. In: **Congresso Latino-americano de Paleontologia de Vertebrados**. 2011.

GIL, L. M.; BANDEIRA, K. L. N.; BRUSATTE, S. L.; PEREIRA, P. V. L. G. D. C. P.; KUHN, C. E. S.; SOUZA, A. B. D.; HIROOKA, S. S.; CANDEIRO, C. R. D. A. New records of Titanosauria (Dinosauria: Sauropoda) from the Upper Cretaceous of Mid-Western Brazil (Mato Grosso). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 101, p. 102596, 2020.

GOBO, William Vieira. Primeiro registro de macroflora do Pleistoceno final nas margens do rio Teles Pires, MT, Brasil. 2018.

GODOI, P.; GUILARDI JUNIOR, F.; GHILARDI, A. M.; AZEVEDO, E. Q. de; FEISTEL, R. A. B. A Paleontologia na educação básica brasileira: uma revisão. *Terrae Didática*, Campinas, SP, v. 18, n. 00, p. e022023, 2022. DOI: 10.20396/td.v18i00.8668750. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8668750>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GRILLO, O. N.; DELCOURT, R. Allometry and body length of abelisauroid theropods: *Pycnonemosaurus nevesi* is the new king. **Cretaceous Research**, v. 69, p. 71-89, 2017.

HIROOKA, S. S. *et al.* O Patrimônio Paleontológico do Museu de História Natural de Mato Grosso: lista taxômica e as suas atividades extensionistas. *Biodiversidade*, Rondonópolis, v. 19, n.4, p. 147-156, 2020. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/11321/7668>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

KELLNER, A. W. A. *et al.* Vertebrados do Cretáceo Superior de Tesouro, Mato Grosso. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA**. 1995. p. 68-9.

KELLNER, A.W.A.; CAMPOS, D. de A. On a theropod dinosaur (Abelisauria) from the continental Cretaceous of Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 60, n. 3, p. 163-170, 2002.

KLÜBER, TIAgO EMAnUEL; BURAK, Dionísio. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 10, n. 1, 2008.

KUHN, C. E. S.; SANTOS, S. R. P. (org). **Geoparque Chapada dos Guimarães: uma viagem pela história do planeta**. Cuiabá: Associação Profissional dos Geólogos do Estado de Mato Grosso – AGEMAT: Federação Brasileira de Geólogos – FEBRAGEO, 2021.

KUHN, C. E. S.; SOUSA, S. K. J.; HIROOKA, S. S.; SALA, M. L. B. P. R.; BRUM, F. A. G. V. R. (org). **História natural de Mato Grosso**. 1. ed. Belo Horizonte: Federação Brasileira de Geólogos – FEBRAGEO, 2022.

LOPES, Mariane Mendes. **Um estudo sobre a modelagem matemática na educação básica**. 2016.

MARCONATO, L. DE P.; WESKA, R.K.; SOUTO, P.R.F.; RUBERT, R.R. Primeira evidência de coprólito no cretáceo da Bacia dos Parecis, Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, 2003, Brasília. **Boletim de Resumos...** Brasília: Universidade de Brasília e Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2003, p. 183.

MARCONATO, L. D. P. **Dois novos crocodilos (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) do Mato Grosso, Bacia dos Parecis: descrição e relações filogenéticas com os "Notossúquios"**. 2006.

MARCONATO, L. DE P.; WESKA, R.K.; SOUTO, P.R.F.; RUBERT, R.R. Primeira evidência de coprólito no cretáceo da Bacia dos Parecis, Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, 2003, Brasília. **Boletim de Resumos...** Brasília: Universidade de Brasília e Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2003, p. 183.

MARCONATO, L.D.P.; FRANCO-ROSAS, A.C.; ROSAS, C.; QUADROS, A.P. Elementos ósseos e dentários de amniotas da Formação Cambambe, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco (AC). **Boletim de Resumos...** Rio Branco: Universidade Federal do Acre e Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2001, p. 141.

OLIVEIRA, A. da S. de. **Transformações elementares nas linhas de uma matriz como ferramenta adicional para o cálculo de matrizes inversas e resolução de problemas**. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Matemática, Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional, Fortaleza, p. 94. 2013.

OLIVEIRA, P. V. de.; VIANA, M. S. S.; GONÇALVES, Y. M. OS FÓSSEIS ALÉM DA PALEONTOLOGIA—UMA QUESTÃO JURÍDICA. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 3, n. 3, 2022.

PAZIM, R.; FONSECA, O. J. T. **Modelos matemáticos: análise de regressão com o GeoGebra** / Evaldo Martins Pires. – Cuiabá: Fundação Uniselva, 2022. (MT Ciência – Série Livros).

PREFEITURA MUNICIPAL DE SINOP. <https://www.sinop.mt.gov.br/A-Cidade/Conheca-Sinop/>. Acesso em: 05 out. 2023.

RIBEIRO, V. R.; CARBONARO, F. A.; PICCOLI, A. D.; SOUSA, F. N.; GHILARDI, R. P. Trilobitas devonianos das bacias do Paraná e Parecis no estado de Mato Grosso, Brasil. *Terr@Plural*, v. 15, p. 1-15, 2021.

ROXO, M.G.O. **Notas geológicas sobre a Chapada do Mato Grosso**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, SGM. p. 4-7, 1937. (Notas Preliminares e Estudos 15).

SALES, M. A. F.; MARTINELLI, A. G.; FRANCISCHINI, H.; RUBERT, R. R.; MARCONATO, L. P.; SOARES, M. B.; SCHULTZ, C. L. New dinosaur remains and the tetrapod fauna from the Upper Cretaceous of Mato Grosso State, central Brazil. *Historical Biology*, v. 30, n. 5, p. 661-676, 2018.

SAYÃO, J. M.; BANTIM, R. A. M. A Paleontologia no século XXI: novas técnicas e interpretações. *Ciência e Cultura*. São Paulo, v. 67, n. 4, p. 2015. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252015000400015>. Acesso em: 05 jul. 2021.

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/>. Acesso em: 07 de ago. 2023.

SOUZA, A. B. S.; KUHN, C. E. S.; HIROOKA, S. H. Sauropodes e Teropode da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. In: Congresso Brasileiro De Paleontologia, Natal, Rio Grande do Norte, 22p. 2011.

VIALOU, A. V.; VIALOU, D. Manifestações simbólicas em Santa Elina, Mato Grosso, Brasil: representações rupestres, objetos e adornos desde o Pleistoceno ao Holoceno recente. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 14, p. 343-366, 2019.

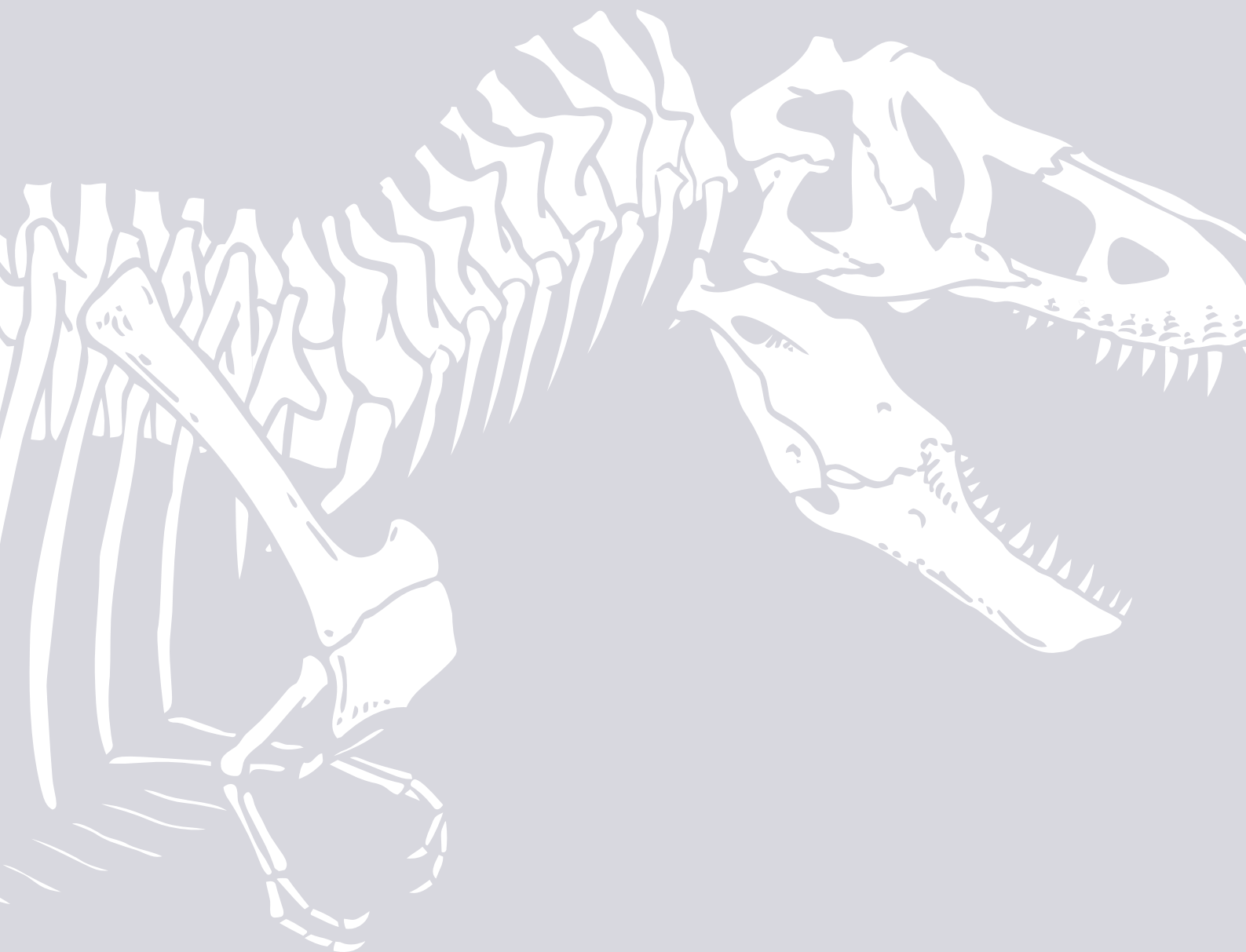
ZAHHER, H. *et al.* An Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil sheds light on the cranial evolution of the Abelisauridae. *Comptes Rendus Paleovol.* Muséum national d'Histoire naturelle. Paris, v. 19, n. 6, p. 101-115, 2020.

APÊNDICES

Apêndice A – Produto Educacional

PATRICK GODOI
FELICIO GUILARDI JUNIOR (*In memoriam*)
EBERSON PAULO TREVISAN
ALINE MARCELE GHILARDI

DINOSSAUROS NA MATEMÁTICA: O PASSADO DE MATO GROSSO INVADE A SALA DE AULA





DINOSSAUROS NA MATEMÁTICA: O PASSADO DE MATO GROSSO INVADDE A SALA DE AULA

PATRICK GODOI
FELICIO GUILARDI JUNIOR (*In memoriam*)
EBERSON PAULO TREVISAN
ALINE MARCELE GHILARDI

2023

Diagramação: Patrick Godoi

Artes:

Capa: Patrick Godoi

Escala do tempo geológico (p. 8): Patrick Godoi

Mapa dos fósseis de Mato Grosso (p. 11): Patrick Godoi

Júlia D'Oliveira:

Smilodon populator (p. 17)

Julio Lacerda:

Notiomastodon platensis (p. 12)

Toxodon platensis (p. 12)

Catonyx cuvieri (p. 18)

Glossotherium lettsomi (p. 19)

Márcio L. Castro:

Eremotherium (p. 12)

Megaraptor (p. 19)

Felipe Alves Elias:

Crocodyliformes (p. 15)

Pachyarmatherium (p. 17)

Pampatherium humboldt (p. 18)

Propaopus punctatus (p. 19)

Gondwanatitan (p. 19)

Pycnonemosaurus nevesi (p. 20)

SUMÁRIO

Parte I - Os registros do passado do Estado de Mato Grosso	08
Registros fósseis da mesorregião norte do estado	13
Registros fósseis da mesorregião nordeste do estado ...	16
Registros fósseis da mesorregião sudeste do estado	18
Registros fósseis da mesorregião centro-sul do estado .	19
Registros fósseis da mesorregião sudoeste do estado ...	25
Parte II - Atividade: Como <i>Pycnonemosaurus nevesi</i> se tornou o novo rei	26
Referências	60

APRESENTAÇÃO

Prezado (a) professor (a)

O Produto Técnico-Tecnológico (PTT) aqui apresentado foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática (PPGECM) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário de Sinop, na linha de pesquisa Ensino de Matemática, e está vinculado à dissertação cujo título é “Modelagem do comprimento de *Pycnonemosaurus nevesi* a partir da tíbia: uma proposta para ensinar Matemática”. Como o PPGECM atua na área da educação, vamos nos referir a este PTT simplesmente como Produto Educacional.

O Produto Educacional intitulado “Os fósseis de Mato Grosso e o ensino de Matemática” foi elaborado para uso por professores de Matemática do Ensino Médio Regular, preferencialmente no 2º ano. Contudo, não descarta-se a possibilidade de adaptação das atividades apresentadas aqui para uso em aulas de outras disciplinas e séries do Ensino Médio, ficando a cargo da imaginação do professor interessado em realizar esta atividade com suas turmas.

O Produto Educacional é dividido em duas partes: na parte I, são apresentados os locais onde se encontram fósseis em Mato Grosso e quais fósseis foram encontrados até hoje. A pesquisa sobre essas informações resultou em um mapa que é apresentado na parte I deste Produto Educacional.

A parte II deste Produto Educacional apresenta a atividade intitulada “Como *Pycnonemosaurus nevesi* se tornou o novo rei”. Nesta atividade, os alunos serão conduzidos a caminhar pelas etapas do processo de medição e cálculo do comprimento corporal do do *P. nevesi* utilizando o conteúdo curricular “matrizes”.

Este procedimento foi realizado pelos Paleontólogos Orlando Grillo e Rafael Delcourt em um artigo publicado no ano de 2017, em que buscam reavaliar o método de determinação do comprimento de dinossauros do grupo dos abelissauros a partir do material fóssil disponível.

A atividade apresentada na Parte II deste Produto Educacional aborda o procedimento em que é possível trabalhar alguns conceitos de matrizes, como a multiplicação de matrizes, matriz transposta e matriz inversa. O professor poderá ainda, com esta atividade, apresentar ou rever outros conteúdos, como logaritmo e escalas. Por fim, esta atividade pode ser desenvolvida de maneira interdisciplinar, principalmente com a disciplina de Biologia, mas também com outras disciplinas da grade curricular do Ensino Médio.

Dessa maneira, desejamos-lhe bom uso do material e caso tenha dúvidas ou necessite de suporte, poderá entrar em contato através do seguinte e-mail:

godoi_patrick@hotmail.com
Patrick Godoi

Boa leitura!

PARTE I: OS REGISTROS DO PASSADO NO ESTADO DE MATO GROSSO

A superfície terrestre encontra-se em constante mudança e o intemperismo das rochas ao longo do tempo gera sedimentos que são transportados para zonas mais rebaixadas do terreno, chamadas de bacias sedimentares. Junto com os sedimentos, restos ou vestígios de organismos podem ficar aprisionados, e com o passar do tempo, todo conjunto pode se transformar em rocha. Essas rochas contendo fósseis trazem importantes informações sobre a dinâmica terrestre durante do passado. Para estudar esses registros do longínquo passado, a Geologia tem uma escala de tempo própria, a escala de tempo geológico, criada a partir da observação dos pacotes de rochas e do seu conteúdo fossilífero.

O tempo geológico é subdividido de acordo com grandes eventos geológicos e paleobiológicos que ficaram preservados nas rochas. As principais subdivisões dessa escala de tempo são os Éons, Eras e Períodos. A história do nosso planeta é dividida em quatro Éons: Hadeano, Arqueano, Proterozóico e Fanerozóico. Esses, por sua vez, são divididos em Eras, Períodos e Épocas. A imagem a seguir mostra a atual divisão do tempo geológico e sua nomenclatura.

Escala do Tempo Geológico

Éon	Era	Período	Época	Idade	
Fanerozóico	Cenozóica	Quaternário	Holoceno	0,01 m. a.	
			Pleistoceno	2,5 m. a.	
		Neógeno	Plioceno	11 m. a.	
			Mioceno	22 m. a.	
			Oligoceno	34 m. a.	
		Paleógeno	Eoceno	54 m. a.	
			Paleoceno	66 m. a.	
		Mesozóica	Cretáceo		145 m. a.
	Jurássico		201 m. a.		
	Triássico		251 m. a.		
	Paleozóica	Permiano		298 m. a.	
		Carbonífero		358 m. a.	
		Devoniano		419 m. a.	
		Siluriano		443 m. a.	
		Ordoviciano		485 m. a.	
		Cambriano		541 m. a.	
Pré-Cambriano				4500 m.a.	

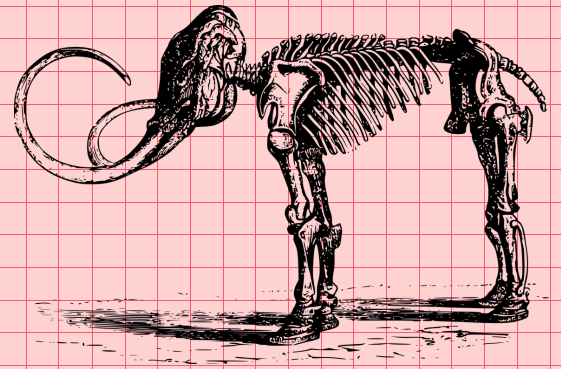
O território onde hoje se localiza o estado de Mato Grosso apresenta diversos tipos de rochas, nem todas favoráveis à preservação de registros fossilíferos. As rochas mais antigas do estado datam do éon Arqueano e estão localizadas principalmente na região norte do estado, sendo as mais antigas com idade de, aproximadamente, 2,82 bilhões de anos. No nordeste do estado ocorrem os fósseis mais antigos constituídos de estromatólitos, encontrados em rochas do éon Proterozóico, com idade entre 2,5 bilhões e 1 bilhão de anos (KUHN et al., 2022).

Registros mais recentes ocorrem em bacias sedimentares depositadas acima das formações mais antigas. Nas regiões norte e sudeste do estado ocorrem as bacias sedimentares do Alto Tapajós, Parecis e Paraná, que contm rochas da Era Paleozoica e Era Mesozoica. Nessas áreas ocorrem fósseis de invertebrados marinhos do Período Devoniano, plantas do Período Permiano e dinossauros do Período Cretáceo. No nordeste e centro-sul do estado ocorrem fósseis do Período Quaternário, encontrados na área das bacias sedimentares do Alto Xingu, Guaporé, Bananal e Pantanal. Fósseis desse Período também são encontrados na bacia hidrográfica do rio Teles Pires e seus afluentes (ASEVEDO, et al., 2021; KUHN et al., 2022).

Devido ao contexto geológico, a maioria dos fósseis encontrados no Mato Grosso são provenientes da porção mais ao sul do estado. Essa região abriga registros de diferentes períodos geológicos e de diferentes tipos de seres extintos, desde moluscos, passando por dinossauros, até mamíferos gigantes. Outras regiões do estado apresentam registros fossilíferos esporádicos, quase sempre pouco estudados e/ou pouco conhecidos pela população local.

Nas próximas páginas serão apresentados detalhes sobre os fósseis encontrados em cada mesorregião do estado de Mato Grosso, indicados por cidades. São apresentados, também, os Museus de História Natural onde o leitor poderá visitar alguns dos fósseis encontrados no estado, além de outras riquezas geológicas e paleontológicas locais. Essas informações foram resumidas em um mapa do estado, apresentado na página a seguir.

REGISTROS FÓSSEIS DA MESOREGIÃO NORTE DO ESTADO



Notiomastodon platensis

Foi um tipo de proboscídeo (parente dos elefantes atuais) que habitava a América do Sul, o único do Brasil. Viveu do início do Pleistoceno até ser extinto no início do Holoceno. Poderia atingir até seis toneladas quando adulto.



01



02

Foi um representante dos notoungulados, um grupo extinto de animais terrestres. Nativo da América do Sul, de grande porte e hábito de pastoreio, viveu desde a metade até o final do Pleistoceno.

Toxodon platensis

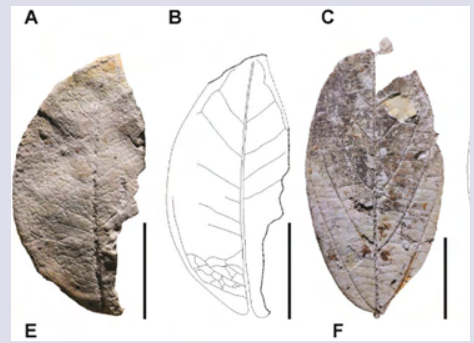
Eremotherium

Foi um gênero de preguiças gigantes endêmico das Américas que viveu do Plioceno ao Holoceno. O gênero possui duas espécies conhecidas: *E. laurillardii* e *E. eomigrans*.



03

Diversos registros de impressões de folhas encontradas na área destinada ao reservatório da Usina Hidrelétrica Teles Pires. Os fósseis são do final do Período Pleistoceno.



04



05

São massas fecais petrificadas que podem conter pistas do comportamento alimentar do animal que o produziu. O registro encontrado no Mato Grosso foi produzido por um animal herbívoro.

Coprólito

Foi um gênero de plantas que habitou o supercontinente Gondwana durante o Permiano. Eram árvores com tronco lenhoso, parecidos com pinheiros.



06



07

Tratam-se de troncos fossilizados que não puderam ser datados por ausência de mais detalhes.

Fragmentos vegetais



Museu de História Natural de Alta Floresta

O Museu de História Natural de Alta Floresta é um projeto de pesquisa e extensão universitária da Universidade do Estado de Mato Grosso, coordenado pelo professor Dr. Jesus da Silva Paixão, geólogo de formação. Os principais objetivos do Museu são a pesquisa técnica sobre bens do patrimônio cultural da região norte de Mato Grosso, os quais são apontados pela comunidade local, bem como resultam de atividades acadêmicas da UNEMAT, assim como a disponibilização dos dados, acervos e informações obtidas para a comunidade, notadamente como instrumento de apoio didático pedagógico para as escolas da região (MAPAS MT, 2023).

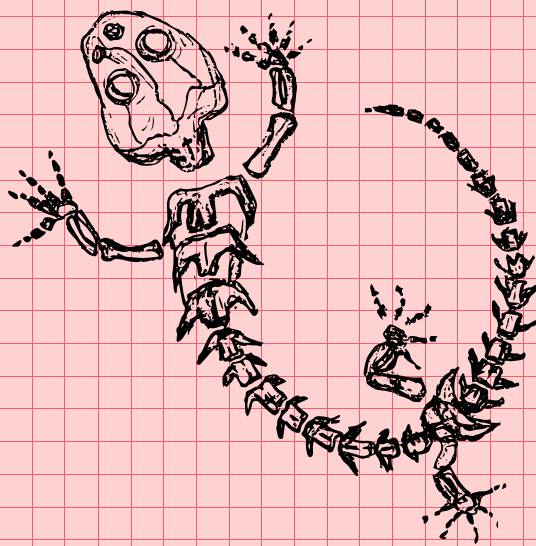
Endereço: Av. Ariosto da Riva, 3075 - Centro, Alta Floresta - MT, 78580-000

E-mail: museudealtafloresta@gmail.com

Telefone: (66) 3051-1000



REGISTROS FÓSSEIS DA MESOREGIÃO NORDESTE DO ESTADO



Crocodyliformes

São animais parentes dos crocodilos atuais, pertencentes ao grupo dos Notosuchus, que viveram durante o período Cretáceo. Ao contrário dos crocodilos atuais, os Notosuchus eram adaptados a ambientes terrestres.



01



Museu de História Natural do Araguaia

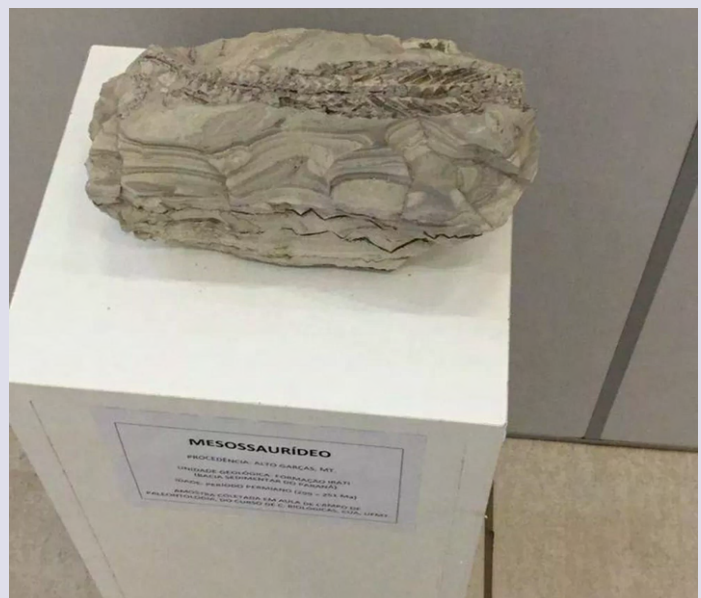
O Museu de História Natural do Araguaia – MUHNA é uma iniciativa da Universidade Federal de Mato Grosso que busca promover a educação por meio de ações de ensino, pesquisa e extensão além de difundir os conhecimentos científicos de maneira acessível, participativa e divertida à população em geral.

Contato: muhna.cua@ufmt.br

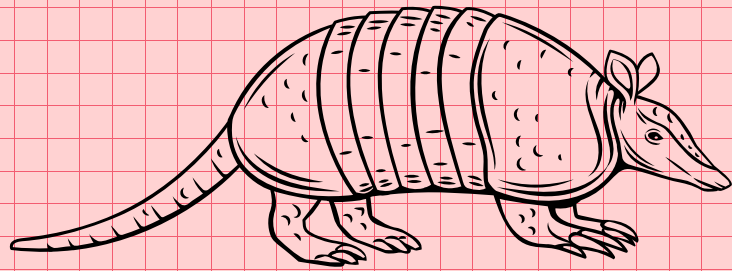
Localização: Universidade Federal do Mato Grosso – Campus Universitário do Araguaia.

Avenida Valdon Varjão, nº 6.390 – Barra do Garças/Mato Grosso

Algumas fotos do MuHNA



REGISTROS FÓSSEIS DA MESOREGIÃO SUDESTE DO ESTADO

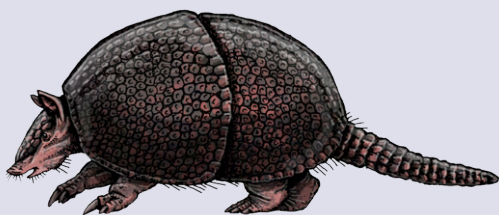


Smilodon populator

Conhecido como “tigre dentes-de-sabre”, foi um felino de grande porte que viveu na América do Sul durante o Pleistoceno. Possuía os dentes caninos muito alongados em comparação com outros predadores.



01



02

É um gênero de animais semelhantes a tatus atuais que viveram desde o Plioceno até o Pleistoceno nas Américas do Norte e do Sul.

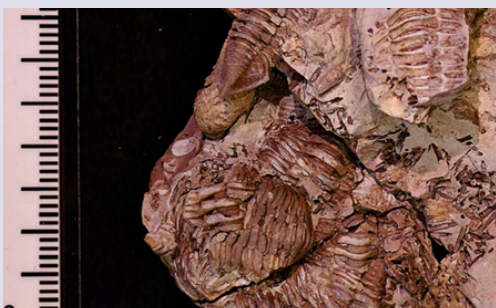
Pachyarmatherium

Braquiópodes

São animais invertebrados marinhos que vivem fixos no fundo do mar e possuem carapaça composta por duas conchas. Foram muito abundantes durante a era Paleozóica.



03

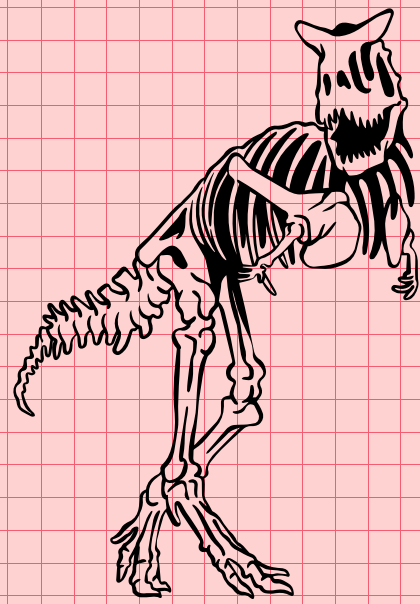


04

Foram artrópodes marinhos abundantes durante o início do Cambriano até o Permiano, mas hoje estão extintos. Possuíam entre 0,5 mm até 10 cm de comprimento e apresentavam uma carapaça rígida para proteção do corpo.

Trilobitas

REGISTROS FÓSSEIS DA MESOREGIÃO CENTRO-SUL DO ESTADO



teronura brasiliensis

É um mamífero do grupo das lontras, conhecido popularmente como ariranha, de hábitos semi-aquáticos, que vive desde o final do Pleistoceno até os dias de hoje. São endêmicas da América do Sul.



01



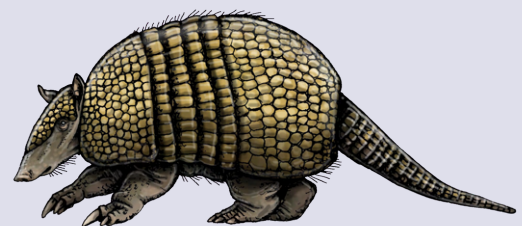
02

Foi uma espécie de preguiça gigante, de hábitos terrestres, que viveu durante o Plioceno e Pleistoceno. Preguiças gigantes podiam medir até 6 metros de comprimento e pesar até 5 toneladas.

Catonyx cuvieri

Pampatherium humboldti

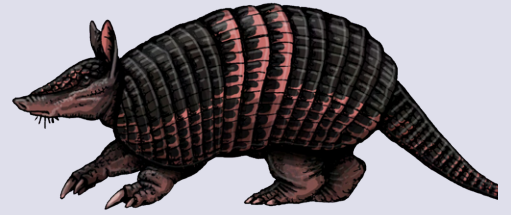
Foi uma espécie de tatu gigante que viveu no Pleistoceno e está extinta a mais de 10 mil anos. Poderia atingir mais de 200 kg e viveram em territórios da atual América do Sul, principalmente no Brasil.



03

Propaopus punctatus

Uma espécie de tatu gigante que viveu no final do Pleistoceno na América do Sul.



04



05

Foi uma espécie de preguiça gigante terrícola de grande porte e dieta herbívora. Assim como outras preguiças gigantes, o *Glossotherium* apresentava o corpo revestido por ossículos dérmicos.

Glossotherium lettsoni

Gondwanatitan

Foi um dinossauro saurópode do grupo dos Titanossauros que viveu no período Cretáceo. Ele media cerca de 3 m de comprimento e 7 m de altura e era considerado pequeno para um Titanossauro. Como todo saurópode, *Gondwanatitan* se alimentava de plantas, especialmente as folhas mais altas das árvores.



06



07

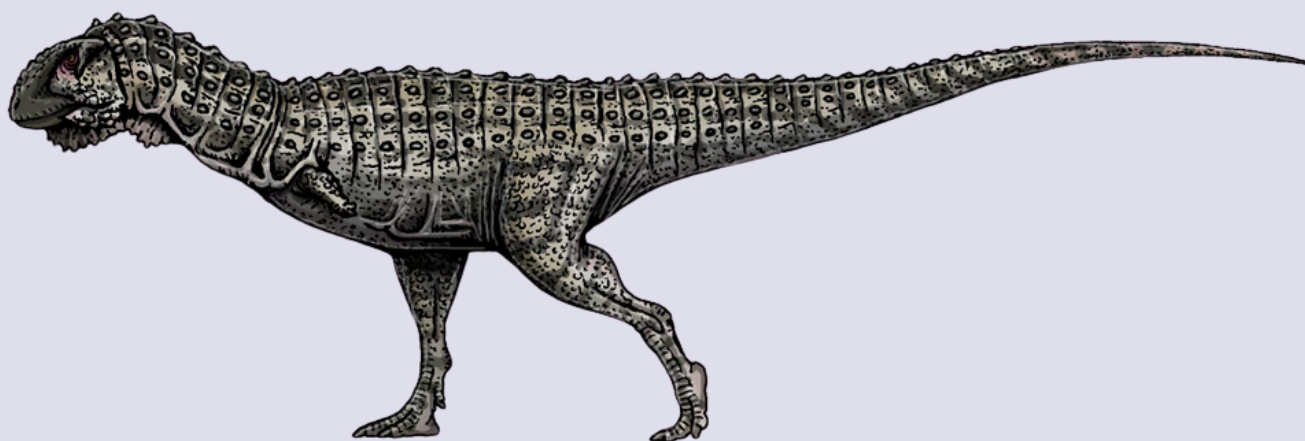
Foi um gênero de dinossauros carívoros que viveu durante o período Cretáceo. Media entre 8 e 9 metros e pesava mais de 1 tonelada.

Megaraptor

Em Mato Grosso existem diversos registros de tartarugas fósseis, principalmente na Gruta Curupira e no Morro do Cambambe. Os registros mais recentes datam do Pleistoceno, de animais do gênero *Phrynops*.



08



Única espécie de dinossauro descrita proveniente do estado de Mato Grosso. Trata-se de um dinossauro carnívoro da família dos abelissauros, que viveu no Período Cretáceo. Suas principais características são apresentar os membros posteriores reduzidos e o focinho curto. Esse dinossauro podia chegar a quase 9 metros de comprimento.

Seus fósseis foram encontrados em 1953 pelos funcionários da Fazenda Roncador, no município de Querência, e foram armazenados no Museu Nacional até 2002, quando finalmente foram descritos.

Pycnonemosaurus nevesi

09



Centro de Pesquisa e Museu de Humanidades Alaíde Montecchi – MHAM

Inicialmente denominado de Centro de Pesquisa e Museu de Arqueologia, Espeleologia, Etnologia e Paleontologia de Cáceres, cujo objetivo principal fomentar a pesquisa, mas também para aquisição, conservação, estudo e exibição e interpretação educacional de objetivos com valor histórico, cultural e científico. “A mudança de nomenclatura decorre do contexto histórico, de sua localização e formação étnica, sendo composta por descendentes de grupos sociais remanescentes de indígenas, afro-brasileiros, portugueses e espanhóis, além de sua geografia fronteiriça” (Mapas da Cultura, 2023).

Endereço: Avenida Santos Dumont, s/n, Cidade Universitária, Santos Dumont, 78200-000, Cáceres, MT

E-mail Público: museu@unemat.br

Telefone Público: (65) 3224-1873





Museu de Minerais, Rochas e Fósseis da UFMT – MMRF

Inaugurado em 2008, o Museu da Faculdade de Geociências (FAGEO) tem o objetivo de difundir o conhecimento em geociências de forma didática por meio de seu acervo geológico e paleontológico à sociedade. O Museu possui um prédio próprio, constituído por um Salão de Exposições, um auditório com 60 lugares, uma Sala de Apoio Técnico, uma Sala Administrativa, além de Copa e Sanitários, inclusive para PNE.

Endereço: R. Puebla, 2-70 – Jardim das Américas, Cuiabá – MT, 78068-600

E-mail 1: murm.fageo@ufmt.br

E-mail 2: museugeologiaufmt@gmail.com

Telefones: (65) 3615-8325 ou (65) 3615-8758





Museu de História Natural de Mato Grosso – MHNMT

O Museu de História Natural de Mato Grosso guarda um acervo de grande importância científica, histórica e cultural, sendo referência em estudos da Megafauna. Conta com exposições permanentes e temporárias.

“A missão do Museu é ser um espaço de memória, divulgação e pesquisa da pré-história e das culturas de populações tradicionais mato-grossenses, além de sensibilizar a população sobre a urgência da proteção ambiental e da construção de hábitos sustentáveis” (Museu de História Natural de Mato Grosso, 2023).

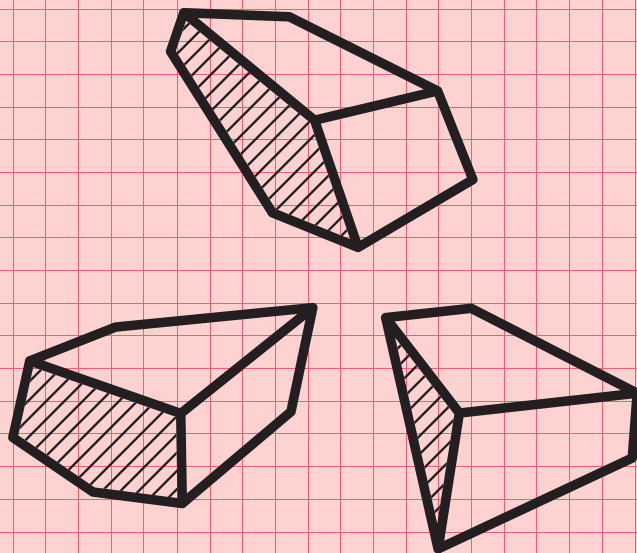
Endereço: Av. Manoel José de Arruda, 2000 – Jardim Europa, Cuiabá – MT

E-mail: casadomaquinomuseu@gmail.com

Telefone: (65) 3634-4858



REGISTROS FÓSSEIS DA MESOREGIÃO SUDOESTE DO ESTADO



Estromatólitos

São estruturas rochosas construídas por organismos microscópicos fotossintetizantes chamados cianobactérias à medida que os sedimentos se acumulam em águas rasas, as cianobactérias crescem sobre eles, formando camadas milimétricas umas sobre as outras, até construírem montículos.



01

O estado de Mato Grosso apresenta diversas riquezas naturais geológicas e paleontológicas com potencial para novas descobertas. Conhecer esse patrimônio é um passo importante para a conscientização da importância desse conhecimento e de sua preservação. Diversas atividades são realizadas nos museus citados anteriormente para divulgação dessas riquezas do estado. Outro passo importante está na criação do Geoparque Chapada dos Guimarães, cujo objetivo é o de ressaltar a região que possui um patrimônio geológico único e de relevância global, por meio de uma abordagem de crescimento sustentável que engloba a população local. Para mais informações, o leitor pode acessar o site <https://www.geoparkchapadadosguimaraes.com/>

PARTE II - ATIVIDADE:

COMO PYCNONEMOSAURUS

NEVESI SE TORNOU O NOVO REI

Entre os anos de 1952 e 1953, o paleontólogo brasileiro Llewellyn Ivor Price coletou diversos fósseis no estado do Mato Grosso. Alguns desses fósseis foram localizados por Max de Barros Erhart, proprietário da fazenda Roncador, no município de Querência, e por seus funcionários, próximos a um riacho da propriedade. Esses registros foram armazenados no Museu Nacional, no Rio de Janeiro, até o ano de 2002, quando foram finalmente analisados e descritos como uma nova espécie de dinossauro, o *Pycnonemosaurus nevesi* (KELLNER e CAMPOS, 2002).

Na época de sua descrição, o comprimento de *P. nevesi* foi estimado medindo cerca de 7 a 8 metros, sendo menor que o argentino *Carnotaurus sastrei*, até aquele momento considerado o maior representante da família dos abelissauros. Contudo, Grillo, Delcourt (2017) perceberam que um dos elementos fósseis de *P. nevesi*, a tíbia, era maior do que as tíbias de todos os outros abelissauros conhecidos, incluindo *C. sastrei*. Assim, os dois autores realizaram uma revisão dos comprimentos de todos os dinossauros dessa família, chegando à conclusão de que *P. nevesi* seria o maior de todos os abelissauros conhecidos, com um comprimento aproximado de 8,9 m.

O procedimento matemático utilizado por Grillo, Delcourt (2017) foi utilizado para o desenvolvimento desta atividade, com duas abordagens: a matricial e a estatística.

A abordagem matricial utiliza o conhecimento sobre matrizes para a resolução do problema, que consiste basicamente em um sistema de equações lineares.

Já a abordagem estatística utiliza conhecimentos advindos da teoria estatística para a resolução do problema utilizando o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Ambas as abordagens serão apresentadas a seguir, em detalhes, incluindo a utilização dos *softwares* Geogebra e MSExcel para auxiliar no desenvolvimento da atividade.

A BNCC E A ATIVIDADE A SEGUIR

A proposta de atividade a seguir utiliza a abordagem matricial e estatística do Método dos Mínimos Quadrados. Contudo, isso não exclui a aplicação de outras abordagens realizando adaptações, caso o professor acredite que seus alunos possuam os conhecimentos necessários.

A Tabela a seguir, apresenta as habilidades que poderão ser trabalhadas utilizando as atividades que serão apresentadas em seguida:

Código da habilidade	Habilidade	Competência Específica
EM13MAT101	Interpretar situações econômicas, sociais e das Ciências da Natureza que envolvem a variação de duas grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação com ou sem apoio de tecnologias digitais.	1
EM13MAT301	Resolver e elaborar problemas do cotidiano, da Matemática e de outras áreas do conhecimento, que envolvem equações lineares simultâneas, usando técnicas algébricas e gráficas, incluindo ou não tecnologias digitais.	3

A habilidade EM13MAT101 poderá ser abordada na medida em que ocorre a apresentação do problema originado na Paleontologia, subárea das Ciências da Natureza, com uma abordagem matemática, utilizada para resolver a situação proposta, utilizando o apoio das tecnologias digitais. A situação geradora do problema e sua resolução faz com que seja necessário a revisão ou apresentação de fatos advindos das Ciências da Natureza, movimentando conhecimentos construídos em outras disciplinas.

A abordagem da habilidade EM13MAT301, por sua vez, ocorrerá durante a aplicação da metodologia elegida para a resolução da situação-problema, ao utilizar-se o conteúdo de Matrizes e diversos procedimentos numéricos explorados no tema, como a elaboração da matriz transposta, além da operação de multiplicação de matrizes, entre outros. As atividades sugeridas neste contexto podem ser desenvolvidas pelo professor em colaboração com seus colegas de outras disciplinas, como Biologia e Geografia, permitindo a exploração de outras competências nessas áreas do conhecimento.

A atividade proposta, portanto, se apresenta como importante pois possibilita explorar aspectos de Matemática de maneira interdisciplinar com áreas das Ciências da Natureza, sem deixar de atender aos requisitos da BNCC e do currículo da etapa do Ensino Médio.

ATIVIDADE

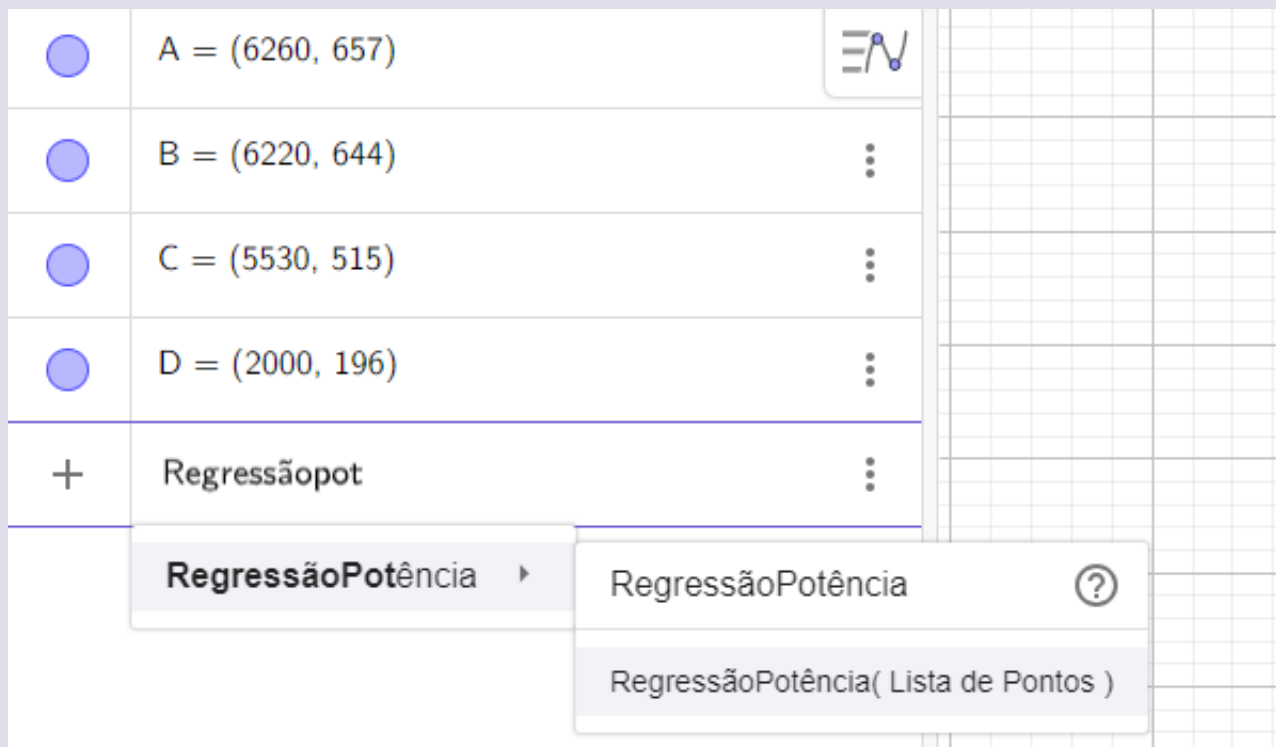
O procedimento que será realizado com os alunos terá uma abordagem algébrica do problema. Contudo, é possível tratar o problema com uma abordagem geométrica, utilizando o *software* Geogebra Classic.

Para isso, primeiro é preciso fazer a plotagem das medidas dos dinossauros quase completos, sendo o comprimento corporal a coordenada x e o comprimento da tíbia a coordenada y.

Espécime	Comprimento do corpo (CC)	Comprimento da tíbia (CT)	Pontos
<i>P. nevesi</i>	-	870	-
<i>S. bustingorrvii</i>	6260	657	Dino A
<i>A. garridoi</i>	6220	644	Dino B
<i>E. mefi</i>	5530	515	Dino C
<i>M. knopfleri</i> FMNH PR 2481	2000	196	Dino D



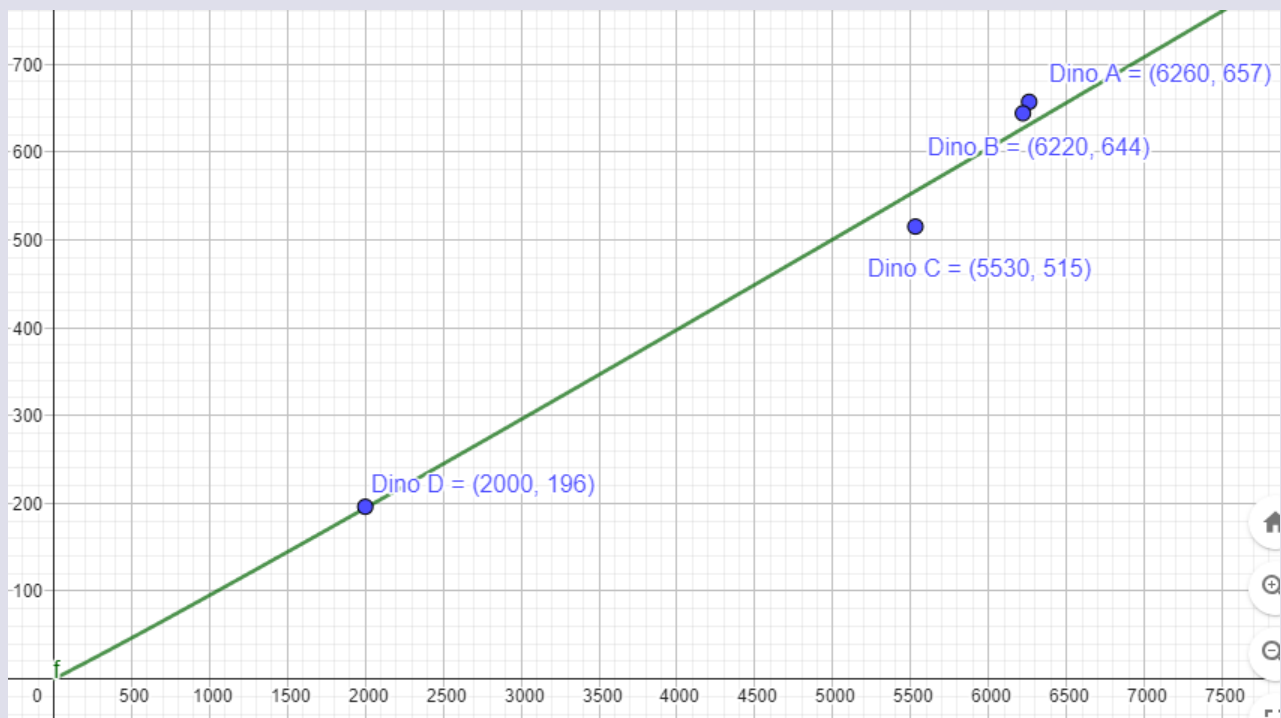
Após isso, pode-se utilizar a ferramenta “regressão potência” para que o *software* encontre a equação da curva que melhor se ajuste aos dados. Para isso, basta digitar o nome da ferramenta na barra de digitação (entrada) e escolher a opção “lista de pontos”.



Com a ferramenta selecionada, basta digitar os nomes dos pontos (no exemplo, A, B, C e D) dentro dos parênteses para que a equação seja gerada. Os coeficientes da equação aparecerão de maneira arredondada, sendo necessário alterar o número de casas decimais que aparecem no *software*, como será demonstrado mais adiante.

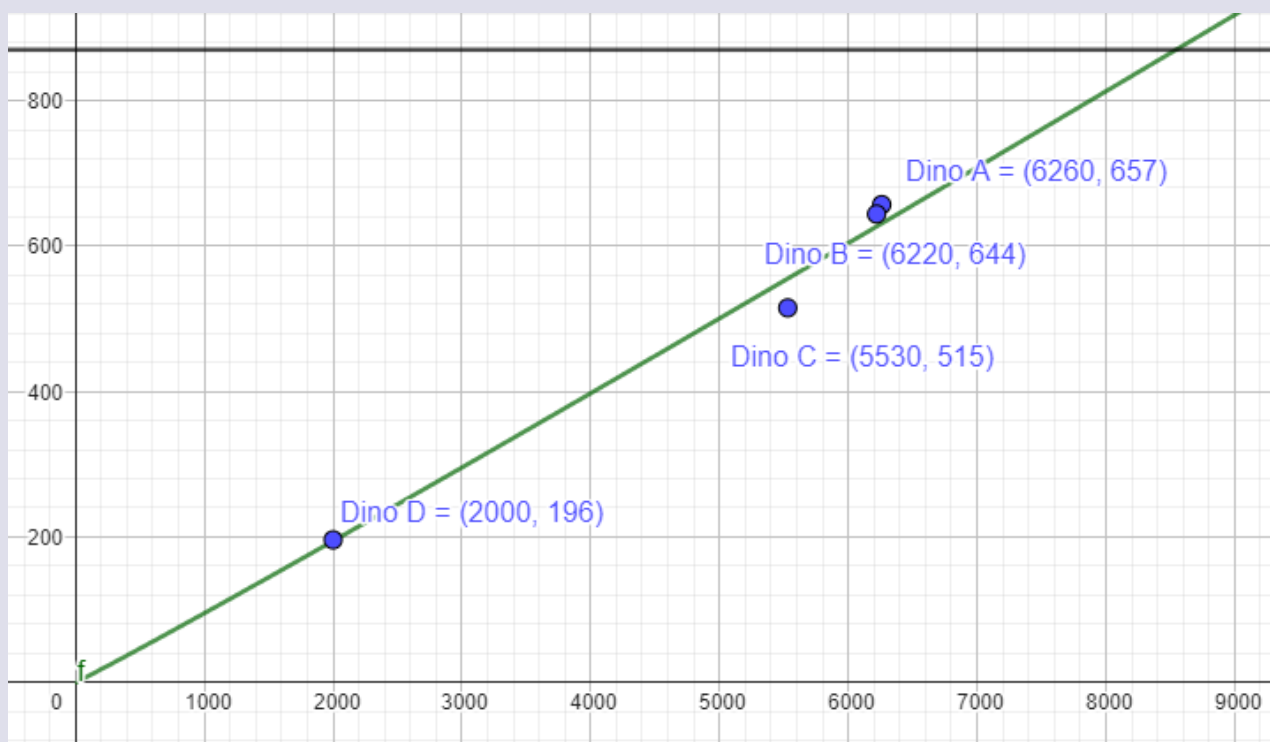
	$f(x) = \text{RegressãoPotência}(\{A, B, C, D\})$ $= 0.0763573144 x^{1.0317745185}$	⋮
---	---	---

O Geogebra irá mostrar a curva que representa a equação da seguinte maneira:

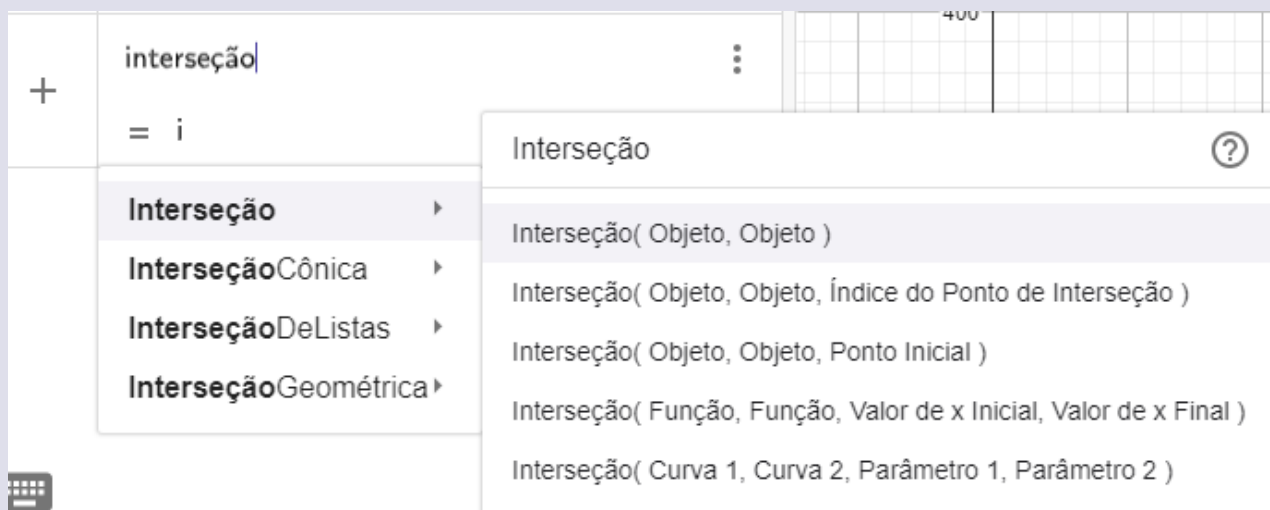


Assim, para encontrarmos a solução geométrica do problema, basta adicionar na barra de digitação, a função $g(x) = 870$. Isso irá criar a reta que representa o comprimento da tíbia de *P. nevesi*.

	$f(x) = \text{RegressãoPotência}(\{A, B, C, D\})$ $= 0.0763573144 x^{1.0317745185}$	
	$g(x) = 870$	
	Entrada...	

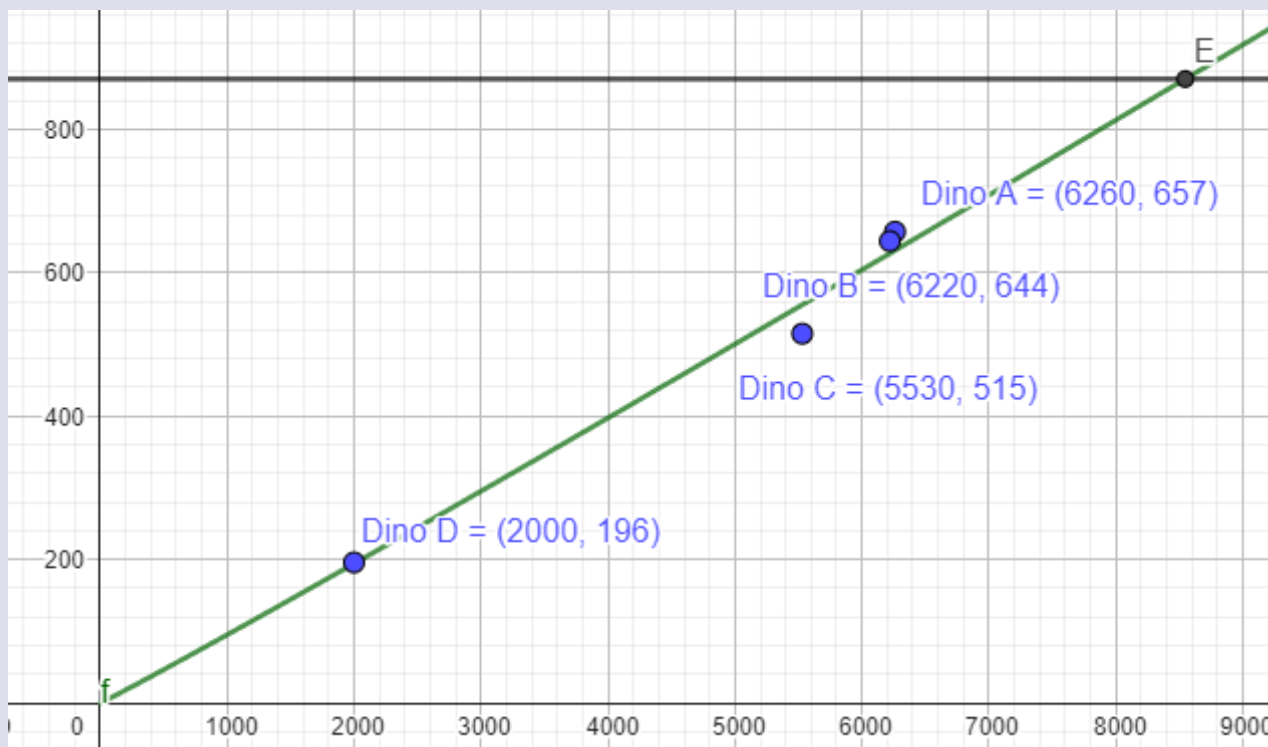


Por fim, basta encontrar a interseção entre as duas curvas, utilizando a ferramenta “interseção” e selecionando a opção “interseção (Objeto, Objeto)”.



No parênteses, basta substituir as palavras “objeto” por f e g. O *software*, então, irá gerar o ponto de interseção entre as duas curvas, cuja coordenada x é a solução para o problema.

●	$E = \text{Interseção}(f, g, (8545.5393562164, 870)) :$ $= (8545.5393562164, 870)$
+	Entrada...



Dessa maneira, a solução geométrica apresenta o valor para o comprimento de *P. nevesi* de, aproximadamente, 8545,53 mm, ou, convertendo para metros, aproximadamente 8,54 m.

Esse procedimento pode ser apresentado aos estudantes como um método para encontrar a solução do problema, antes ou depois da atividade principal, ficando a cargo do professor decidir o melhor momento para isso.

A abordagem algébrica será apresentada a seguir.

Etapa 1 – Reconhecimento da situação-problema

Duração: 1 hora

Apresentar aos alunos um texto ou vídeo que fala sobre dinossauros no Brasil. Sugestão: Vídeo “O Primeiro Dinossauro Predador – Reportagem Fantástico 10/11/2019”. Após isso, questionar os alunos sobre o que sabem do tema “Paleontologia” e se acreditam que existiam dinossauros em Sinop e no Mato Grosso. Após a conversa, apresentar informações sobre o dinossauro *Pycnonemosaurus nevesi* através de slides. Apresentar também informações sobre os fósseis de *Pycnonemosaurus* que foram encontrados em Mato Grosso, principalmente sobre quais partes do corpo do animal foram recuperadas. Assim, pretende-se que o problema principal da atividade seja apresentado aos alunos: Como saber o comprimento do corpo de um dinossauro do qual só conhecemos algumas partes do corpo?



Link para o vídeo
“O primeiro dinossauro predador”

Etapa 2 – Familiarização com o assunto a ser modelado e formulação do problema

Duração: 1 hora e 30 min a 2 horas

Para que os estudantes possam ter uma ideia de como poderemos estimar o comprimento de um animal extinto tendo apenas uma parte do corpo, a sugestão será desenvolver uma atividade dividida nos seguintes passos:

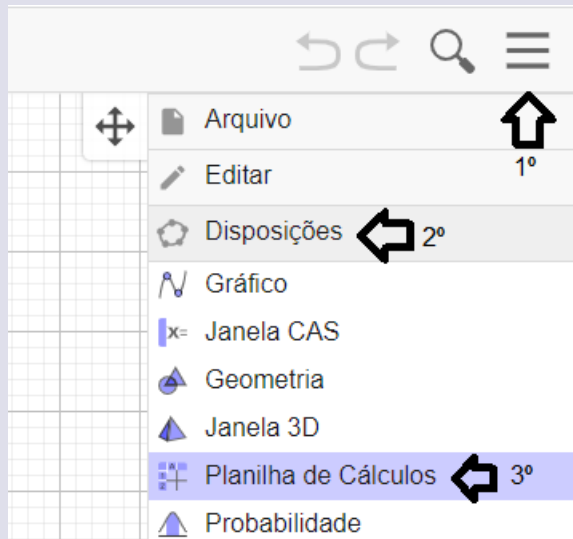
A – Os estudantes serão divididos em grupos de quatro integrantes.

B – Cada grupo deverá medir o comprimento do braço de todos os integrantes. As medidas deverão ser realizadas com o braço dobrado a 90°, partindo do ombro até o cotovelo. Além disso, cada estudante deverá ter sua altura medida e o grupo deverá anotar os dados coletados em uma tabela.

Nesta etapa, sugerimos para medição o uso do paquímetro. Caso não seja possível, pode-se utilizar também fita métrica ou trena.

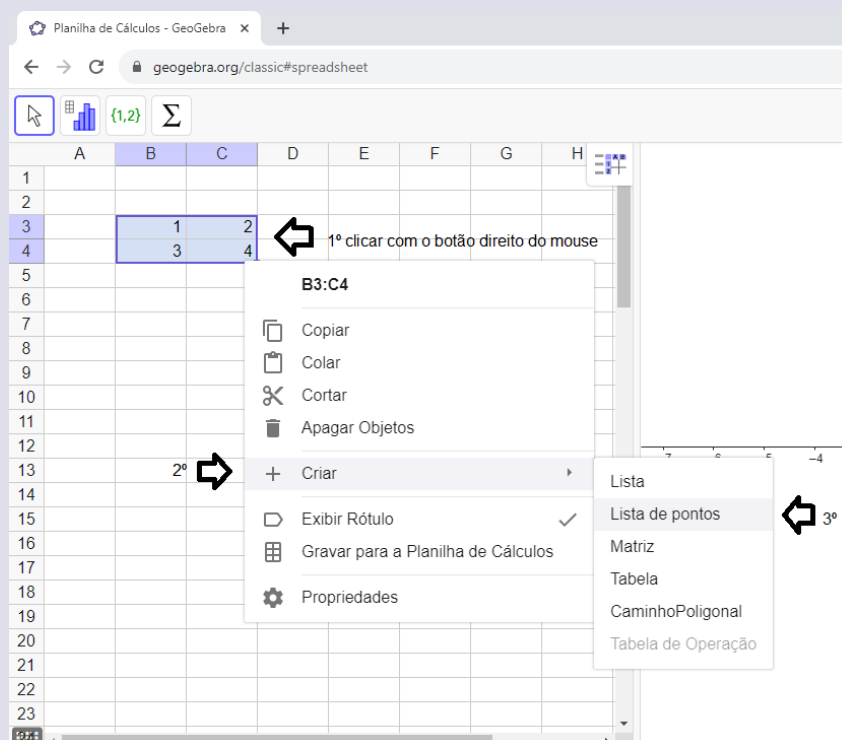
C - Os dados das tabelas serão escritos como pontos do plano cartesiano e plotados no software Geogebra.

Para isso, os alunos deverão fazer o seguinte:

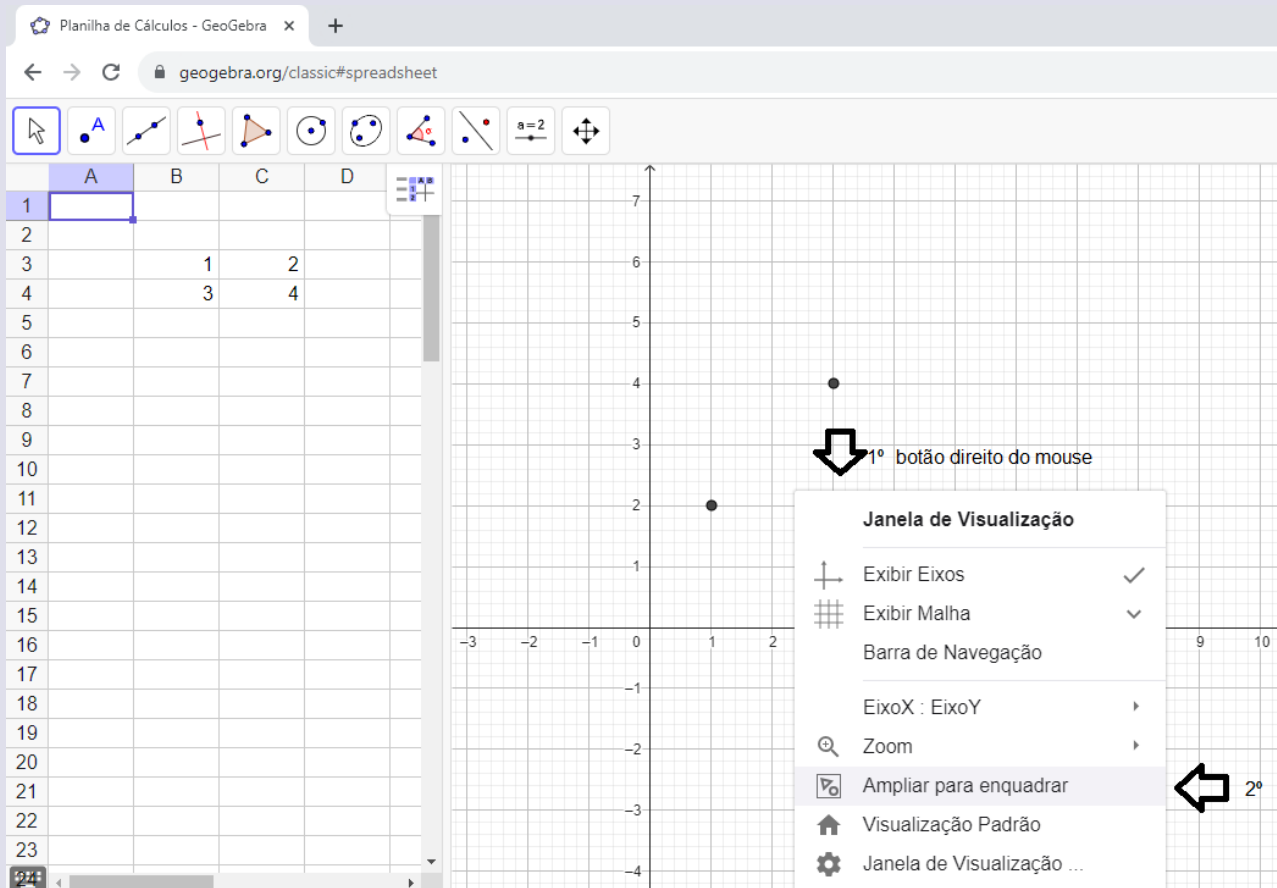


- Clicar nas três barras no canto superior esquerdo – encontrar a ferramenta “exibir” – marcar a caixa de diálogo “planilha”.
- Na planilha, o grupo digitará os dados coletados em duas colunas de células, a primeira para as medidas das alturas e a segunda para as medidas dos comprimentos dos braços de cada integrante do grupo.

- Selecionar as linhas e colunas em que se encontram os dados – clicar com o botão direito do mouse sobre a seleção e sobre a opção “criar” – “lista de pontos”.



- Após esses passos, eles deverão clicar com o botão direito do mouse sobre a área do plano cartesiano e escolher a opção “ampliar para enquadrar”, para o software exibir o local onde os pontos aparecem.



D. Com os pontos exibidos no plano cartesiano, o professor pode levar os alunos a decidirem qual curva se adequa melhor aos dados obtidos. Com essa atividade, espera-se que a melhor equação que representa os pontos seja a equação alométrica do tipo $y = b \cdot x^k$. Nesse momento o professor pode sugerir diversas equações diferentes para que os estudantes decidam qual formato se adequa aos dados que foram coletados.

A equação alométrica do tipo $y = b \cdot x^k$ provém do estudo das relações existentes entre o crescimento de partes de um corpo de um organismo e o crescimento do organismo completo, chamada de Alometria.

Nessa equação, y representa a taxa de crescimento específico de um elemento (uma parte do corpo) e x representa a taxa de crescimento de um outro elemento do sistema ou do sistema total (o corpo inteiro). Tal equação mostra que as duas taxas x e y permanecem em constante relação. A determinação dos parâmetros b e k pode ser realizada por alguns métodos, como será exemplificado a seguir.

O parâmetro k é a constante de proporcionalidade entre os elementos x e y e seu valor influencia no tipo de alometria. Caso $k > 1$, o crescimento alométrico será positivo, ou seja, y cresce mais rapidamente que x . Se $k = 1$, então o crescimento alométrico será isométrico, ou seja, proporcional entre x e y . Por fim, se $k < 1$ então o crescimento alométrico é negativo, em que y cresce mais lentamente que x (FILHO, 1989).

Assim, ao final do desenvolvimento da atividade, pode-se analisar o tipo de crescimento alométrico que ocorre entre o braço e a altura de uma pessoa e, mais tarde, entre a tíbia e o comprimento corporal de um dinossauro da família dos abelissauros, como será visto mais a frente.

E - Com o tipo de equação definida, os estudantes deverão encontrar quais os valores das constantes b e k . Para isso, o professor apresenta o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), utilizando o problema como exemplo. Para iniciar a aplicação do MMQ, a equação deverá sofrer uma mudança de variável, tornando-a uma equação potência com expoente 1. Assim, o professor poderá recordar alguns conceitos de logaritmo com seus alunos, para que realizem a seguinte transformação, aplicando o logaritmo em ambos os lados da equação :

$$\log y = \log bx^k$$

$$\log y = \log b + \log x^k$$

$$\log y = \log b + k \log x$$

Assim, pode-se definir que $\log y = Y$, $\log x = X$ e $\log b = B$, de onde se conclui que a equação poderá ser representada da seguinte maneira:

$$Y = B + k \cdot X \quad (1)$$

Os estudantes deverão descobrir quais os valores das constantes e , mas agora tratando-se de uma equação linear.

F - Assim, os procedimentos para a resolução do problema serão abordados com matrizes, podendo o professor revisar com seus alunos alguns conceitos e operações entre matrizes, se necessário. Assim, os logaritmos dos valores de comprimento do braço e da altura dos integrantes de cada grupo deverão ser calculados e tomados como valores para Y e X, respectivamente. Os dados coletados serão então escritos da seguinte maneira, na forma de equação:

$$\begin{array}{l} X_1 \cdot k + B = Y_1 \\ X_2 \cdot k + B = Y_2 \\ X_3 \cdot k + B = Y_3 \\ X_4 \cdot k + B = Y_4 \end{array}$$

A forma de equação pode ser transformada na forma matricial, da seguinte maneira:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} X_1 & 1 \\ X_2 & 1 \\ X_3 & 1 \\ X_4 & 1 \end{bmatrix}}_A \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} k \\ B \end{bmatrix}}_x = \underbrace{\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \end{bmatrix}}_p$$

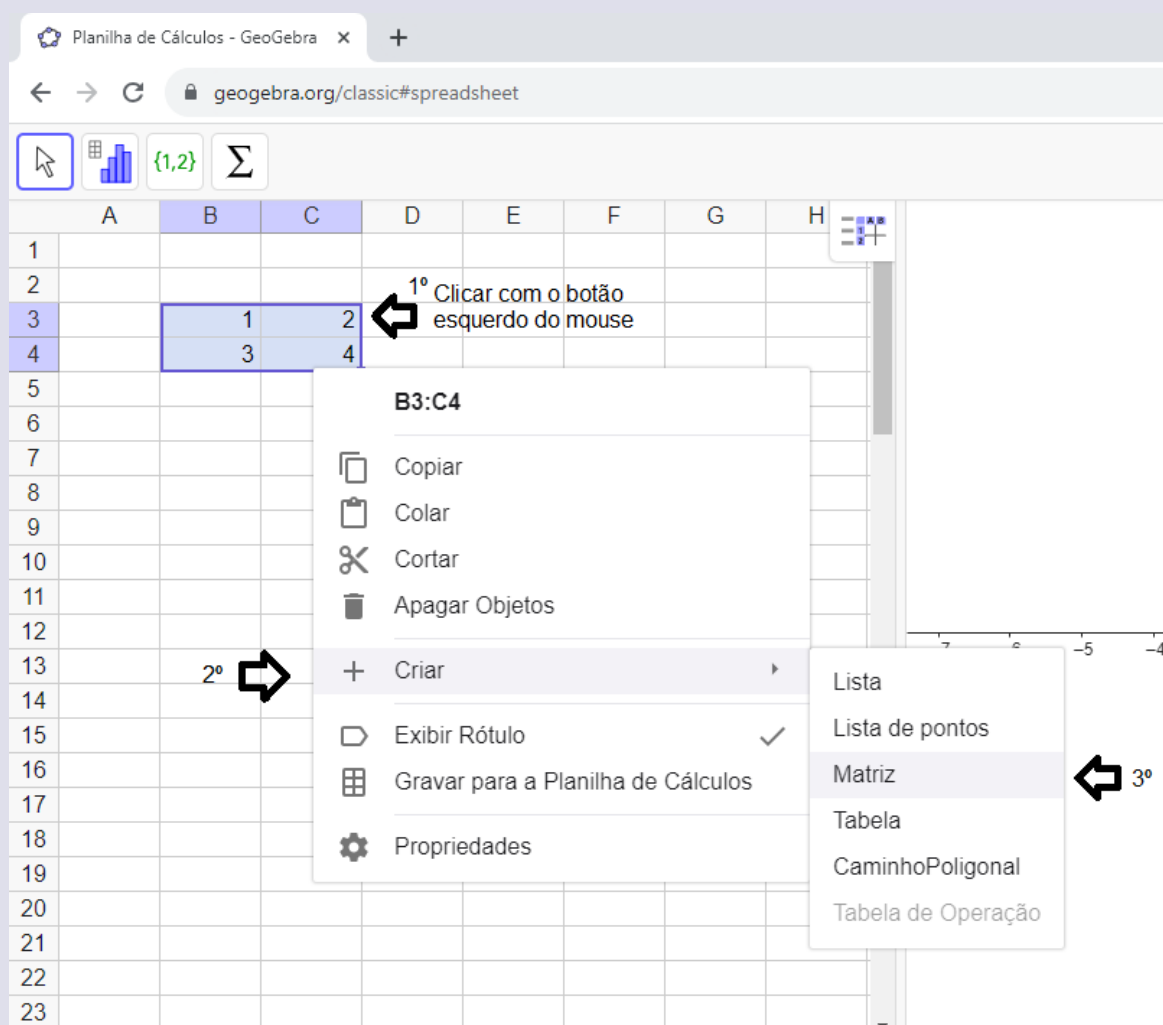
G - A partir disso, o professor explicará que a forma para resolver o problema (e os cálculos que deverão ser feitos) será realizar uma abordagem semelhante à resolução de uma equação de primeiro grau, com o objetivo de isolar o termo X em um dos lados da igualdade. Contudo, a abordagem matricial requer algumas adaptações. Para passar a matriz A para o outro lado da igualdade, deveremos multiplicar ambos os lados da equação pela matriz inversa de A , representada por: A^{-1} . Contudo, uma matriz possui inversa somente se ela for uma matriz quadrada, ou seja, com a mesma quantidade de linhas e colunas. Para resolver esse problema, teremos que utilizar outro conceito de matrizes, a matriz transposta. Multiplicar uma matriz por sua transposta terá como resultado uma matriz quadrada. Assim, precisamos, primeiro, multiplicar ambos os lados da igualdade pela matriz transposta da matriz A , representada por A^T . Para isso, basta realinhar os elementos da matriz A de modo que os elementos dispostos nas linhas fiquem agora dispostos nas colunas, e vice-versa. Assim, temos que:

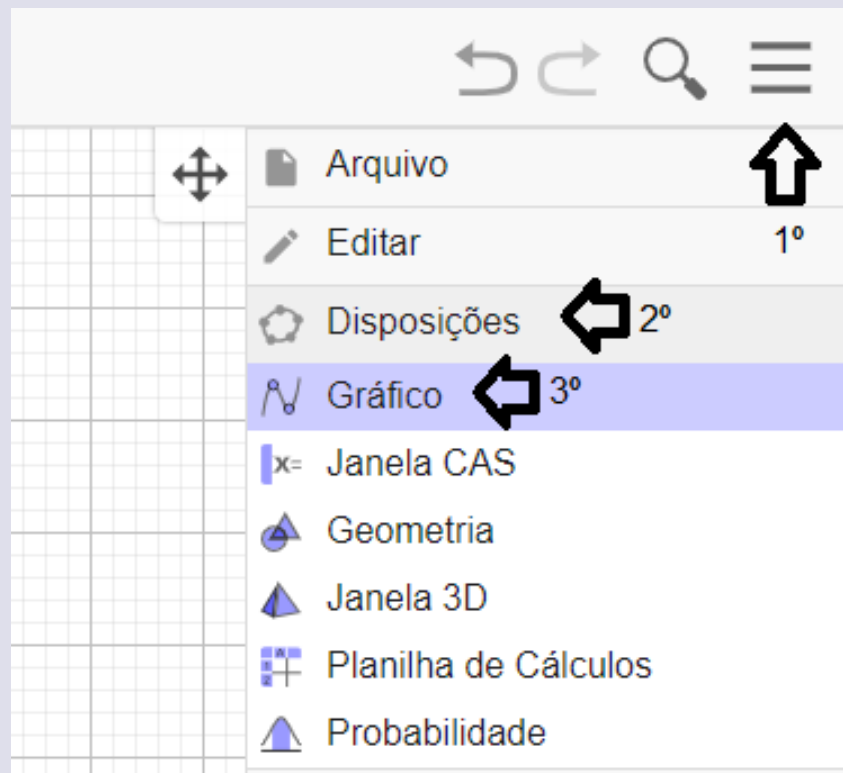
$$A^T = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Realizando as operações, teremos então que a equação inicial estará da seguinte maneira:

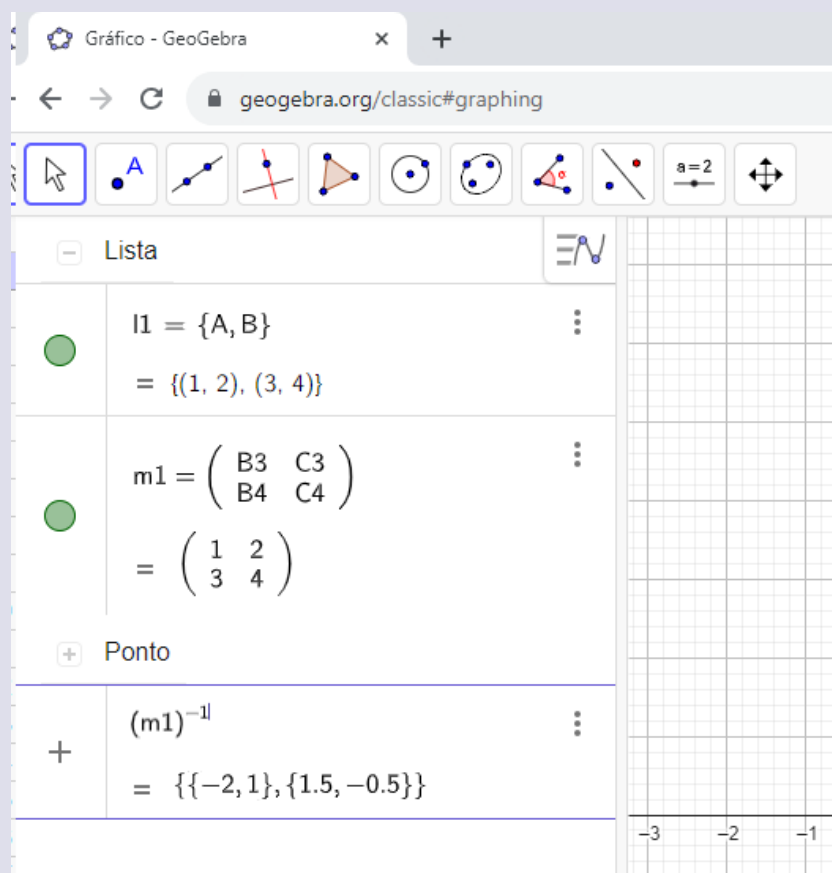
$$A^T \cdot A \cdot X = A^T \cdot P$$

Após a multiplicação da matriz A por sua matriz transposta, , poderemos então encontrar a matriz inversa da matriz resultante, que será nomeada como $(A^T \cdot A)^{-1}$. Como o procedimento para encontrar a matriz inversa nem sempre é simples, o professor poderá utilizar o software Geogebra para realizar os cálculos (ou algum outro tipo de recurso digital). Na planilha, basta digitar os elementos da matriz, selecionar os dados, clicar com o botão direito do mouse sobre a seleção, clicar na ferramenta “criar” e depois em “matriz”, para que o software crie uma matriz com os dados, nomeada de m1. Após isso, basta digitar na barra de entrada o seguinte comando: $(m1)^{-1}$.





A matriz criada aparecerá da seguinte maneira no *software*:



H - Com os elementos todos prontos, a equação pode ser reescrita como:

$$(A^T \cdot A)^{-1} \cdot X = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot P$$

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot P$$

Dessa maneira, a matriz resultante será uma matriz com duas linhas e uma coluna, em que cada valor dessa matriz será o resultado para k e B, respectivamente. Assim, basta reescrever a equação (1) com os resultados obtidos.

I - Para avaliar o modelo produzido basta que os estudantes substituam o logaritmo do comprimento do braço de uma pessoa que não fez parte da construção do modelo e calculem sua altura a partir desse valor. O MMQ leva a uma aproximação da altura real, existindo um erro, o qual espera-se que seja minimizado.

É importante destacar que, como essa atividade se baseia em um experimento aleatório, alguns imprevistos podem acontecer e alterar os dados e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Tais imprevistos, como, por exemplo, erros de medição, podem alterar significativamente o modelo obtido, sem, contudo, interferir no objetivo principal da atividade de apresentar o procedimento que será realizado na tarefa principal.

Outro fator a se considerar é a falta de variabilidade nos dados coletados, considerando que, em uma sala de aula, os alunos possuem a mesma idade. Isso pode acarretar em uma alteração no resultado, principalmente se a validação ocorrer com as medidas de uma pessoa de idade diferente (o professor, por exemplo). Este fator pode ser atenuado escolhendo-se uma pessoa da mesma idade para que suas medidas sejam utilizadas na validação do modelo obtido.

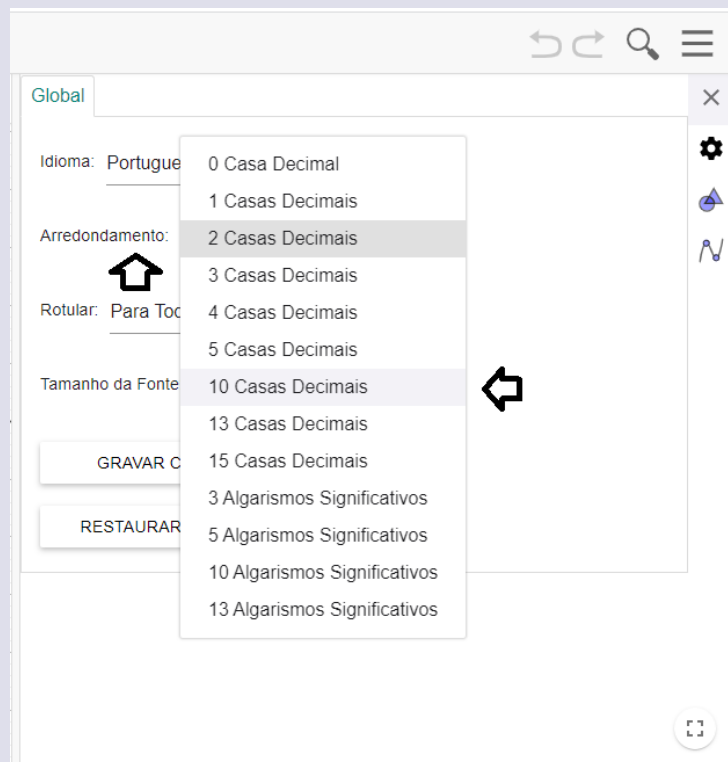
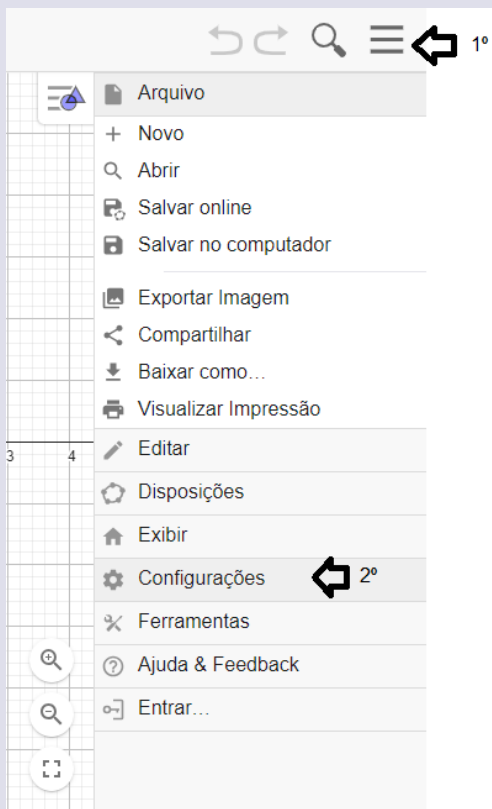
Etapa 3 – Formulação do modelo: O comprimento de *P. nevesi*.

Duração: 1 hora e 30 min

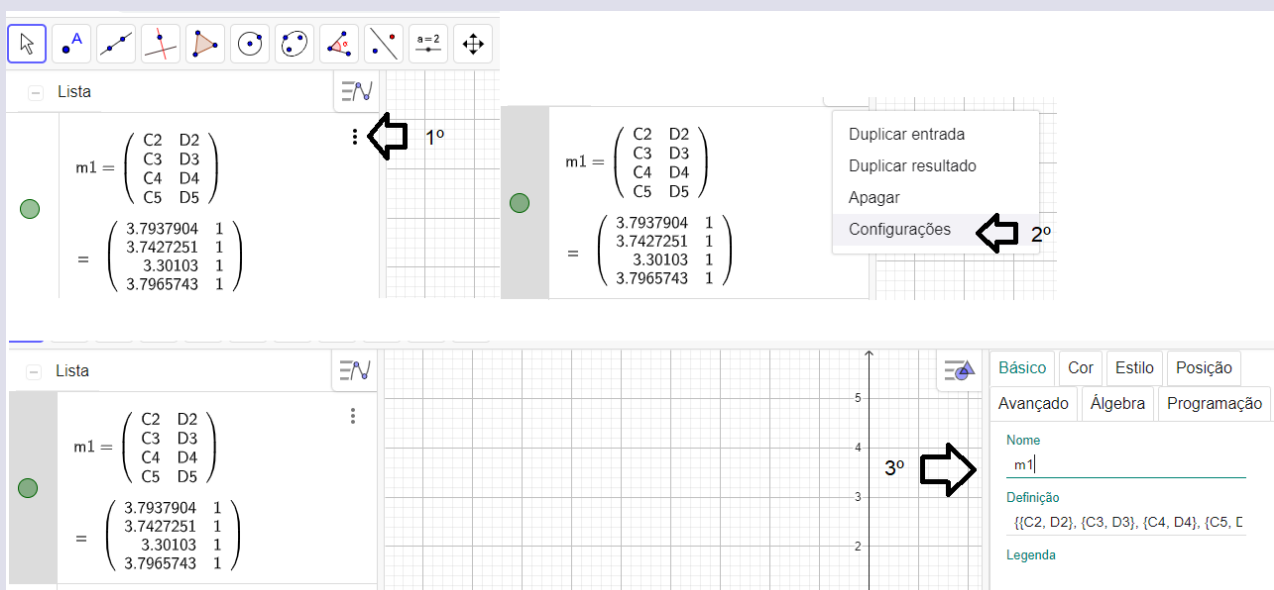
Mostrar aos alunos que o mesmo método utilizado na atividade anterior pode ser adaptado para descobrirmos qual é o comprimento de *P. nevesi*. Para encontrar o comprimento do dinossauro os estudantes deverão encontrar uma equação que relacione o comprimento da tíbia de *P. nevesi* ao seu comprimento corporal. Contudo, não existem outros fósseis de *P. nevesi*. preservados. Para isso, serão utilizados fósseis de outros dinossauros da mesma família. As medidas dos comprimentos desses dinossauros e do comprimento de suas tíbias serão apresentadas aos alunos na tabela a seguir, que deverá ser utilizada para a elaboração do modelo.

Espécime	Comprimento do corpo (CC)	$\log CC$ (p)	Comprimento da tíbia (CT)	$\log CT$ (m)
<i>P. nevesi</i>	-	-	870	-
<i>S. bustingorryi</i>	6260	3,7965743	657	2,8175654
<i>A. garridoi</i>	6220	3,7937904	644	2,8088859
<i>E. mefi</i>	5530	3,7427251	515	2,7118072
<i>M. knoplferi</i> FMNH PR 2481	2000	3,3010300	196	2,2922561

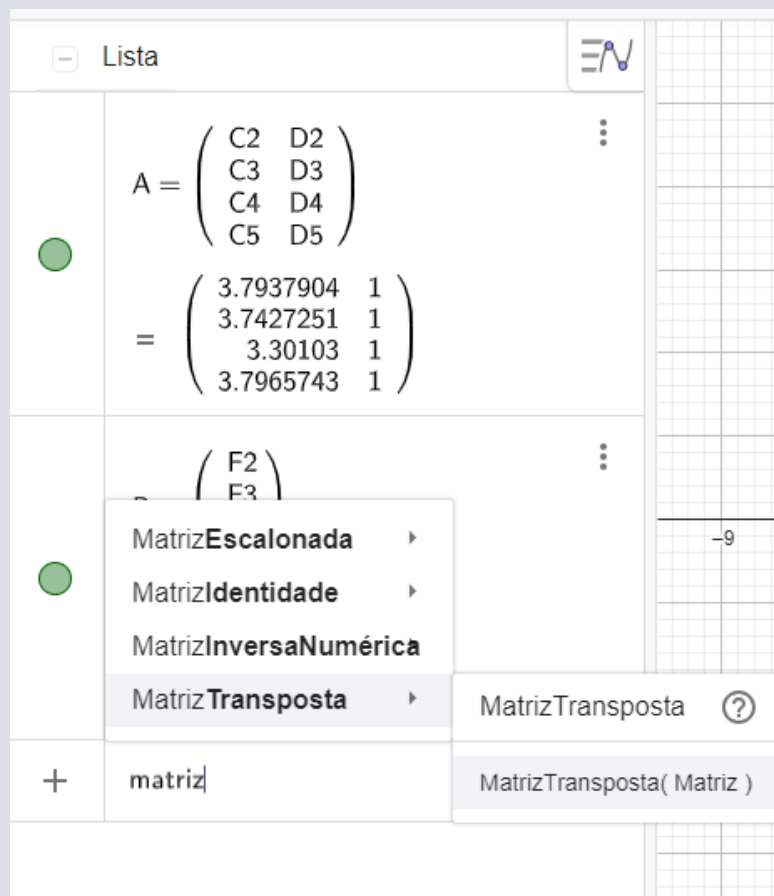
Antes de iniciar os cálculos no *software* Geogebra Classic, é necessário alterar as configurações para que o aplicativo exiba os valores com todas as casas decimais necessárias. Para isso basta clicar nas barras no lado superior esquerdo e em seguida clicar em configurações. Na janela que se abrir, clicar na caixa de diálogo “Arredondamento” e marcar “10 casas decimais”.



Após isso, criar as matrizes A e P no *software* Geogebra Classic, como mostrado anteriormente. O aplicativo nomeia as matrizes como m1, m2, m3, ..., mas é possível renomeá-las. Os nomes serão relevantes para efetuar as operações com matrizes posteriormente.



Com as matrizes construídas, o primeiro passo é encontrar a matriz transposta da matriz A. No *software*, na caixa de diálogo “entrada” basta digitar a palavra “matriz” e selecionar “matriz transposta” e depois a opção “matriz transposta(matriz)”



Quando a frase “matriz transposta(matriz)” aparecer com um cursor de digitação, basta digitar o nome da matriz da qual queremos encontrar a transposta. Neste caso, “A”.

Lista		
	$A = \begin{pmatrix} C2 & D2 \\ C3 & D3 \\ C4 & D4 \\ C5 & D5 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3.7937904 & 1 \\ 3.7427251 & 1 \\ 3.30103 & 1 \\ 3.7965743 & 1 \end{pmatrix}$	⋮
	$P = \begin{pmatrix} F2 \\ F3 \\ F4 \\ F5 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 2.8088859 \\ 2.7118072 \\ 2.2922561 \\ 2.8175654 \end{pmatrix}$	⋮
+	$\text{MatrizTransposta}(A)$ $= \{ \{3.7937904, 3.7427251, 3.30103, 3.7965743\}, \{1, 1, 1, 1\} \}$	⋮
	MatrizTransposta(Matriz)	

Ao apertar a tecla “enter”, a matriz transposta será criada:

$m1 = \text{MatrizTransposta}(A)$	⋮
$= \begin{pmatrix} 3.7937904 & 3.7427251 & 3.30103 & 3.7965743 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	

Para facilitar os cálculos, mudamos o nome da matriz transposta para AT. Assim a próxima etapa requer a multiplicação da matriz transposta de A pela própria matriz A e pela matriz B. Na barra de digitação do *software* Geogebra Classic basta digitar AT*A e AT*B. É importante lembrar que, no caso da multiplicação de matrizes, a ordem em que as matrizes são multiplicadas altera os resultados. Portanto, deve-se utilizar sempre a matriz transposta primeiro nas duas multiplicações.

$m1 = AT A$ $= \begin{pmatrix} 53.7116122496 & 14.6341198 \\ 14.6341198 & 4 \end{pmatrix}$	⋮
$m2 = AT B$ $= \begin{pmatrix} 39.0697757759 \\ 10.6305146 \end{pmatrix}$	⋮

Para facilitar, podemos alterar o nome das matrizes m1 e m2 para ATA e ATB. A seguir, deve-se encontrar a matriz inversa da matriz ATA. Para isso, basta que, na barra de digitação do *software*, seja digitado o seguinte comando: $(ATA)^{-1}$.

$m1 = ATA^{-1}$ $= \begin{pmatrix} 5.805627495 & -21.2400620692 \\ -21.2400620692 & 77.9574032199 \end{pmatrix}$	⋮
--	---

Altera-se o nome da matriz resultante para ATAI, e, para finalizar, multiplica-se ATAI pelas matrizes ATA e ATB, com os seguintes comandos que deve ser digitado na barra de digitação do *software*: $ATAI*ATA$ e $ATAI*ATB$.

$m1 = ATAI ATB$ $= \begin{pmatrix} 1.0317745387 \\ -1.1171494014 \end{pmatrix}$	⋮
---	---

Assim, a matriz resultante da segunda multiplicação apresenta os valores das constantes b e k. $ATAI*ATA$ irá gerar como resultado a matriz identidade.

Portanto, a equação resultante é:

$$\log y = -1,1171494 + 1,0317745 \cdot \log x$$

Para a realização do procedimento através do tratamento estatístico, pode-se utilizar o *software* Excel, cujo uso de fórmulas facilita os cálculos.

No *software* Excel, deve-se criar uma tabela com os valores utilizados anteriormente nas matrizes A e B, da seguinte maneira:

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859		
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072		
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561		
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654		
7		Somatórios				
8		Médias				
9						

Os valores de somatório, médias, comprimento do corpo multiplicado por comprimento da tíbia (p*m) e comprimento do corpo elevado ao quadrado (p²) são necessários para o cálculo utilizando esta abordagem e serão encontrados utilizando as fórmulas do *software*, da seguinte maneira:

Para encontrar os somatórios deve-se escrever a seguinte fórmula e, em seguida, clicar no ponto verde no canto inferior direito da célula C7, manter clicado e arrastar até a célula D7.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859		
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072		
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561		
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654		
7		Somatórios	=SOMA(C3:C6)			
8		Médias				

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859		
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072		
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561		
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654		
7		Somatórios	14,6341198			
8		Médias				

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859		
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072		
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561		
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654		
7		Somatórios	14,6341198	10,630515		
8		Médias				

Para encontrar as médias, pode-se fazer o mesmo procedimento, com a seguinte fórmula:

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859		
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072		
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561		
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654		
7		Somatórios	14,6341198	10,630515		
8		Médias	=MÉDIA(C3:C6)			

Para as multiplicações, deve-se utilizar as fórmulas apresentadas a seguir. É importante lembrar que após utilizar as fórmulas na primeira célula das colunas E e F, basta clicar no quadrado verde do canto direito da célula, manter clicado e arrastar até a linha 6.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859	=C3*D3	
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072		
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561		
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654		
7		Somatórios	14,6341198	10,630515		
8		Médias	3,65852995	2,6576287		

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²
3		Aucasaurus	3,7937904	2,8088859	10,6563244	=D3*D3
4		Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072	10,1495489	
5		Masiakasaurus	3,30103	2,2922561	7,56680615	
6		Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654	10,6970964	
7		Somatórios	14,6341198	10,630515		
8		Médias	3,65852995	2,6576287		

Assim, para calcular as constantes esperadas, utiliza-se a seguinte relação:

$$k = \frac{N \sum p_i m_i - \sum p_i \sum m_i}{N \sum p_i^2 - (\sum p_i)^2}$$

$$n = \bar{m} - n\bar{p}$$

Em que:

N = quantidade de pontos obtidos na coleta de dados

$\bar{m}$ = média dos valores de m

$\bar{p}$ = média dos valores de p

Para calcular o valor de k , basta escrever a seguinte fórmula no *software* Excel:

	B	C	D	E	F	G	H
1							
2	Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²		k
3	Aucasaurus	3,7937904	2,8088859	10,6563244	14,3928456		= (B11*E7-C7*D7)/(B11*F7-C7*C7)
4	Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072	10,1495489	14,0079912		
5	Masiakasaurus	3,30103	2,2922561	7,56680615	10,8967991		
6	Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654	10,6970964	14,4139764		
7	Somatórios	14,6341198	10,630515	39,0697758	53,7116122		
8	Médias	3,65852995	2,6576287				
9							
10	N						
11	4						

As células coloridas são os valores de cada item da relação anterior para encontrar a constante k . A linha e a coluna de cada valor está marcada na fórmula digitada na célula H3.

Para calcular o valor da segunda constante, representada por n na relação anterior, deve-se digitar a seguinte fórmula no *software* Excel:

	B	C	D	E	F	G	H
1							
2	Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²		k
3	Aucasaurus	3,7937904	2,8088859	10,6563244	14,3928456		1,031774539
4	Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072	10,1495489	14,0079912		
5	Masiakasaurus	3,30103	2,2922561	7,56680615	10,8967991		n
6	Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654	10,6970964	14,4139764		=D8-H3*C8
7	Somatórios	14,6341198	10,630515	39,0697758	53,7116122		
8	Médias	3,65852995	2,6576287				
9							
10	N						
11	4						

Assim, temos os valores de k e n , destacados em cinza na imagem a seguir:

	B	C	D	E	F	G	H
1							
2	Espécime	log CC (p)	log CT (m)	p*m	p ²		k
3	Aucasaurus	3,7937904	2,8088859	10,6563244	14,3928456		1,031774539
4	Eoabelisaurus	3,7427251	2,7118072	10,1495489	14,0079912		
5	Masiakasaurus	3,30103	2,2922561	7,56680615	10,8967991		n
6	Skorpiovenator	3,7965743	2,8175654	10,6970964	14,4139764		-1,117149401
7	Somatórios	14,6341198	10,630515	39,0697758	53,7116122		
8	Médias	3,65852995	2,6576287				
9							
10	N						
11	4						

Com os valores obtidos, temos a mesma equação encontrada com o método matricial:

$$\log y = -1,1171494 + 1,0317745 \cdot \log x$$

Para retornarmos a equação potência original, precisamos lembrar que a constante $n = -1,1171494$ é o logaritmo da constante b . Dessa maneira, devemos utilizar a função inversa ao logaritmo para obtermos o valor de b , utilizando os comandos a seguir:

	A
1	
2	-1,117149401
3	=10^(A2)
4	

Obtendo o seguinte resultado:

	A
1	
2	-1,117149401
3	0,076357306
4	

Dessa maneira, a função potência obtida é:

$$y = 0,0763573 \cdot x^{1,0317745}$$

É importante relembrar que nesta função, a variável y representa os comprimentos das tíbias e a variável x representa os comprimentos corporais dos dinossauros. Desse modo, para calcularmos o comprimento corporal de *P. nevesi* precisamos isolar a variável x na equação. Isso pode ser realizado utilizando a potência com números racionais, da seguinte maneira:

$$y = 0,0763573 \cdot x^{1,0317745}$$

$$\frac{y}{0,0763573} = x^{1,0317745}$$

$$\left(\frac{y}{0,0763573}\right)^{\frac{1}{1,0317745}} = x$$

$$x = \left(\frac{y}{0,0763573}\right)^{\frac{1}{1,0317745}}$$

Assim, substituindo y pelo comprimento da tíbia de *P. nevesi*, temos que:

$$x = \left(\frac{y}{0,0763573}\right)^{\frac{1}{1,0317745}}$$

$$x = \left(\frac{870}{0,0763573}\right)^{\frac{1}{1,0317745}}$$

$$x = (11.393,8025571)^{\frac{1}{1,0317745}}$$

$$x = 8.545,5423045 \text{ mm}$$

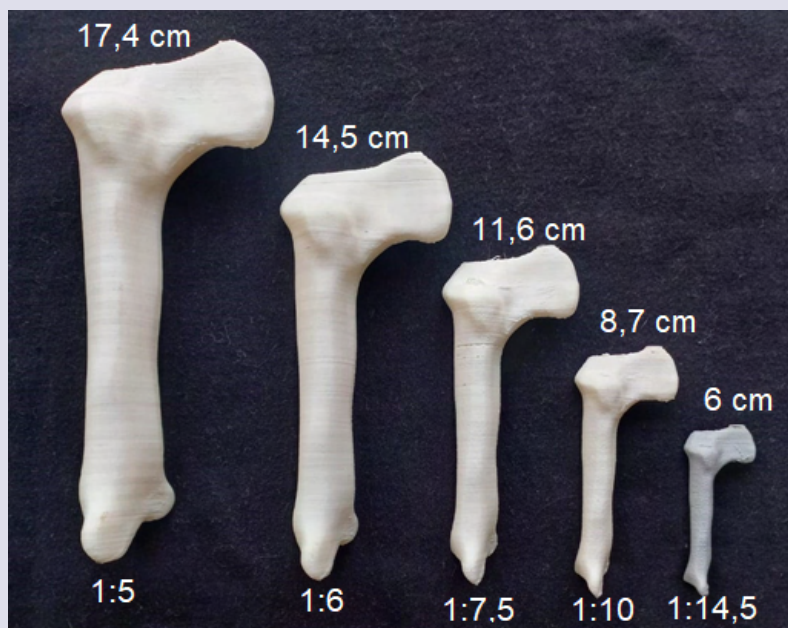
$$x \cong 8,46 \text{ m}$$

Conclui-se, então, que o comprimento de *Pycnonemosaurus nevesi* era de, aproximadamente, 8,54 metros.

Etapa 4 – Validação do modelo

Duração: 1 hora

Os alunos deverão encontrar a relação e expressá-la por meio de uma equação, que será o modelo. Encontrada essa relação, os alunos deverão realizar os cálculos para encontrar o comprimento corporal de *P. nevesi*. Para isso, precisaremos medir o fóssil da tíbia do dinossauro. O professor levará algumas réplicas desse fóssil impressas em 3D e em escalas diferentes. Caso o professor não tenha acesso a uma impressora 3D, as réplicas podem ser produzidas com cartolina. Os alunos deverão, então, obter as medidas das réplicas e convertê-las para as medidas reais utilizando a escala presente em cada réplica.



**Você pode
acessar os
arquivos de
impressão das
réplicas por meio
do código QR
acima!**

Etapa 5 – Atividade de avaliação

Duração: 1 hora

Os alunos deverão construir outros modelos com outras medidas da tíbia de *P. nevesi*. Analisar os modelos encontrados e comparar o comprimento corporal obtido com os outros modelos e com o modelo principal. A seguir, dois exemplos de medidas que podem ser usadas para realizar o procedimento.

Largura do eixo da tíbia (LET)

Espécime	Comprimento do corpo (CC)	Log CC (X)	Largura do eixo da tíbia (LET)	Log LET (Y)
<i>P. nevesi</i>			124	
<i>S. bustingorryi</i>	6260	3,7965743	92	1,9637878
<i>A. garridoi</i>	6220	3,7937904	79	1,8976270
<i>E. mefi</i>	5530	3,7427251	66	1,8195439
<i>M. knoplferi</i>	2000	3,3010300	17	1,2304489

Diâmetro anteroposterior da haste da tíbia (DAPHT)

Espécime	Comprimento do corpo (CC)	Log CC (X)	Diâmetro anteroposterior da haste da tíbia (DAPHT)	Log DAPHT (Y)
<i>P. nevesi</i>			99	
<i>C. sastrei</i>	7750	3,8893017	75	1,8750612
<i>A. garridoi</i>	6220	3,7937904	62	1,7923916
<i>E. mefi</i>	5530	3,7427251	58	1,7634279
<i>M. knoplferi</i>	2000	3,3010300	11	1,0413926

REFERÊNCIAS

ASEVEDO, L., PANSANI, T. R., CORDEIRO, V. M., FERREIRA da SILVA-CAMINHA, S. A., PAIXÃO, J. d. S., COZZUOL, M. A., DANTAS, M. A. T. Diversity of Pleistocene megamammals from Southern Amazon, Mato Grosso state, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 112, p. 103522, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

CNM - CADASTRO NACIONAL DE MUSEUS. Centro de Pesquisa e Museu de Humanidades Alaíde Montecchi - MHAM. Disponível em: <https://mapas.cultura.gov.br/espaco/9163/>. Acesso em: 08 nov. 2023.

FILHO, A. F. A alometria ao alcance de todos. *Sociedade & Natureza*, v. 1, n. 1, p. 29-34, 1989.

GRILLO, O. N.; DELCOURT, R. Allometry and body length of abelisauroid theropods: *Pycnonemosaurus nevesi* is the new king. *Cretaceous Research*, v. 69, p. 71-89, 2017.

KELLNER, A.W.A.; CAMPOS, D. de A. On a theropod dinosaur (Abelisauria) from the continental Cretaceous of Brazil. *Arquivos do Museu Nacional*, v. 60, n. 3, p. 163-170, 2002.

KUHN, C. E. S.; SOUSA, S. K. J.; HIROOKA, S. S.; SALA, M. L. B. P. R.; BRUM, F. A. G. V. R. (org). *História natural de Mato Grosso*. 1. ed. Belo Horizonte: Federação Brasileira de Geólogos – FEBRAGEO, 2022.

MHNMT - MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL DE MATO GROSSO.
Disponível em: <https://museuhistorianaturalmt.com.br/>.
Acesso em: 08 nov. 2023.

SECEL - Secretaria de Estado de Cultura, Esporte e Lazer de
Mato Grosso. Museu de História Natural de Alta Floresta.
Disponível em:
<https://www.mapas.mt.gov.br/espaco/10/#info>. Acesso em:
08 nov. 2023.

Apêndice B – TCLE Responsável Legal

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O aluno menor de idade que você é responsável está sendo convidado para participar da pesquisa “Modelagem do comprimento do *Pycnonemosaurus nevesi* a partir da tíbia: uma proposta para ensinar Matemática”, coordenada pelo pesquisador Patrick Godoi, da Universidade Federal de Mato Grosso. O objetivo da pesquisa é realizar uma atividade nas aulas de Matemática em que os conteúdos serão trabalhados através de atividades realizadas para determinar o comprimento do dinossauro Mato-Grossense *Pycnonemosaurus nevesi*. A atividade terá sete horas de duração divididas em quatro encontros (três encontros de duas horas e um de uma hora) que serão realizados durante aulas de Matemática na mesma escola em que o aluno estuda, Escola Estadual Ênio Pipino. Além disso, serão aplicados questionários durante a realização da atividade. Toda a atividade será gravada em áudio e vídeo, que serão acessados e utilizados apenas pelo pesquisador e não serão divulgados em nenhuma hipótese. A participação do aluno na pesquisa não resultará em nenhum tipo de remuneração financeira e não acarretará custos. As despesas decorrentes da pesquisa, assim como eventuais danos relacionados à participação do aluno, serão assumidos pelo pesquisador. Os benefícios em participar da pesquisa são a melhoria na compreensão do conteúdo que será abordado na atividade, a experiência na utilização de tópicos de Matemática na resolução de um problema científico, o conhecimento de estratégias de resolução de problemas que podem ser úteis durante a formação escolar do aluno, além de poder gerar maior motivação e interesse pela Matemática, que será apresentada de maneira diferente do habitual. O aluno a que você é responsável têm direito de recusar-se a participar da pesquisa ou retirar seu consentimento em qualquer momento, sem que isso lhe acarrete qualquer prejuízo. Será mantido o sigilo sobre as informações do aluno e garantida a sua privacidade. Os resultados da pesquisa serão divulgados em eventos ou publicações científicas, sem que permitam a identificação do aluno. Em caso de dúvida você poderá entrar em contato com o pesquisador através do telefone (66) 9 9631-4185, ou e-mail godoi_patrick@hotmail.com. Se tiver dúvidas sobre os aspectos éticos desta pesquisa deverá entrar em contato com o Comitê de ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMT campus de Sinop. Localizado na Avenida Alexandre Ferronato, 1200, Bloco 16 sala 01. Bairro Cidade Jardim. Sinop, MT. CEP 78.550-728. Telefone: (66) 3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br. Uma via deste documento ficará com você e outra via será arquivada pelo pesquisador por cinco anos.

Li e entendi este termo de consentimento e autorizo/concordo em participar da pesquisa.

Data: ____/____/____

Nome do Responsável

Nome do Pesquisador

Assinatura Responsável

Assinatura do Pesquisador

Apêndice C – TALE estudantes

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Olá, meu nome é Patrick Godoi e eu sou pesquisador da UFMT-Sinop. Estou convidando você para participar, como voluntário(a), de uma pesquisa com o nome: “Modelagem do comprimento do *Pycnonemosaurus nevesi* a partir da tíbia: uma proposta para ensinar Matemática”. Esta pesquisa tem o objetivo de realizar uma atividade nas aulas de Matemática em que os conteúdos serão trabalhados através de atividades realizadas para determinar o comprimento do dinossauro mato-grossense *Pycnonemosaurus nevesi*. A atividade terá sete horas de duração divididas em quatro encontros (três encontros de duas horas e um de uma hora) que serão realizados durante as aulas de Matemática na mesma escola em que você estuda, Escola Estadual Ênio Pipino. A sua participação consistirá em realizar as atividades propostas durante os encontros que serão ministrados pelo pesquisador, incluindo alguns questionários realizados durante os encontros. As atividades serão gravadas em áudio e vídeo, que serão utilizados apenas pelo pesquisador e não serão divulgados de nenhuma maneira. Vão participar dessa pesquisa alunos do 2º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Ênio Pipino, na cidade de Sinop-MT. Sua participação é voluntária, você não vai ganhar nenhum dinheiro e nada será cobrado de você. Mas coisas boas podem acontecer. Sua participação poderá melhorar sua compreensão do conteúdo que será abordado na atividade, você participará de uma experiência de resolução de um problema científico, poderá adquirir o conhecimento de estratégias de resolução de problemas que podem ser úteis durante sua formação escolar, além de poder aumentar sua motivação e interesse pela Matemática, que será apresentada de maneira diferente do habitual. Porém, você pode se sentir cansado ou ter vergonha ao participar de alguma atividade. Se isso acontecer, você pode parar de participar a qualquer momento e voltar a participar depois, ou ainda, pode parar e não participar mais das atividades, ou ainda, pode me procurar para tirar dúvidas, você que escolhe. E se você não quiser mais participar, tudo bem, nada vai acontecer com você. Sua participação vai ser confidencial, ou seja, ninguém vai ficar sabendo como foi sua experiência na aula, não vamos contar para nenhum professor, nem coordenador, nem para seus pais, nem ninguém. Vamos publicar um relato da aula sem falar os nomes de quem participou, ou seja, tudo segredo. Se você tiver alguma dúvida, em qualquer momento, sobre essa pesquisa, pode entrar em contato comigo (PATRICK GODOI) pelo telefone (66) 99631-4185 ou por e-mail godoi_patrick@hotmail.com. Em caso de dúvida sobre se essa pesquisa é correta ou não, você, seus pais ou responsáveis podem procurar o Comitê de Ética de Pesquisas pelo telefone: (66) 3533-3199, ou pelo e-mail: cephumanos.cus@ufmt.br ou ainda ir neste endereço: Avenida Alexandre Ferronato, 1200, Bloco 16 sala 01, bairro Cidade Jardim, Sinop, MT. Se você concordar em participar, deverá assinar este termo em duas (2) vias, uma fica com você e a outra comigo, então poderá participar da aula sem problema nenhum.

Nome: _____

Assinatura do participante

Patrick Godoi
Pesquisador

Apêndice D – Questionário de avaliação da atividade

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

Olá! Gostaria de convidá-lo(a) para responder algumas questões referentes às atividades que foram realizadas durante nossos encontros.

Esse questionário tem o objetivo de avaliar o que você achou da atividade e se você acredita que ela contribuiu para seu aprendizado.

Fique tranquilo(a) pois sua identidade não será revelada.

Leia com atenção as perguntas e responda-as de acordo com o seu entendimento.

1) Como você classifica sua compreensão sobre o tema estudado?

- a) ☐ Péssimo
- b) ☐ Ruim
- c) ☐ Média
- d) ☐ Boa
- e) ☐ Ótima

2) Você gosta de estudar os conteúdos de Matemática?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

3) As atividades sobre o dinossauro *Pycnonemosaurus nevesi* despertaram seu interesse em aprender os conteúdos de Matemática?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

4) Sentiu-se motivado em aprender Matemática a partir de problemas de outras áreas, como a Paleontologia?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

5) Você encontrou dificuldades nos conteúdos abordados nas atividades?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

Se sim, quais?

6) As atividades da forma como foram realizadas contribuíram para sua aprendizagem em Matemática?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

Quais suas sugestões ou críticas sobre o desenvolvimento das atividades?

7) Você conseguiu desenvolver as atividades finais no Excel com facilidade?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

Justifique:

8) Você gostou da maneira como as atividades foram desenvolvidas durante as aulas?

- a) ☐ Sim
- b) ☐ Não
- c) ☐ Parcialmente
- d) ☐ Não sei responder

9) O que você mais gostou durante a realização da atividade?

10) O que você não gostou durante a realização da atividade?

11) As ampliações e reduções de objetos estão presentes em diversas situações do cotidiano.

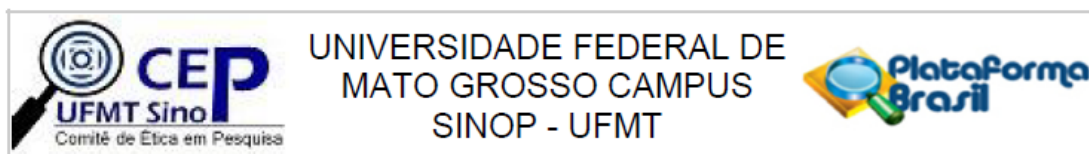
Ao assistirmos programas de TV, vídeos na internet e consultarmos mapas, estamos observando objetos em tamanho menor do que o original. Mas para que a imagem de um objeto seja reduzida ou aumentada, ela precisa que suas dimensões sejam alteradas em todos os sentidos. Um pesquisador encontrou um osso de dinossauro e planeja saber o seu tamanho. O que você pensa a respeito de como isso é possível ou não?

Se você tiver alguma sugestão, pode escrevê-la a seguir:

Muito obrigado por participar e colaborar!

ANEXOS

Anexo A – Parecer consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Modelagem do comprimento do *Pycnonemosaurus nevesi* a partir da tíbia: uma proposta para ensinar Matemática

Pesquisador: PATRICK GODOI

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 68359823.6.0000.8097

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.325.061

Apresentação do Projeto:

A apresentação do projeto, Hipótese, Critério de inclusão, Critério de exclusão e Número de participantes foram retirados do arquivo de informações básicas do projeto (Data de Submissão do Projeto:, 31/07/2023 Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109430.pdf Versão do Projeto: 3)

De acordo com o pesquisador:

A Paleontologia estuda as evidências deixadas por organismos do passado na forma de vestígios de sua presença, ou mesmo partes de seus corpos, chamados de fósseis. É uma ciência de caráter interdisciplinar que pode auxiliar na compreensão do funcionamento do planeta como um todo e na importância de sua preservação. Contudo, é uma ciência pouco apresentada para alunos da educação básica, mesmo estando presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Assim, este trabalho tem o objetivo de contribuir para a inclusão da Paleontologia nas aulas de Matemática e Ciências da educação básica, de maneira interdisciplinar, utilizando uma atividade de Modelagem Matemática como metodologia de ensino. A metodologia a ser utilizada será a pesquisa qualitativa, por meio da qual será construído um produto educacional no qual será apresentada uma atividade didática elaborada por meio de um problema vindo da Paleontologia, adaptado para o ensino. Espera-se que este trabalho possa contribuir para a maior utilização da

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01
Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.550-728
UF: MT Município: SINOP
Telefone: (66)3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

Paleontologia no ensino, popularizando essa ciência tão importante para a situação em que vivemos.

Hipótese:

Quais as potencialidades no uso do conhecimento paleontológico de Mato Grosso em atividades de ensino de Matemática para alunos do Ensino Médio?

Critério de Inclusão:

Serão considerados os seguintes critérios para a participação da pesquisa:

- A pesquisa incluirá apenas alunos de 15 a 17 anos que sejam do ensino médio regular na Escola Estadual Ênio Pipino.
- Os alunos devem estar matriculados na(s) turma(s) selecionadas, na escola onde será desenvolvida a pesquisa.

Critério de Exclusão:

Serão excluídos da participação na pesquisa os estudantes que atendam aos seguintes critérios:

- Estudantes transferidos de escola durante a realização da pesquisa.
- Alunos que porventura apresentarem Transtorno do Espectro Autista (TEA). Em caso algum participante apresentar tal critério de exclusão, ele irá participar normalmente das atividades, afim de não ser segregado, entretanto, não será levado em consideração as suas interações.

Número de participantes: 40.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos foram retirados do arquivo de informações básicas do projeto (Data de Submissão do Projeto: 31/07/2023 Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109430.pdf Versão do Projeto: 3)

De acordo com o pesquisador:

Objetivo Primário:

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01	
Bairro: Residencial Cidade Jardim	CEP: 78.550-728
UF: MT	Município: SINOP
Telefone: (66)3533-3199	E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

Continuação do Parecer: 6.325.061

Investigar a potencialidade de um material didático para ensino de Matemática e divulgação científica utilizando como base os registros

paleontológicos do estado de Mato Grosso e as investigações sobre o comprimento corporal do dinossauro mato-grossense *Pycnonemosaurus nevesi*.

Objetivo Secundário:

- Descrever um procedimento utilizado para a determinação do comprimento corporal de dinossauros como, por exemplo, *Pycnonemosaurus nevesi*;

- Desenvolver material didático que associe o procedimento para determinação do comprimento corporal de dinossauros a tópicos de Matemática do

Ensino Médio;

- Desenvolver material de divulgação científica sobre a Paleontologia de Mato Grosso, seus principais sítios paleontológicos e os principais fósseis

encontrados;

- Avaliar o material didático e suas potencialidades ao processo de ensino de Matemática.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os Riscos e Benefícios da Pesquisa foram retirados do arquivo Informações Básicas do Projeto (Data de Submissão do Projeto: 31/07/2023 Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109430.pdf Versão do Projeto: 3)

De acordo com a/o pesquisador:

Riscos:

Conforme a Resolução CNS 510 de 2016, capítulo IV, Art. 21, os riscos da presente pesquisa são classificados como riscos mínimos por não

apresentar entre os objetivos alguma intervenção ou modificação intencional em variáveis fisiológicas ou psicológicas e sociais dos indivíduos

participantes do estudo. Os riscos a que os participantes desta pesquisa poderão estar expostos são:

- Cansaço ou aborrecimento ao responder questionários
- Desconforto ou constrangimento ao expor suas ideias a um grupo
- Medo de não saber responder o instrumento de coleta de dados
- Quebra de anonimato

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01

Bairro: Residencial Cidade Jardim

CEP: 78.550-728

UF: MT

Município: SINOP

Telefone: (66)3533-3199

E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

- Quebra de sigilo

Para minimizar os efeitos e condições adversas que possam causar danos ao participante, serão tomadas as seguintes providências:

- Elaboração questionários objetivos e com o mínimo de perguntas possível
- Clareza quanto a não obrigatoriedade de expor suas ideias perante o grupo
- Clareza quanto a não obrigatoriedade das respostas às questões caso essas respostas gerem algum constrangimento ao participante, além de garantir as explicações necessárias para responder as questões.
- Esclarecimento a respeito do anonimato e da possibilidade de interromper o processo quando desejar, sem danos e prejuízos à pesquisa e a si próprio.
- Garantia quanto a não identificação nominal no formulário nem no banco de dados, a fim de garantir o seu anonimato.

Benefícios:

A presente pesquisa pode fornecer a seus participantes alguns benefícios, como, por exemplo:

- Melhoria na compreensão da relação existente entre duas grandezas, considerando que o tema será abordado de maneira diferente da usual.
- Experiência na utilização de tópicos de Matemática na resolução de um problema científico e ser expostos a estratégias de resolução de problemas que podem ser úteis na resolução de problemas em geral.
- Maior motivação e interesse pela Matemática, que será apresentada como ferramenta na resolução de um problema da Paleontologia, o que poderá tornar a experiência mais interessante para alguns estudantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza aplicada, exploratória, com procedimentos de uma pesquisa-ação. O objetivo principal é a elaboração de uma de atividade que se utilizará da Modelagem Matemática como metodologia de ensino. Essa atividade será apresentada a alunos de Ensino Médio. A partir de uma de atividades elaboradas sobre os procedimentos matemáticos para a obtenção do comprimento corporal do dinossauro utilizando a réplica do fóssil, simulando assim o procedimento realizando por paleontólogos.

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01	
Bairro: Residencial Cidade Jardim	CEP: 78.550-728
UF: MT	Município: SINOP
Telefone: (66)3533-3199	E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

O material didático a ser desenvolvido trata-se de uma sequência de atividades para simular o processo de obtenção do comprimento corporal de dinossauros, utilizando como exemplo *Pycnonemosaurus*. Pretendese produzir réplicas em escala reduzida de alguns fósseis de *Pycnonemosaurus* para que os alunos utilizem os conhecimentos de escala para encontrar o tamanho original do fóssil.

O material de divulgação científica a ser desenvolvido será construído a partir de pesquisa bibliográfica sobre os locais onde foram encontrados fósseis em Mato Grosso e se constituirá em texto direcionado a alunos, professores e a toda a comunidade escolar.

O material didático produzido será aplicado a alunos do Ensino Médio de uma escola pública de Mato Grosso, a fim de avaliar suas potencialidades no processo de ensino de Matemática. Os resultados obtidos, bem como as opiniões dos alunos sobre a atividade serão utilizados para a análise das potencialidades da atividade.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- 1- Folha de rosto: Adequado
- 2- Informações básicas na Plataforma Brasil: Adequado
- 3- Projeto de pesquisa: Adequado
- 4- TCLE: Adequado
- 5- TALE Adequado
- 6- Orçamento: Adequado
- 7- Cronograma: Adequado
- 8- Instrumento de coleta de dados: Adequado
- 9- Declaração do local da pesquisa: Adequado
- 10- Protocolo CIES: Não se aplica
- 11- Declaração de infraestrutura: Adequada
- 12- Declaração de recursos próprios: Adequada
- 13- Declaração de que não iniciou a coleta de dados: Adequada
- 14- Declaração do patrocinador: Não se aplica
- 15- Currículo do pesquisador: Atualizado

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O CEP/CUS de acordo com as atribuições definidas na resolução CNS 466 de 2012 e Normativa Operacional n.º 001 de 2013 manifesta-se pela APROVAÇÃO após atendidas as pendências do projeto de pesquisa.

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01
Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.550-728
UF: MT Município: SINOP
Telefone: (66)3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

Continuação do Parecer: 6.325.061

Ressalta-se que deverá encaminhar relatório semestral e final (modelo no site: <https://www.ufmt.br/site/cepsinop>).

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressaltam-se as seguintes atribuições do pesquisador:

1. Desenvolver o projeto conforme delineado, considerando o Cronograma enviado por email ao CEP/Sinop;
2. Elaborar relatórios semestrais e final (na forma de notificação na PB), sendo o relatório final submetido até 90 dias após a conclusão da pesquisa;
3. Apresentar dados solicitados ao CEP ou CONEP a qualquer momento, se solicitado;
4. Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua responsabilidade, pelo período de cinco anos após o término da pesquisa;
5. Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico do projeto;
6. Justificar, quando for o caso, a interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109430.pdf	31/07/2023 00:18:30		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_ESTUDANTES_certo_Patrick_Godoi.docx	31/07/2023 00:17:02	PATRICK GODOI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_certo_Patrick_Godoi.docx	31/07/2023 00:16:26	PATRICK GODOI	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_uso_da_turma.pdf	01/06/2023 12:07:59	PATRICK GODOI	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Coleta_de_dados_ao_iniciada.pdf	01/06/2023 12:03:43	PATRICK GODOI	Aceito
Declaração de	Declaracao_recursos_proprios.pdf	01/06/2023	PATRICK GODOI	Aceito

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01
 Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.550-728
 UF: MT Município: SINOP
 Telefone: (66)3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

Continuação do Parecer: 6.325.061

Pesquisadores	Declaracao_recursos_proprios.pdf	11:54:55	PATRICK GODOI	Aceito
Outros	Apresentacao_Pycnonemosaurus_neve si.pptx	01/06/2023 11:38:33	PATRICK GODOI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_Patrick_Go doi.docx	01/06/2023 11:31:57	PATRICK GODOI	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	local_de_pesquisa.pdf	27/03/2023 21:09:36	PATRICK GODOI	Aceito
Folha de Rosto	Patrick_folhaDeRosto_CEP_assinado_c erto assinado.pdf	27/03/2023 21:04:46	PATRICK GODOI	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SINOP, 26 de Setembro de 2023

Assinado por:
MAURO ANDRE DRESCH
(Coordenador(a))

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco16, sala 01
 Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.550-728
 UF: MT Município: SINOP
 Telefone: (66)3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br