



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE
NACIONAL

Leoni Lauricio Fagundes

CSI na Escola: a antropologia forense como ferramenta para o estudo do esqueleto humano no ensino médio

Florianópolis
2025

Leoni Lauricio Fagundes

CSI na Escola: a antropologia forense como ferramenta para o estudo do esqueleto humano no ensino médio

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO – da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientador: Prof. Carlos José de Carvalho Pinto, Dr.

Florianópolis

2025

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Fagundes, Leoni Laurício

CSI na Escola : a antropologia forense como ferramenta para o estudo do esqueleto humano no ensino médio / Leoni Laurício Fagundes ; orientador, Carlos José de Carvalho Pinto, 2025.

141 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ensino de Biologia. 2. Morfologia óssea. 3. Ciências forenses. 4. Sequência de ensino investigativo. 5. Ensino por investigação. I. Pinto, Carlos José de Carvalho. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO. III. Título.

Leoni Lauricio Fagundes

CSI na Escola: a antropologia forense como ferramenta para o estudo do esqueleto humano no ensino médio

O presente trabalho em nível de Mestrado Profissional foi avaliado e aprovado, em 11 de agosto de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Carlos José de Carvalho Pinto, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Keiciane Canabarro Drehmer Marques, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Elisa Cristiana Winkelmann Duarte, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Prof. Carlos Rogério Tonussi, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Carlos José de Carvalho Pinto, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2025.

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus filhos (Lucas e Lorenzo) que são a minha maior fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pelo fôlego de vida e por ter-me dado forças para alcançar mais este objetivo.

Aos meus filhos Lucas e Lorenzo por serem a minha fonte de inspiração e de motivação para dar o melhor de mim a cada dia.

À minha esposa Ketlin por todo apoio, paciência e motivação para frequentar os sábados letivos e para dedicar-me ao programa. Conciliar família, estudo e trabalho não seria possível sem a compreensão e suporte dela.

Aos meus pais Laurício e Dulcineia, a quem eu tenho um amor incondicional, por sempre apoiarem as minhas decisões.

Às minhas irmãs Daiane e Camila por todo carinho dispensado e pelos momentos de alegria que conseguimos compartilhar.

Aos meus sogros Paulo Sérgio e Rosângela por cuidarem das crianças enquanto eu estava na UFSC e minha esposa estava trabalhando.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Pinto pela disponibilidade, paciência, compreensão, prestatividade, experiência e amizade. Sou grato por ter tornado possível esta conquista de forma muito tranquila e acolhedora.

À Profa. Dra. Eugénia Cunha, Universidade de Coimbra, por ser uma verdadeira inspiração na área da Antropologia Forense e por ter-me incentivado a dar os primeiros passos nessa área.

A todos os professores do PROFBIO da UFSC pelos ensinamentos, acolhida, empatia, atenção e dedicação.

Aos meus colegas de curso, principalmente aos “totipotentes”, por terem tornado os sábados letivos mais leves, pelas risadas, pelas angústias, pelos anseios e pelos pastéis de frango que eram sagrados no almoço dos encontros presenciais.

À Profa. Dra. Keiciane e à Profa. Dra. Elisa por aceitarem o convite para fazerem parte da banca e pelas valiosas contribuições.

À Mabianny pela colaboração na elaboração do produto técnico-tecnológico.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, forneceram incentivo e suporte para alcançar mais esta conquista.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil – Código de Financiamento 001.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

(Freire, 2000, p.67).

RELATO DO MESTRANDO

INSTITUIÇÃO: UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

MESTRANDO: LEONI LAURICIO FAGUNDES

TÍTULO DO TCM: CSI NA ESCOLA – A ANTROPOLOGIA FORENSE COMO FERRAMENTA PARA O ESTUDO DO ESQUELETO HUMANO NO ENSINO MÉDIO

O amor pela educação e pela arte de ensinar começou lá na 5ª série do ensino fundamental, quando a minha professora de ciências (Dona Júlia) levou um microscópio para a sala de aula e permitiu que nós, alunos da escola pública, visualizássemos uma célula pela primeira vez. Daquele dia em diante, despertou-se em mim o desejo de estudar e ensinar ciências / biologia.

Cursei licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2010 a 2014), com dupla titulação pelo Programa de Licenciatura Internacional (PLI – CAPES) na Universidade de Coimbra, Portugal (2011 a 2013) e especialização em Ensino de Ciências no IFSC (2014 a 2016). Quando soube do processo seletivo para o PROFBIO na UFSC, não hesitei em me candidatar.

Além de ser um entusiasta da educação, procurei também me especializar em Antropologia Forense na Universidade de Coimbra (2012 a 2013) e em Disseção Anatómica na Universidade do Porto, Portugal (2017 a 2019). Foi a partir desse percurso formativo que surgiu a ideia de realizar este trabalho, inter-relacionando ensino de biologia, antropologia forense e anatomia humana.

Além disso, comecei a atuar na rede pública do estado de SC em 2010. Com a extensa carga horária de trabalho, foi difícil encontrar um programa de mestrado em que eu pudesse conciliar estudos, trabalho e família. O PROFBIO na UFSC, com encontros presenciais aos sábados, permitiu alcançar mais este objetivo.

Os desafios encontrados foram os mais variados. Durante o mestrado, descobrimos uma nova gravidez. Meu segundo filho nasceu durante o período de aulas. Sem o suporte da família, dos colegas do curso e dos professores do programa, teria sido muito mais difícil superar os obstáculos enfrentados.

O PROFBIO proporcionou rever, atualizar e aprofundar os meus conhecimentos de biologia ao longo da minha formação. As discussões realizadas durante as aulas fizeram-me refletir sobre a minha didática utilizada em sala e sobre a forma como a gente acaba propagando alguns conceitos em biologia que já estão ultrapassados.

Ter sido aluno de instituições públicas durante toda a minha trajetória (ensino fundamental, ensino médio, ensino superior e pós-graduação) e participar deste programa destinado a professores de biologia da educação básica da rede pública, faz-me sentir orgulho da minha formação e motiva-me a continuar contribuindo para uma educação pública e de qualidade no nosso país.

RESUMO

Nas aulas de biologia do ensino médio, os conteúdos relacionados ao esqueleto humano são geralmente trabalhados em dois momentos (em histologia animal e em anatomofisiologia humana). No entanto, muitos professores abordam esses conteúdos de forma superficial, focando apenas em aspectos gerais do sistema locomotor. A falta de tempo para explorar o tema, juntamente com a dificuldade de relacionar os conceitos anatômicos com o cotidiano dos estudantes, contribui para que o estudo detalhado do esqueleto humano seja deixado de lado no planejamento das aulas. Diante desse contexto, este trabalho baseou-se nos fundamentos e perspectivas da antropologia forense para o estudo do esqueleto humano, haja vista que o ensino de ciências forenses nas escolas vem ganhando destaque positivo. Como abordagem didática, adotou-se a estratégia de ensino por investigação (abordagem ativa). Nesse sentido, objetivou-se produzir uma sequência de ensino investigativo (SEI) sobre o esqueleto humano para ser aplicada em sala de aula no âmbito das aulas de biologia do ensino médio. A presente pesquisa apresentou cunho qualitativo e teve caráter teórico e exploratório. A SEI proposta contempla 5 aulas com duração de 45 min cada (aproximadamente). Ela apresenta um alto grau de liberdade intelectual para os alunos (entre 3 e 4), pois permite que o professor forneça a situação-problema e possibilita que os alunos sejam responsáveis pelo levantamento das hipóteses e pela resolução dos problemas. Além disso, propicia que o docente juntamente com os discentes analisem os resultados obtidos. Por meio das atividades propostas, os discentes têm a oportunidade de se tornarem protagonistas na construção do conhecimento anatômico, desenvolvendo habilidades de observação, de análise crítica e de resolução de problemas ao relacionar os conteúdos com situações reais. O recurso educacional, obtido como produto técnico-tecnológico, foi organizado em formato de *e-book*, sendo ilustrado e estruturado com informações e orientações de aplicação para professores, materiais necessários e guia do estudante com o roteiro da aula prática. Este recurso educacional é uma ferramenta valiosa para enriquecer o ensino de biologia no ensino médio, tornando o aprendizado sobre o esqueleto humano mais interativo, contextualizado, significativo e alinhado às demandas contemporâneas do ensino de ciências da natureza e suas tecnologias.

Palavras-chave: morfologia óssea; ciências forenses; sequência de ensino investigativo; ensino por investigação; metodologias ativas.

ABSTRACT

In high school biology classes, content related to the human skeleton is generally addressed in two contexts (in animal histology and in human anatomophysiology). However, many teachers cover this content superficially, focusing only on general aspects of the locomotor system. The lack of time to explore the topic, combined with the difficulty of relating anatomical concepts to students' daily lives, often results in the detailed study of the human skeleton being overlooked in lesson planning. Given this context, this study was grounded in the foundations and perspectives of forensic anthropology, focusing on the study of the human skeleton, as the teaching of forensic sciences in schools has been gaining increasing attention. As a didactic approach, the inquiry-based teaching strategy (active learning) was adopted. Accordingly, the objective was to develop an investigative teaching sequence (ITS) about the human skeleton for application in high school biology classes. This research had a qualitative nature with a theoretical and exploratory character. The proposed ITS comprises 5 classes, each lasting approximately 45 minutes. It provides a high degree of intellectual freedom for students (rated between 3 and 4), allowing the teacher to present a problem situation while enabling students to take responsibility for formulating hypotheses and solving problems. Furthermore, it encourages both teachers and students to analyze the results obtained collaboratively. Through the proposed activities, students have the opportunity to become protagonists in constructing anatomical knowledge, developing skills such as observation, critical analysis, and problem solving, while relating content to real-life situations. The educational resource, developed as a technical-technological product, was organized in an illustrated e-book format and structured with information and application guidelines for teachers, required materials, and a student guide containing the practical class outline. This resource represents a valuable tool for enriching the teaching of biology in high school, making the study of the human skeleton more interactive, contextualized, meaningful, and aligned with the contemporary demands of natural sciences and their technologies.

Keywords: bone morphology; forensic sciences; investigative teaching sequence; inquiry-based teaching; active methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das aulas e das atividades a serem desenvolvidas.....	48
Figura 2 – Atividades a serem desenvolvidas na rotação por estações.....	49
Figura 3 – Estágios para a avaliação morfológica da espinha nasal anterior. Crânios em perfil. Vista lateral direita.....	54
Figura 4 – Estágios para a avaliação morfológica da largura interorbital. Crânios em vista anterior.....	55
Figura 5 – Estágios para a avaliação morfológica da largura da abertura piriforme. Crânios em vista anterior.....	56
Figura 6 – Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.....	58
Figura 7 – Ângulo subpúbico representado pela linha tracejada. Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.....	59
Figura 8 – Incisura isquiática maior representada pela linha tracejada. Ossos do quadril esquerdos em vista anterior (masculino à esquerda e feminino à direita)....	60
Figura 9 – Crânio em vista inferior. 1. Osso esfenoide. 2. Osso occipital. 3. Sincondrose esfeno-occipital.....	61
Figura 10 – Clavícula direita em vista superior. 1. Extremidade esternal da clavícula. 2. Face articular esternal.....	62
Figura 11 – Face articular esternal em vista anterior. 1.União epifisária incompleta. 2. União epifisária quase completa.....	63
Figura 12 – Comprimento fisiológico do fêmur representado pela distância entre os pontos A e B. Fêmur direito em vista posterior. 1. Cabeça do fêmur. 2. Côndilo medial. 3. Côndilo lateral.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição e classificação dos estágios da espinha nasal anterior para a estimativa da origem biogeográfica.....	55
Quadro 2 – Descrição e classificação dos estágios da largura interorbital para a estimativa da origem biogeográfica.....	56
Quadro 3 – Descrição e classificação dos estágios da largura da abertura piriforme para estimativa da origem biogeográfica.....	57
Quadro 4 – Descrição e classificação da relação altura / largura da cintura pélvica para a estimativa do sexo.....	58
Quadro 5 – Descrição e classificação do ângulo subpúbico para a estimativa do sexo.....	59
Quadro 6 – Descrição e classificação da incisura isquiática maior para a estimativa do sexo.....	60
Quadro 7 – Descrição e classificação da sincondrose esfero-occipital para a estimativa da idade na época da morte.....	62
Quadro 8 – Descrição e classificação da união epifisária da extremidade esternal da clavícula para a estimativa da idade na época da morte.....	63
Quadro 9 – Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em aulas de resolução de problemas.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Alunos
AF	Antropologia Forense
ALCP	Altura e Largura da Cintura Pélvica
APB	Avaliação do Perfil Biológico
ASP	Ângulo Subpúbico
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEPSH	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
CF	Ciências Forenses
CFF	Comprimento Fisiológico do Fêmur
ECBI	Educação Científica Baseada na Investigação
EEC	Extremidade Eterna da Clavícula
EI	Ensino por Investigação
ENA	Espinha Nasal Anterior
GLI	Grau de Liberdade Intelectual
IBSE	Inquiry-Based Science Education
IIM	Incisura Isquiática Maior
IML	Instituto Médico-Legal
IPM	Intervalo Post Mortem
LAP	Largura da Abertura Piriforme
LIO	Largura Interorbital
P	Professor
PA	Pesquisa-Ação
PCI	Polícia Científica

PNI	Pesquisas de Natureza Interventiva
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
SEI	Sequência de Ensino Investigativo
SSE	Sinostose da Sincondrose Esfeno-Occipital
TCM	Trabalho de Conclusão de Mestrado
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	PERSPECTIVAS ATUAIS EM ANTROPOLOGIA FORENSE.....	19
2.2	AS CIÊNCIAS FORENSES E SUA RELAÇÃO COM O ENSINO DE BIOLOGIA.....	22
2.3	PROFESSOR PESQUISADOR X PROFESSOR REFLEXIVO.....	25
2.4	PESQUISAS DE NATUREZA INTERVENTIVA.....	30
2.5	DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS.....	34
2.6	ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	37
3	OBJETIVOS.....	46
3.1	OBJETIVO GERAL.....	46
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	46
4	METODOLOGIA.....	47
4.1	ASPECTOS ÉTICOS.....	47
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	47
4.3	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	47
4.4	PLANEJAMENTO E ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO.....	48
4.5	PLANEJAMENTO E ELABORAÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL.....	50
5	RESULTADOS.....	51
5.1	PRIMEIRA AULA.....	51
5.2	SEGUNDA AULA.....	52
5.3	TERCEIRA AULA.....	53
5.4	QUARTA AULA.....	53
5.4.1	Primeira estação – estimativa da origem biogeográfica do indivíduo..	54
5.4.2	Segunda estação – estimativa do sexo do indivíduo.....	57
5.4.3	Terceira estação – estimativa da idade na época da morte do indivíduo.....	60
5.4.4	Quarta estação – estimativa da estatura do indivíduo.....	64
5.5	QUINTA AULA.....	66
5.6	AVALIAÇÃO.....	66

6	DISCUSSÃO.....	67
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO.....	83
	APÊNDICE B – CONJUNTO DE ITENS PARA A QUARTA AULA.....	134

1 INTRODUÇÃO

Haja vista que o ensino de ciências forenses (CF) nas escolas vem ganhando destaque positivo nos últimos anos (Silva *et al.*, 2022), o presente trabalho visou propiciar a aplicação das CF no contexto escolar por meio da abordagem de ensino por investigação (EI). Sobretudo, almejou-se permitir a aplicação de conhecimentos de antropologia forense (AF). Essa área do conhecimento tem-se relacionado com as demandas de identificação humana por vestígios de remanescentes ósseos de vítimas desconhecidas, em decorrência da necessidade do conhecimento da anatomia do esqueleto em ações judiciais oriundas do aumento da violência mundial, desastres de massa e crimes contra a humanidade.

Nos últimos anos, tem-se acompanhado o papel do antropólogo forense na resolução de crimes, envolvendo esqueletos humanos adultos e não adultos. Inúmeros artigos e capítulos de livro têm sido publicados no que concerne ao papel desse profissional (Blau; Ubelaker, 2009; Cattaneo, 2007; Cunha, 2014; Cunha; Cattaneo, 2006; Dirkmaat; Cabo, 2012; Dirkmaat *et al.*, 2008; İşcan; Steyn, 2013; Schmitt; Cunha; Pinheiro, 2006). Segundo Cunha (2014), estudos recentes na área de AF têm propiciado maior credibilidade na obtenção de resultados e na resolução de casos que, num primeiro momento, pareciam não apresentar solução.

Cunha (2019) destaca que os casos de AF incluem corpos em avançado estado de decomposição cadavérica de modo que o reconhecimento facial já não é mais possível. O antropólogo forense trabalha com esqueletos, ossos, fragmentos ósseos e restos ósseos queimados. Além disso, a autora ressalta a atuação desse profissional na estimativa da idade em indivíduos vivos (tanto em menores sem documentação quanto em idosos que necessitam de validação legal da idade).

O processo de identificação humana num contexto de AF, diferente do procedimento de reconhecimento, tem sido constituído por um método científico que se inicia pela avaliação de fatores genéricos de identificação, também conhecida como avaliação do perfil biológico (APB). Esta etapa consiste na análise de quatro grandes parâmetros, tais como: estimativa da origem biogeográfica (também designada como ancestralidade ou afinidade populacional), estimativa do sexo, estimativa da idade na época da morte e estimativa da estatura (Cunha, 2019).

Ressalta-se que a APB é uma das etapas num exame de AF. Este tipo de análise permite uma exclusão, um estreitamento ou um direcionamento da

investigação criminal. Os resultados obtidos não dizem quem é a pessoa, porém permitem diminuir, significativamente, a lista dos suspeitos com a qual os dados são confrontados (Black; Ferguson, 2011; Cunha, 2014, 2019; İşcan; Steyn, 2013; Schmitt; Cunha; Pinheiro, 2006).

Após restringir o número de indivíduos desaparecidos por meio da APB, faz-se necessária a análise de fatores individualizantes como: variações anatômicas, lesões ósseas e indícios de intervenções cirúrgicas. Essas características únicas são então confrontadas com dados *ante mortem* (obtidos antes da morte dos desaparecidos) e o confronto desses dados (especialmente informações clínicas, odontológicas e imagiológicas) com os caracteres individualizantes encontrados tem apresentado potencial para chegar-se a uma identificação positiva (Cunha; Cattaneo, 2017).

Sendo assim, processo de identificação humana em AF tem sido composto por duas etapas principais: uma primeira fase reconstitutiva (focada na obtenção máxima de informações a partir do exame do corpo) e uma segunda fase comparativa (em que essas informações são confrontadas com os dados *ante mortem* da possível vítima (Cunha, 2019).

Por outro lado, o EI tem consistido numa abordagem de ensino que tem incentivado os alunos a explorarem e a descobrirem conhecimentos por meio de investigação e de experimentação. Trata-se de uma prática que tem permitido estimular o questionamento, o planejamento, a recolha de evidências, além de possibilitar desenvolver explicações baseadas em evidências científicas (Baptista, 2010). Essa abordagem tem possibilitado tornar os estudantes protagonistas para que assumam uma postura ativa na construção do conhecimento, colocando-os no centro do processo de aprendizagem, permitindo que eles desenvolvam habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração, tornando o aprendizado mais significativo e desenvolvendo habilidades úteis tanto na vida pessoal quanto profissional (Santana; Capecchi; Franzolin, 2018).

O EI tem trazido desafios importantes, tanto para o educador quanto para o educando. Para o professor é dispendioso estar sempre em busca de novas práticas concomitantemente às suas outras demandas de trabalho. Outros pontos importantes têm sido os recursos limitados, turmas lotadas, espaço físico inadequado e falta de auxílio financeiro para os materiais necessários. Para o discente, tem sido difícil sair da posição confortável de ser passivo no processo e

passar a buscar informações por conta própria. Também tem havido dificuldade em relação ao déficit de conhecimentos prévios, compreensão e interpretação de gráficos, tabelas e dados e necessidade de trabalhar em grupo e resolver possíveis conflitos (Santana; Franzolin, 2018).

Segundo Pedaste *et al.* (2015), o ensino por investigação deve contemplar os seguintes elementos durante todas as etapas de investigação: orientação, conceituação, investigação e conclusão. Na etapa de orientação, deve-se introduzir o assunto, apresentar uma situação-problema e pode-se trazer conceitos e conhecimentos prévios dos alunos. Já na etapa de conceituação, propõem-se novas perguntas, levantam-se hipóteses e permite-se a busca de informações. Na fase de investigação, desenvolve-se um plano de ação, testam-se as hipóteses propostas pelos estudantes, organizam-se e interpretam-se os resultados obtidos. Na fase de conclusão, por sua vez, procura-se argumentar e trabalhar elementos mais elaborados e complexos da biologia. Todavia, durante todas as etapas, busca-se discutir, refletir e comunicar os conhecimentos trabalhados.

Nesse sentido, a seleção do tema do presente trabalho foi feita tendo em vista as ciências forenses serem bastante atrativas aos discentes e terem diversas aplicações na atualidade. Além disso, as ciências forenses apresentam uma forte sinergia com a abordagem didática de ensino por investigação. Esse cenário oferece um contexto rico e motivador para o aprendizado.

Cabe destacar ainda que o ensino do sistema esquelético humano é bastante teórico no ensino médio, envolvendo muita memorização. Por vezes, esse conteúdo não é trabalhado em detrimento da carga horária de aulas de biologia por semana e a gama de conteúdos a serem trabalhados no ano letivo. Além disso, muitas vezes, faltam laboratórios com esqueletos ou moldes de ossos. Assim sendo, o estudo dos ossos de forma contextualizada através de um caso de antropologia forense surge como uma estratégia promissora para contextualizar as aulas de biologia.

A nomenclatura utilizada para todas as estruturas anatômicas que aparecem neste trabalho estão de acordo com a Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia (2001).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PERSPECTIVAS ATUAIS EM ANTROPOLOGIA FORENSE

Segundo Cunha (2017), a AF evoluiu de uma disciplina focada na identificação humana a partir de restos esqueléticos, para uma área mais abrangente que inclui a análise de lesões traumáticas ósseas e a identificação de indivíduos vivos. Essa evolução reflete a necessidade de uma abordagem mais completa para a resolução de casos forenses, onde a AF desempenha um papel crucial na determinação da causa e do mecanismo da morte.

De modo geral, os casos de antropologia forense têm sido conduzidos nos Institutos Médico-Legais. No entanto, os antropólogos forenses também compõem equipes internacionais de desastres de massa e equipes multidisciplinares em casos de crimes contra a humanidade (Cunha, 2017).

A perícia antropológica forense abrange casos de restos mortais em diversos estados de preservação cadavérica (seja em condição esquelética ou com tecidos moles preservados), incluindo aqueles onde o reconhecimento facial é impossível ou há lesões traumáticas ósseas associadas (Cunha, 2014).

Os casos de AF abrangem desde a distinção entre ossos de animais e casos arqueológicos até ocorrências criminais envolvendo exumações de cemitérios, uso de crânios em rituais e a identificação de desconhecidos ou confirmação de identidades e auxílio na determinação da causa e circunstância da morte em colaboração com patologistas, peritos médicos e dentistas forenses (Cunha, 2017; Cunha; Cattaneo, 2006). Além disso, Cunha (2017) ressalta a consolidação e o crescente reconhecimento da área ao longo da última década, evidenciado pelo aumento de publicações e pela evolução das atribuições da AF em resposta às demandas da sociedade.

Cunha *et al.* (2015) destacam o crescente e valioso envolvimento de antropólogos forenses na recuperação de restos humanos, enfatizando como suas técnicas de coleta invariavelmente invasivas possibilitam o acesso a detalhes cruciais que seriam perdidos de outra forma. As etapas controladas no exame do local por esses especialistas têm se mostrado promissoras, especialmente em contextos humanitários onde atuam em equipes internacionais.

A avaliação imediata do antropólogo forense no local de uma cena de crime, como a identificação de ossos (se humanos ou não humanos ou se de contexto arqueológico ou forense), pode poupar tempo e dinheiro. Esta avaliação que distingue rapidamente se os ossos têm ou não implicações legais é cada vez mais reconhecida pelas entidades envolvidas devido à sua rapidez e eficácia (Cunha, 2017).

A análise tafonômica envolve o estudo dos processos *post mortem* (que ocorrem após a morte do indivíduo) que afetam a preservação e a recolha dos restos humanos. Essa análise é fundamental para a resolução de casos e para a estimativa do intervalo *post mortem* (IPM) que compreende o intervalo de tempo decorrido desde a morte do indivíduo até o momento em que ele foi encontrado (Cunha, 2017).

Uma das etapas do exame de antropólogo forense tem sido a APB. As metodologias dessa avaliação têm sido impulsionadas pela crescente aplicação da matemática e da estatística, bem como por pesquisas aprimoradas com esqueletos identificados e bancos de dados imagiológicos. Essa evolução tem permitido quantificar com maior credibilidade as estimativas de origem biogeográfica, sexo, idade na época da morte e estatura, atendendo assim às demandas legais por informações precisas (Navega *et al.*, 2015).

Para estimar a origem biogeográfica, o crânio (especialmente os ossos que compõem a face) tem-se revelado como a região mais informativa. A análise morfológica métrica e não métrica do crânio permite estimar a probabilidade de afinidade populacional africana, europeia ou asiática (Cunha, 2019).

Segundo Cunha (2019), a estimativa do sexo em indivíduos adultos é prioritariamente realizada através da análise morfométrica dos ossos do quadril, cujas características femininas, por estarem adaptadas ao parto, formam uma cintura pélvica mais baixa e larga). Além disso, destaca-se que têm sido feitas análises dos ossos do crânio e ossos longos (úmero, fêmur, tarsais, etc.).

A estimativa da idade na época da morte tem sido remetida sempre a um determinado grupo etário. Tem sido estabelecida num determinado intervalo de idade, não num valor preciso. Essa análise é mais precisa em não adultos (indivíduos menores de 20 anos) e tem levado em consideração indicadores de fusão óssea e mineralização e erupção dentária. Em adultos, essa estimativa tem-se demonstrado mais problemática. O intervalo etário estimado aumenta com o avançar

da idade, devido a alterações degenerativas no esqueleto (na face sinfissal do púbis, na face auricular do ílio para o sacro, na extremidade anterior das costelas, entre outras regiões). A análise cruzada de diferentes indicadores tem sido crucial para obter melhores resultados (Cunha, 2019).

A estatura, por sua vez, é estimada com base no comprimento dos ossos longos, sendo o fêmur (por ser o maior) o mais indicado para essa estimativa (Cunha, 2019).

O antropólogo forense tem analisado fatores individualizantes como: variações anatômicas, placas de osteossíntese, marcas de cirurgia, osteófitos e fraturas ósseas antigas. Quando esses fatores não são suficientemente únicos ou não há informações *ante mortem* para comparação, recorre-se à aproximação facial uma subárea que exige peritos altamente especializados e que o Brasil possui alguns profissionais qualificados (Cunha, 2019). Cabe salientar que o estudo das variações anatômicas também é utilizado para a estimativa da origem biogeográfica (Cunha, 2017; Cunha; Ortega, 2016).

No que diz respeito ao estudo de vestígios ósseos fragmentados, Cunha (2017) ressalta a relevância da perícia do antropólogo forense em detrimento dos métodos de identificação que envolvem papiloscopia, genética forense e odontologia legal. A presença de restos muito fragmentados dificulta ou impossibilita o uso de impressões digitais, análise de DNA e de dentes.

A análise de lesões traumáticas ósseas *peri mortem* (que ocorreram na época da morte) tem-se demonstrado crucial para determinar a causa e a circunstância da morte. Trata-se de uma competência do médico-legista, porém o antropólogo forense pode auxiliar. Ossos e dentes são os tecidos mais resistentes do corpo humano. Por isso, têm sido os que mais resistem à decomposição. Em situações onde o corpo já está em avançado estado de decomposição cadavérica, esses órgãos podem ser a única fonte de informação sobre o que aconteceu no momento da morte (Cunha, 2019).

Cunha e Pinheiro (2016) ressaltam os avanços significativos na análise de lesões traumáticas ósseas em AF. A crescente habilidade em interpretar a "linguagem das fraturas" reflete-se na crescente importância de seus testemunhos em tribunais focados na interpretação de traumatismos ósseos. Nesse sentido, as pesquisas em biomecânica baseadas em casos identificados e experimentação

aplicada têm contribuído valiosamente para juntamente com o médico legista elucidar a cronologia das lesões, a causa, o mecanismo e a circunstância da morte.

A estimativa do tempo decorrido desde a ocorrência de lesões, tem sido realizada em contextos de violações de direitos humanos, incluindo casos de crianças vítimas de maus-tratos (Pinheiro; Cunha; Symes, 2015).

O Brasil tem vivido uma triste realidade de violência que tem tornado evidente a necessidade de exames de antropólogos forenses. Durão, Machado e Daruge Júnior (2015) mencionam o crescente uso do fogo para ocultar crimes no país, citando exemplos como mortes “em microondas” (corpos incinerados no interior de pneus sobrepostos ou dentro de automóveis). Nesses casos, a distinção entre fraturas induzidas termicamente (oriundas da ação do fogo) e aquelas resultantes de agressão tem representado um desafio particular.

Conforme Cunha (2017), a globalização tem impactado o desenvolvimento da antropologia forense, alterando a forma como a disciplina lida com a identificação humana. Enquanto métodos tradicionais, como a avaliação da origem biogeográfica, se tornam menos eficazes devido à maior mistura populacional, a globalização intensifica a necessidade de protocolos padronizados para lidar com fenômenos globais como as migrações e o problema dos refugiados. Isso exige a identificação tanto de cadáveres como de indivíduos vivos não-documentados no que tange à estimativa da idade de menores e idosos. A identificação de indivíduos vivos tem sido notável para antropologia forense, sendo impulsionada por avanços em técnicas como a fotoantropometria aplicada a imagens de vigilância. Em suma, essa área tem demonstrado capacidade de responder aos grandes desafios sociais contemporâneos.

Cunha (2019) ressalta a interdependência das três questões centrais na antropologia forense: tempo decorrido desde a morte, causa e circunstância da morte e identidade do indivíduo. Determinar de que e / ou como morreu não é suficiente se não souber dizer a identidade da vítima. Além disso, dependendo de quanto tempo a morte tiver ocorrido, o caso em questão pode já estar prescrito, perdendo seu valor forense.

2.2 AS CIÊNCIAS FORENSES E SUA RELAÇÃO COM O ENSINO DE BIOLOGIA

A aprendizagem das ciências da natureza (biologia, física e química) exige abstração e um diálogo entre teoria e experiência para que os alunos compreendam os conceitos e as relações entre o macroscópico e o microscópico. O professor deve investir em estratégias que ajudem os estudantes a desenvolver esquemas cognitivos e a se motivarem para aprender, conectando o conhecimento teórico com a realidade observada (Silva *et al.*, 2022).

A inclusão das CF no ensino de biologia é uma excelente estratégia para enriquecer a alfabetização científica dos discentes, aproveitando a natureza investigativa e interdisciplinar da área. As CF, que aplicam métodos científicos à resolução de questões legais, oferecem um contexto prático e envolvente para o estudo de diversas disciplinas (Santos; Silva, 2021; Sebastiany; Pizzato; Salgado, 2015).

As CF podem estimular debates sobre questões sociais, ambientais e econômicas, promovendo a argumentação e o pensamento crítico dos alunos. Além disso, situações que envolvem a biologia, a química ou a física forense, por exemplo, podem despertar o interesse por essas disciplinas (Dias Filho; Antedomenico, 2010; Santos; Silva, 2021).

As ciências forenses compreendem a aplicação de conhecimentos científicos e técnicos para investigar crimes e outros assuntos legais (cíveis, penais ou administrativos). Elas estão em contínua expansão e remetem a um campo multi e interdisciplinar que envolve diversas tecnologias científicas utilizadas para avaliar evidências e reconstruir / elucidar os casos investigativos. As CF exigem a colaboração de especialistas de diversas áreas do conhecimento tais como: biologia, química, física, medicina, odontologia, antropologia, toxicologia, tanatologia, psicologia, radiologia, entre outros (Agostini, 2015; Barros *et al.*, 2021).

A área forense, que combina conhecimentos científicos com fins judiciais, tem ganhado destaque mais recentemente devido à popularização de séries como "Bones", "NCIS - Investigações Criminais" e "CSI", que retratam a rotina de peritos e a resolução de crimes através da ciência. Essa exposição midiática tem atraído o interesse, especialmente de jovens, pela profissão de perito e pelas áreas relacionadas com a justiça e a investigação criminal (Cruz *et al.*, 2016; Mota; Di Vitta, 2014).

Motta e Di Vitta (2014) argumentam que a exposição das CF na mídia é benéfica porque permite que elas sejam vistas como uma ciência aplicada,

combatendo o estereótipo de que a ciência é algo distante e isolado. Essa exposição pode aumentar o interesse por essa área, levando a mais estudos e trabalhos divulgados, o que potencializa a evolução da área.

Silva *et al.* (2022) destacam que a atividade do perito forense não é exclusiva no laboratório, mas também acontece em ambientes externos onde a realização dos experimentos não ocorre de maneira controlada. Nesse sentido, tem sido importante o desenvolvimento de melhores técnicas e equipamentos para a perícia forense, o que exige investimentos em tecnologias e métodos mais eficientes.

Desse modo, o uso das CF em sala de aula, além de motivar os estudantes, permite o desenvolvimento de propostas didáticas interdisciplinares, trabalha com conhecimentos científicos ao longo de investigações e facilita a relação entre ciência, sociedade e meio ambiente (Silva *et al.*, 2022).

As CF pode ser caracterizada com uma área com temas transversais que facilita o desenvolvimento de atividades de ensino-aprendizagem ao conectar conhecimentos científicos com a resolução de crimes, tornando o aprendizado mais significativo e relevante. Isso permite que os estudantes compreendam a aplicação prática dos conceitos aprendidos em sala de aula, ampliando sua visão e orientação (Cruz *et al.*, 2016).

A inclusão de temas das CF no ensino promove a ligação entre o conhecimento teórico e a realidade dos discentes, facilitando a contextualização e o ensino por temas norteadores. Isso ocorre porque as CF oferecem um universo rico de exemplos e casos práticos que podem ser usados para ilustrar conceitos e princípios, tornando o aprendizado mais relevante e significativo para os alunos (Silva *et al.*, 2022).

Apesar de não serem amplamente compreendidas por todos, as CF têm sido amplamente conhecidas por sua relação com investigações criminais e judiciais, frequentemente retratadas na mídia. Incorporar esse tema no ambiente escolar pode ser uma ferramenta poderosa para divulgar e facilitar a aprendizagem de ciências, tornando-a mais relevante e interessante para os estudantes (Rosa; Silva; Galvan, 2014).

A proposta de integrar a investigação forense em aulas das disciplinas das ciências da natureza é uma excelente estratégia para promover o aprendizado por meio da aplicação de conhecimentos científicos. Ao abordar temas forenses, os

discentes podem vivenciar a ciência de forma prática, utilizando os conhecimentos de biologia, química e física para analisar evidências e reconstruir eventos, como em um laboratório forense. Além disso, se envolvem em um processo de investigação científica, desde a formulação de hipóteses até a defesa das conclusões, utilizando práticas discursivas como a argumentação. Essa abordagem busca desenvolver habilidades de investigação e de comunicação dos alunos, além de promover a aprendizagem ativa e significativa (Silva *et al.*, 2022).

A partir deste cenário, a ideia tem sido transformar a sala de aula numa comunidade de práticas onde os estudantes se familiarizem com investigações, tanto científicas quanto sócio-científicas. Na elaboração de uma sequência didática para as aulas na educação básica, tem-se demonstrado crucial considerar os critérios de escolha dos temas, levando em conta os conhecimentos apropriados para cada nível e as condições de infraestrutura escolar. A responsabilidade pela seleção desses temas cabe ao professor. Durante a prática, podem ser fornecidos aos discentes textos de apoio, tabelas, gráficos, etc (Silva *et al.*, 2022).

A biologia fornece as bases teóricas e práticas essenciais para a análise de vestígios biológicos encontrados em cenas de crime, tais como: ossos, DNA, sangue, saliva, sêmen, pelos, insetos, impressões digitais, dentes, entre outros. A biologia forense pode ser vista com uma área também multidisciplinar que congrega os conhecimentos científicos das áreas de antropologia forense, genética forense, entomologia forense, botânica forense, entre outras (Santos, 2018).

2.3 PROFESSOR PESQUISADOR X PROFESSOR REFLEXIVO

Os conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo podem ser analisados por uma abordagem de estudo teórico-conceitual, investigando como são compreendidos e aplicados na formação e na prática dos professores da educação básica (Fagundes, 2016). Segundo a autora, é importante entender como estes conceitos, inicialmente teóricos, foram apropriados pelo campo da educação para influenciar a formação e a prática dos professores.

Ao longo dos anos, esses conceitos evoluíram e foram objetos de críticas. Essa evolução implicou em reavaliações, reformulações e novos desdobramentos na forma como esses conceitos são compreendidos e aplicados na educação (Arce,

2001; Duarte, 2001; Elliott, 1998; Libâneo, 2010; Miranda, 2005; Pimenta, 2005; Sacristán, 2010; Silva, 2008; Zeichner, 2008).

Os trabalhos de Stenhouse (1975, 1981) e Schön (1983, 1992) foram utilizados para dois propósitos principais: evidenciar movimentos de professores preocupados com o aprendizado dos alunos e fornecer uma base teórica para a formação de professores reflexivos e pesquisadores. Essa base teórica contribui para a reflexão sobre a prática docente e a incorporação da pesquisa como um elemento essencial na formação e desenvolvimento profissional dos professores.

A compreensão sobre o que é um professor pesquisador, um professor reflexivo e o papel da pesquisa na educação foi aprofundada e problematizada, permitindo uma visão mais ampla e diversa sobre esses temas (André, 2005; Geraldi; Fiorentini; Pereira, 1998).

De acordo com Checkland e Holwell (1998), um quadro conceitual organiza conceitos para suportar uma questão de pesquisa, enquanto um quadro teórico orienta questões em desenvolvimento, utilizando princípios para explicar fenômenos, muitas vezes aqueles com aceitação ampla que não se aplicam a uma realidade específica, como os conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo.

Segundo Senna (2007), a construção de conceitos e teorias requer adequação externa e interna. A adequação externa exige que os elementos da teoria expliquem de forma tangível os fenômenos do mundo que descrevem, enquanto a adequação interna exige coerência entre os elementos da teoria e com teorias anteriores na mesma área.

Conforme Thiollent (2011), “ação-pesquisa-ação” e “pesquisa-ação” são termos que representam a mesma ideia: a busca por ações coletivas para resolver problemas ou transformar realidades. A adição da palavra “ação” por Senna (2003), na expressão “pesquisa-ação” (PA), destaca a importância da ação dos professores na educação básica e a necessidade de gerar conhecimento para esse nível de ensino. Em resumo, a PA é uma forma de investigação que se concentra na resolução de problemas práticos, envolvendo a participação dos envolvidos.

A ideia do professor como pesquisador teve origem na Inglaterra, emergindo na década de 1960, como parte de um movimento de reforma curricular nas “*secondary modern schools*”. Essa reforma visava garantir um currículo e uma abordagem pedagógica mais inclusivos, focando em estudantes considerados

médios e abaixo da média, com o objetivo de proporcionar-lhes uma educação geral básica significativa (Elliott, 1998).

O professor pesquisador tem sido destacado como um profissional que, semelhante a um artista, busca métodos mais eficazes para o ensino, utilizando diferentes materiais e procurando soluções inovadoras para a sua prática. Este professor, que integra a pesquisa à sua prática, busca criar um processo de ensino-aprendizagem mais adequado às necessidades dos discentes, utilizando a criatividade e a reflexão como ferramentas (Stenhouse, 1975; Lüdke, 2001).

A PA no campo educativo é, segundo Tripp (2005), uma estratégia colaborativa entre professores e pesquisadores que visa a criação de novas práticas de ensino e aprendizagem. Essa abordagem foca na melhoria do processo de ensino-aprendizagem, utilizando a pesquisa como um instrumento para identificar problemas e propor soluções, promovendo a reflexão e a inovação.

A origem e a necessidade do movimento da PA na educação deram-se para responder à crescente insatisfação dos professores com a falta de conexão entre a teoria aprendida e a prática em sala de aula, especialmente diante do aumento do fracasso escolar. Esse movimento, que busca uma forma de pesquisa mais próxima da realidade da sala de aula, visa melhorar a qualidade do ensino e a formação docente (Senna, 2003).

A troca de conhecimento entre especialistas da educação (professores e pesquisadores universitários) e a reflexão sobre as práticas pedagógicas tem-se revelado um processo crucial. Os especialistas reconhecem a necessidade de revisar suas ideias sobre o aprendizado, baseados nos relatos e experiências dos professores da educação básica. Essa colaboração, com objetivos em comum, é vista como uma forma de PA (Fagundes, 2016).

Em "*The Reflective Practitioner*" (Schön, 1983), o autor propõe a ideia de um profissional reflexivo, baseado nos trabalhos de John Dewey e na observação de profissionais de arquitetura, desenho e engenharia. A reflexão na ação, para Schön, é o processo de busca e criação de soluções para situações complexas e inéditas, utilizando o conhecimento tácito que o profissional possui (conhecimento na ação). Este conhecimento, que é espontâneo e intuitivo, faz parte do cotidiano do profissional e se torna um hábito, mas a reflexão na ação é essencial para lidar com situações desafiadoras e criar novas estratégias (Campos; Pessoa, 1998; Pimenta, 2010).

Segundo Schön (1983), a reflexão na ação refere-se a uma pausa estratégica no meio do fazer para pensar sobre o próprio fazer. Essa capacidade de "parar para pensar" enquanto a ação se desenrola é fundamental para o profissional reflexivo. Permite ajustar o curso, identificar padrões que talvez não fossem visíveis em um primeiro momento e, conseqüentemente, aprimorar a prática em tempo real. É como se o profissional fosse um artesão que, enquanto molda a argila, para um instante, observa o que já fez, sente o material, e decide o próximo movimento com mais intenção e consciência.

A reflexão sobre a reflexão na ação, conceito de Schön (1992), é a atitude de analisar a forma como a reflexão levou a uma determinada ação, permitindo planejar futuras ações e aprimorar a prática profissional. Essa reflexão, juntamente com o conhecimento na ação e a reflexão na ação, é utilizada para elucidar a prática profissional, com Schön (1983) valorizando os saberes profissionais e apresentando uma alternativa à racionalidade técnica.

Mattos (2009) destaca que a formação de professores não só atende às expectativas dos formadores, como também gera esperança de melhores resultados educativos, especialmente em escolas com alunos de contextos socioeconômicos desfavorecidos. Para a autora, a formação é vista como um meio para melhorar a educação nesses contextos.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior de Profissionais do Magistério da Educação Escolar Básica (Brasil, 1999; 2002; 2024) valorizam a reflexão como parte fundamental da formação do docente. Em nível superior, destacam a "ação-reflexão-ação" como estratégia didática principal para a resolução de problemas. Em nível médio, enfatizam a necessidade de um "professor reflexivo" para o questionamento crítico e a tomada de decisões éticas na prática profissional. O professor deve ser reflexivo, estimulando a criticidade e criatividade dos alunos, participando ativamente do planejamento pedagógico e usando a pesquisa científica para aprimorar continuamente sua prática docente.

Nóvoa (1992) discute como o conceito de "professor reflexivo" influencia e expande a ideia de "professor pesquisador", destacando que ambos são interligados e baseados na reflexão e análise da própria prática docente. A prática reflexiva é vista como um ponto central para o desenvolvimento do professor pesquisador, que

busca melhorar sua atuação através da investigação e da análise crítica da sua realidade escolar.

O conceito de professor pesquisador surgiu a partir de um movimento de professores ingleses nos anos 1960 que, preocupados com a relevância do currículo para a vida dos estudantes, usaram a PA como ferramenta para modificar a prática docente e o currículo. Essa abordagem visava transformar a escola em um espaço de construção de conhecimento, onde os professores, como pesquisadores, investigavam como levar os discentes a se interessar pelos conteúdos escolares (Elliott, 1993; 1997).

No Brasil, o termo "pesquisa-ação" pode designar um movimento que surgiu da experiência de professores que perceberam a inadequação das teorias que formaram a base da sua formação inicial para lidar com a diversidade social e cultural dos seus alunos. Esse movimento busca uma prática educativa que considere a inclusão de estudantes de diferentes contextos (Senna, 2003).

Os movimentos de professores, como o do professor pesquisador e o professor reflexivo, surgem da necessidade de atender melhor os discentes, sendo fomentados na escola e expandidos para a academia. A revisão desses conceitos, ainda em curso, deve voltar a enfatizar a escola e seus sujeitos como produtores de conhecimento, refazendo a relação entre teoria e prática no contexto educativo (Senna, 2003).

O conceito de professor reflexivo, baseado nos estudos de Schön (1983), destaca a importância da reflexão na prática profissional. A reflexão permite aos profissionais lidar com situações inéditas e ampliar o repertório de soluções, transformando a prática em uma base teórica. Essa abordagem, que enfatiza a aprendizagem na ação e o diálogo entre professor e estudante, foi posteriormente adaptada para a formação de docentes, visando a criação de um professor reflexivo que se aprofunde em sua prática e na construção de conhecimento (Campos; Pessoa, 1998; Schön, 1992).

Lüdke (2001) descreve a evolução do conceito do professor como pesquisador e da PA na educação, integrando-se ao entendimento de um profissional reflexivo. O surgimento desses conceitos contribuiu para uma visão do professor que não apenas ensina, mas também investiga e se questiona sobre sua própria prática, buscando aprimorar o processo de ensino-aprendizagem.

Elliott (1991) argumenta que o desenvolvimento do currículo está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento do professor, destacando a importância da PA educativa, da prática do ensino como forma de pesquisa educativa e da formação de professores como pesquisadores. Em outras palavras, Elliott enfatiza que o desenvolvimento do currículo é impensável sem um professor que se revele como pesquisador e que utilize a sua prática de ensino como laboratório de investigação.

Segundo Fagundes (2016), a figura do professor pesquisador é caracterizada por um processo de pesquisa que envolve professores ou pesquisadores com três propósitos principais: buscar compreender a natureza dos fenômenos educativos para melhorar o aprendizado dos alunos e sua formação humana; considerar a interculturalidade e pluralidade dos sujeitos envolvidos no processo; e promover a reflexão individual e coletiva sobre aspectos sociais, psicológicos, afetivos, políticos e educacionais.

Esses contextos de confronto com a realidade educativa podem fornecer subsídios para a formação e prática de professores e estudantes. Eles revelam desafios, oportunidades e necessidades que, quando analisados, podem orientar a construção de práticas pedagógicas mais eficazes e a formação de profissionais que melhor atendam às demandas dos discentes (Fagundes, 2016).

2.4 PESQUISAS DE NATUREZA INTERVENTIVA

Teixeira e Neto (2017) propõe uma reflexão crítica sobre as Pesquisas de Natureza Interventiva (PNI) no campo da Educação, com foco na Educação em Ciências, destacando a diversidade de abordagens dentro das PNI e criticando o uso impreciso do termo "Pesquisa-Ação". O objetivo é aprofundar a compreensão das PNI, diferenciando-as e oferecendo uma tipologia para melhor categorização e planejamento de projetos de pesquisa.

A palavra "intervenção" engloba vários significados, mas, no geral, refere-se ao ato de intervir, interferir, interceder ou mediar em uma situação, com o objetivo de influenciar o seu desenvolvimento ou desfecho. Pode ser uma ação ativa ou passiva, dependendo do contexto (Ferreira, 1999; Houaiss; Villar, 2009; Michaelis, 1998). Nesse sentido, as PNI têm sido caracterizadas por unir processos de investigação com ações que diversas como: intervenções sociais, desenvolvimento de produtos /

serviços, etc. Elas destacam-se por articular a investigação e a produção de conhecimento com a ação e / ou processos interventivos, abrangendo uma variedade de abordagens de pesquisa (Teixeira; Neto, 2017).

As PNI têm sido vistas como um método de investigação eficaz para gerar conhecimentos, desenvolver práticas inovadoras e promover processos colaborativos, especialmente no contexto educacional. Autores como Chizzotti (2006), Dionne (2007), Dubost (1987), Teixeira e Neto (2017) e Thiollent (2011) valorizam as PNI por sua capacidade de interagir com o real, testando ideias, desenvolvendo processos formativos e resolvendo problemas práticos, enquanto se produz conhecimento sistematizado.

O aumento de PNI levou a uma diversidade de termos usados para se referir a esse tipo de pesquisa, refletindo a variedade de abordagens e perspectivas dentro da comunidade de pesquisa. Dentre as diferentes denominações, têm sido encontradas: pesquisas de intervenção, pesquisas ativas, pesquisa para ação, pesquisa participativa, pesquisa experimental, prático-deliberativa, investigação aplicada, pesquisa participante, pesquisa colaborativa, PA, investigação-ação, investigação participativa, etc. Essa pluralidade terminológica é um reflexo da própria natureza das PNI, que é caracterizada pela colaboração e participação ativa dos envolvidos na pesquisa (Teixeira; Neto, 2017).

Brandão (2006), El Andaloussi (2004) e Teixeira e Neto (2017) destacam a prevalência do termo "pesquisa-ação" em trabalhos acadêmicos, especialmente na área de Educação em Ciências, e a confusão que existe em torno da sua definição. O termo é frequentemente utilizado para descrever qualquer projeto que combine pesquisa e intervenção, o que causa uma certa ambiguidade na sua aplicação.

O termo pesquisa-ação proposto por Kurt Lewin tem visado a transformação de uma realidade, envolvendo a participação direta dos indivíduos afetados, com o pesquisador atuando como agente de mudança e facilitador do diálogo para promover mudanças na percepção e comportamento (Ghedin; Franco, 2008).

Cabe destacar que nem todas PNI podem ser consideradas PA. A PA possui características específicas, como o foco na transformação e melhoria de uma realidade por meio da participação ativa dos envolvidos, que nem sempre se encontram em todas as pesquisas interventivas (El Andaloussi, 2004; Franco, 2005; Ghedin; Franco, 2008).

As PNI têm sido apresentadas com uma visão abrangente. Nela, a PA é apenas um dos tipos, englobando diversos trabalhos que unem pesquisa e intervenção. Essa abordagem enfatiza a importância de considerar a PA como um dos muitos métodos possíveis dentro do campo das PNI, reconhecendo que a conjugação de investigação e intervenção é fundamental em áreas como Educação e Educação em Ciências (Teixeira; Neto, 2017).

Têm sido apresentadas na literatura diversas abordagens (modalidades) das PNI: pesquisa-ação (pragmática / prática ou crítica / emancipatória), pesquisa experimental, pesquisa de aplicação, pesquisa e desenvolvimento, pesquisa sobre a própria prática, entre outras. Todas essas abordagens são valiosas para analisar, descrever e solucionar problemas, identificar avanços no conhecimento, testar teorias e aprimorar práticas relacionadas à educação e ao ensino-aprendizagem. A proposta é sistematizar e classificar essas modalidades, corrigindo a confusão de termos e equívocos que, segundo os autores, são comuns nos estudos acadêmicos (Teixeira; Neto, 2017).

Conforme Hugon e Seibel (1988), a PA tem sido definida como uma abordagem investigativa que visa a transformação da realidade através de ações deliberadas, ao mesmo tempo em que busca produzir conhecimentos sobre essas transformações. Em outras palavras, a PA tem um duplo objetivo: mudar a realidade e aprender com essa mudança.

De acordo com Franco (2005), a PA pode ser guiada por três dimensões: ontológica, metodológica e epistemológica. A dimensão ontológica foca na natureza do objeto de pesquisa, buscando compreender e transformar a realidade. A dimensão metodológica enfatiza a relação sujeito-conhecimento, promovendo a intersubjetividade, a interação horizontal entre pesquisadores e sujeitos e a recusa da neutralidade. A dimensão epistemológica refere-se aos processos de conhecimento, utilizando metodologias dialógicas e participativas, com etapas cíclicas de planejamento, ação, reflexão, etc.

A PA não deve ser reduzida a um mero ativismo, mas deve ser um processo que valorize a produção de conhecimento sistematizado e o rigor científico, evitando posturas anticientíficas, espontaneístas, imediatistas, dogmatistas, partidaristas e populistas. A pesquisa e a ação devem ser integradas dialeticamente, de forma a garantir que a PA atenda aos critérios metodológicos e epistemológicos da pesquisa

social científica, sem se confundir com o positivismo (Demo, 2004; Dionne, 2007; Thiollent, 2011).

A PA pode ter duas orientações principais: crítica-emancipatória e pragmática, como argumenta Thiollent (2011). A primeira, menos frequente, busca a transformação social e a conscientização, enquanto a segunda, mais comum, foca em soluções práticas para problemas específicos, como a investigação-ação ou a pesquisa-ação colaborativa.

A ação a ser tomada tem sido definida para resolver um problema como o que é necessário mudar para alcançar a solução. Ela enfatiza que essa ação só se concretiza se for do interesse dos grupos envolvidos e se estes a planejam e implementam de forma prática. A ação para resolver um problema é o que precisa ser feito ou transformado, e só acontece se os grupos afetados a desejam, a planejam e a implementam (Thiollent, 2011).

A PA, em suas diferentes fases, pode ser estruturada utilizando o ciclo em espiral, inspirado na proposta de Lewin, que envolve processos de reflexão, ação e nova reflexão. Este ciclo propõe etapas de planejamento, ação, observação, reflexão e, em seguida, um novo planejamento da experiência em curso, como um ciclo contínuo de aprimoramento (Barbier, 2007).

Para Thiollent (2011), as etapas para formulação de projetos em PA consistem em: analisar e delimitar a situação inicial; delinear a situação final em função dos critérios de desejabilidade e de factibilidade; identificar os problemas a serem resolvidos; planejar as ações correspondentes; e executar as ações e avaliá-las continuamente.

Em pesquisas de ação, os pesquisadores, embora não definam os rumos da investigação de forma central, desempenham um papel ativo na solução de problemas, no acompanhamento e na avaliação das ações tomadas. São frequentemente chamados de mediadores, motivadores, orientadores, entre outros, devido à natureza dialógica e interativa da PA (Barbier, 2007; Demo, 2004; Thiollent, 2011).

A PA, conforme Teixeira e Neto (2017), emerge como uma abordagem crítica à cultura acadêmica tradicional e à dicotomia teoria-prática, rejeitando postulados positivistas e priorizando o trabalho colaborativo "com" os participantes em vez de "sobre" eles. Centrada em problemas localizados e definidos pela comunidade, que detém o controle compartilhado do processo, a PA é orientada

para a resolução de problemas e a transformação social, promovendo a participação ativa dos envolvidos na produção de conhecimento e na intervenção em sua realidade. Seu planejamento flexível e dialógico estabelece relações horizontais entre pesquisadores e sujeitos, formalizadas por contratos abertos, configurando-se como uma experiência educativa e conscientizadora cuja interpretação e análise resultam de discussões coletivas em linguagem acessível, visando gerar benefícios práticos e emancipatórios para a comunidade, transcendendo a mera produção acadêmica.

Segundo Thiollent (1999), a PA pode ser abordada sob duas perspectivas principais: uma pragmática e instrumental, focada em resolução de problemas pontuais e melhoria da qualidade profissional e educativa, e outra radical e crítico-emancipatória, com objetivos de conscientização sociopolítica e transformação social. A primeira, muitas vezes vista como a forma mais comum em educação em ciências, especialmente na formação de professores, visa aprimorar a organização institucional e as práticas pedagógicas. A segunda, por outro lado, busca a emancipação e a conquista de direitos sociais, envolvendo a população na resolução de problemas e na luta por demandas mais amplas, como melhoria das condições de trabalho e participação democrática.

2.5 DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Segundo Dias e Reis (2017), uma educação científica limitada à transmissão de conhecimento é insuficiente para preparar os alunos como cidadãos ativos, capazes de resolver problemas sociais de forma democrática e responsável. Uma educação científica mais abrangente, que inclua o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e a participação em ações sociais, é fundamental para formar cidadãos críticos.

A investigação científica, em todas as suas formas, é inerentemente orientada para a sociedade e não pode ser limitada a um grupo restrito. As descobertas científicas devem ser compartilhadas com toda a humanidade, pois são de interesse universal (Ciari, 1979).

Nos últimos dez anos, tem sido observado um forte movimento em direção a uma educação científica e tecnológica politizada, que visa capacitar os estudantes a identificar e compreender questões ambientais e sociocientíficas complexas e

frequentemente controversas. Mais do que apenas formar opiniões, o objetivo tem sido prepará-los para a ação sociopolítica, incentivando a análise crítica das prioridades da pesquisa, do acesso à ciência e das formas como a atuação individual e coletiva pode influenciar políticas e práticas sociais, conforme apontam Hodson (2014) e Reis (2014). Essa perspectiva busca formar cidadãos críticos capazes de intervir ativamente em debates e decisões que envolvem ciência e tecnologia.

Segundo Galvão *et al.*, (2011a, 2011b) tem se revelado importante preparar estudantes para que sejam críticos, informados cientificamente e interessados em questões sociocientíficas e socioambientais, capacitando-os a analisar o mundo de forma crítica e fundamentada. Para isso, têm sido adotados métodos de ensino-aprendizagem inovadores que envolvam os discentes em situações de aprendizagem que promovam a discussão, tomada de decisões, argumentação, investigação e experimentação. Além disso, tem sido necessário que os professores também mudem sua forma de entender a ciência e adotem abordagens mais inovadoras.

Reis (2013) aponta que a introdução de ações sociopolíticas sobre questões sociocientíficas e socioambientais em contexto escolar exige uma transformação na prática de sala de aula, mudando desde os tipos de atividades até às formas de avaliação e concepções de cidadania. O professor passa a ser orientador e estimulador, promovendo a exploração da natureza da ciência e a interação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Os alunos são capacitados para discutir e agir num ambiente democrático, valorizando a expressão de opiniões e estimulando a ação.

Dias e Reis (2017) destacam a responsabilidade do professor em promover atividades investigativas que transformem os estudantes em construtores críticos de conhecimento, não apenas consumidores. Isso implica que os discentes e professores devem reconhecer a importância da colaboração entre a investigação científica e a sociedade, para que a investigação e a inovação sejam responsáveis.

O ensino baseado em atividades investigativas promove um aprendizado mais ativo e significativo para os alunos, alinhado com princípios construtivistas. Essa abordagem estimula a reflexão, o pensamento crítico e a autonomia do estudante, transformando-o de um sujeito passivo em um agente ativo de sua própria aprendizagem (Rocard, 2007).

A metodologia da Educação Científica Baseada na Investigação (ECBI), do inglês *Inquiry-Based Science Education* (IBSE), enfatiza a aprendizagem ativa, a colaboração e a relevância contextual, sendo que o interesse do discente e o desafio impulsionam o processo de aprendizagem, com o professor agindo como orientador e facilitador (Nikolova; Stefanova, 2012).

As atividades investigativas, no contexto da ECBI, são fortemente associadas ao modelo dos “5 E” de aprendizagem, que se estrutura em cinco fases: Envolver (Engage), Explorar (Explore), Explicar (Explain), Ampliar (Extend) e Avaliar (Evaluate). Este modelo, proposto por Bybee *et al.* (2006), oferece uma estrutura para o processo de investigação em sala de aula, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa.

A partir do modelo dos “5 E”, surgiram novas adaptações. Hoje, tem-se o modelo dos “7 E” devido à adição de duas outras fases: Compartilhar (Exchange) e Empoderar (Empowerment). Este modelo visa promover a partilha de conhecimento e o empoderamento dos alunos na investigação. Os estudantes são incentivados a apresentar os seus resultados, através de exposições científicas interativas, com o objetivo de consciencializar e sensibilizar a comunidade (Dias; Reis, 2017).

Bordenave e Pereira (2005) defendem que a metodologia ECBI promove o desenvolvimento do discente como um agente de transformação social, ao capacitar-se para identificar problemas reais e propor soluções originais, o que é fundamental para uma cidadania ativa e crítica. Esta metodologia, ao colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem, estimula a capacidade de análise e de resolução de problemas, transformando-o num cidadão mais consciente e participativo.

As metodologias ativas de aprendizagem, ao tornarem as aulas de ciências mais relevantes e práticas, promovem a compreensão da ciência no dia a dia, aumentando a literacia científica e a participação ativa dos estudantes. Além disso, beneficiam o desenvolvimento profissional dos professores, que se beneficiam do contexto colaborativo e da oportunidade de troca de experiências, reflexão e aprendizagem contínua (Galvão *et al.*, 2011a, 2011b; Reis, 2014).

Alguns dos projetos em ECBI buscam ampliar os ambientes de aprendizagem tradicionais de ciências para além dos contextos formais, utilizando espaços informais como locais de educação científica inclusive. A metodologia ECBI é vista como um método pedagógico eficaz para o desenvolvimento de

conhecimentos e competências, além de aumentar o interesse dos discentes por ciências e estimular a motivação dos professores (Dias; Reis, 2017).

Ademais, o modelo conhecido como “Rotação por Estações” configura-se como uma alternativa eficaz para a ampliação das possibilidades de aprendizagem. Tal abordagem privilegia momentos de trabalho colaborativo e individual, promovendo um ambiente educacional centrado no estudante. Conforme apontado por Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), essa metodologia tem evidenciado eficácia na otimização do processo de aprendizagem dos discentes.

De acordo com Borghesan e Clement (2023), o modelo de rotação por estações configura-se como uma abordagem didático-pedagógica significativa para o desenvolvimento da autonomia e da motivação dos discentes. Essa estratégia pedagógica consiste na organização do espaço da sala de aula em ambientes segmentados, denominados “estações”, nos quais os estudantes, distribuídos em pequenos grupos, executam atividades diversificadas que promovem tanto a colaboração quanto o trabalho individual. A rotatividade dos grupos entre as estações ocorre após um intervalo temporal previamente estabelecido, garantindo a participação integral dos alunos nas distintas atividades propostas.

Por fim, as atividades investigativas ainda podem ser desenvolvidas a partir de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI). Segundo Carvalho (2018), uma SEI trata-se de uma abordagem didática destinada a explorar conteúdos ou temas científicos por meio de diversas atividades investigativas. Nessas atividades, o papel do professor é fundamental, especialmente no que diz respeito ao grau de liberdade intelectual concedido aos alunos e à formulação adequada do problema a ser investigado. Esses dois aspectos são essenciais, pois o problema proposto é o que motiva o pensamento dos estudantes, e sem liberdade para expressar suas ideias, raciocínios e argumentos, eles podem se sentir inseguros para participar ativamente do processo.

2.6 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O estudo e a discussão sobre o ensino de ciências devem considerar a aprendizagem como um processo abrangente, englobando conceitos, procedimentos, atitudes e habilidades. O objetivo é formar indivíduos que não

apenas conheçam as ciências, mas que também as pratiquem e as entendam em contextos reais (Sasseron, 2018).

Numa abordagem moderna para o ensino de ciências, o professor, embora mantenha a sua autoridade epistêmica e social, facilita o trabalho intelectual dos estudantes, incentivando-os a construir o seu próprio conhecimento. Em vez de apenas transmitir informação, o professor guia o processo de aprendizagem, permitindo que os alunos investiguem, questionem e desenvolvam as suas capacidades intelectuais (Sasseron, 2018). Para a autora, no ensino tradicional, o professor é o centro da atividade, transmitindo informações que os estudantes memorizam e reproduzem em avaliações. Essa abordagem coloca os estudantes em papel passivo, apenas registrando e acompanhando o raciocínio do professor.

Para Gil Perez *et al.* (1993), tem sido fundamental que os professores compreendam os problemas que dão origem à construção do conhecimento científico, incluindo as dificuldades e obstáculos epistemológicos, para auxiliar na compreensão das dificuldades dos alunos e na escolha de metodologias adequadas.

O ensino de ciências por investigação tem-se revelado como uma abordagem que integra práticas da cultura científica e da cultura escolar, com foco na observação, análise e construção de explicações e hipóteses por meio da interação entre pessoas e materiais. Essa abordagem busca envolver os discentes em um processo de investigação, incentivando-os a questionar, refletir e construir o próprio conhecimento (Sasseron, 2018).

Conforme Sasseron (2018), o ensino deve focar na problematização para construir o conhecimento. Bachelard (1996) defende que "todo conhecimento é resposta a uma questão", indicando que a curiosidade e as dúvidas são o ponto de partida da aprendizagem. Piaget (1971), por sua vez, destaca a importância da equilíbrio, onde a desequilíbrio causada por novas situações leva à busca por novas formas de compreensão e, conseqüentemente, à construção do conhecimento.

Segundo Carvalho (2018), os problemas propostos nas atividades investigativas das ciências da natureza (biologia, química e física) para o ensino médio são, por definição, mais complexos do que aqueles encontrados em aulas tradicionais. A natureza destas atividades, que incluem tanto experimentos em laboratório como problemas abertos e questões históricas, exige que os estudantes

desenvolvam e utilizem diversas linguagens científicas: escrita, oral, gráfica e matemática.

Nessas perspectivas, a construção do conhecimento tem sido vista como um processo dinâmico e evolutivo, em que as ideias são aprimoradas e enriquecidas através da experiência e da reflexão, tornando-se mais robustas e aplicáveis a situações diversas. Este processo implica uma complexificação gradual das ideias, que são adaptadas e aprimoradas para atender às necessidades de novos contextos e desafios (Sasseron, 2018).

Carvalho (2018), em seu estudo, apontou uma dificuldade em os professores conhecerem os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos devido à sua complexidade e abrangência temporal. A resolução de problemas relacionados a essa temática, mesmo com um alto grau de liberdade intelectual, exige um envolvimento diferenciado do professor, que precisa criar estratégias e adaptar o ensino às necessidades dos alunos. Segundo a autora, tem sido necessária a orientação da argumentação dos discentes por meio de perguntas didáticas (que visam o estímulo à participação), científicas (que estão voltadas ao método científico) e epistêmicas (que estão relacionadas à construção de significados). O foco tem sido desenvolver habilidades de pensamento crítico, de análise e de tomada de decisão em estudantes, a fim de que eles construam seu próprio conhecimento de forma mais significativa.

Em sala de aula, as perguntas são um recurso útil para iniciar conversas e abordar situações, mas a formulação da pergunta é crucial para que ela se transforme em um ponto de partida para a discussão de um problema real. Simplesmente fazer a pergunta não garante que o problema em questão seja devidamente identificado e explorado (Sasseron, 2018).

Nascimento (2012) percebeu que fazer perguntas não é apenas um ato isolado, mas sim um catalisador que impulsiona outras práticas cognitivas importantes. A relação entre fazer perguntas e outras práticas como argumentação, análise de dados, pensamento matemático e construção de explicações é forte. Seu estudo indicou que essas habilidades são interligadas e se fortalecem mutuamente.

Parte das perguntas em sala de aula, especialmente no contexto da comunicação oral, não solicitam ou esperam respostas explícitas, mas servem para criar um clima de interação, garantir a atenção ou simplesmente facilitar a continuidade da aula. Expressões como "está certo?", "tudo bem?" e "podemos

continuar?", embora tenham a forma de pergunta, não buscam uma resposta verbal, mas sim uma confirmação tácita ou a continuidade do processo (Sasseron, 2018).

A construção de novas ideias através de questões desafiadoras, como argumenta o texto, é fundamental para a aprendizagem ativa e para que os alunos se sintam envolvidos no processo. Para isso, a questão precisa ir além de uma simples pergunta e suscitar situações que desafiem os conhecimentos prévios, criando um conflito cognitivo que motive a busca por soluções e a construção de novas compreensões. As ideias de Bachelard (1996) e de Piaget (1971) sugerem que a aprendizagem é mais significativa quando a pessoa se depara com situações que exigem a reconstrução do seu conhecimento (Sasseron, 2018). Para a autora, em alguns casos, a utilização do termo "problema" para atividades em sala de aula limita-se a exercícios de aplicação de algoritmos previamente ensinados, em vez de desafios que exigem pensamento crítico e criativo.

Gil *et al.* (1992) questionam a didática tradicional de resolução de problemas, que muitas vezes se limita a aplicação de algoritmos, negligenciando a reflexão sobre os dados e resultados. Essa postura defende que, em vez de "problemas", a maioria das atividades em sala de aula deveriam ser consideradas "exercícios", pois os "problemas" verdadeiros exigem investigação, reflexão e tomada de decisão, características muitas vezes ausentes nas atividades algorítmicas.

Na perspectiva da investigação e da aprendizagem, o problema funciona como um catalisador para a construção do conhecimento. Em termos epistemológicos, ele impulsiona a busca por soluções e a reflexão sobre o objeto de estudo, fomentando o desenvolvimento de conceitos. Em contextos educativos, o problema se torna um recurso pedagógico que estimula a compreensão e a aplicação de conhecimentos (Sasseron, 2018).

De acordo com Krulik e Rudnik (1980), um problema é uma situação que exige uma solução para a qual os envolvidos não conhecem meios evidentes para alcançá-la, enquanto muitos exercícios em livros didáticos podem ser resolvidos utilizando uma técnica previamente aprendida. Portanto, esses exercícios não se enquadram na definição de problema, mas sim de exercício, que visa a aplicação e fixação do conhecimento.

Um problema bem estruturado em uma aula de ciências, que estimule a investigação, deve apresentar um cenário familiar ou que se conecte com

conhecimentos prévios dos estudantes . Esse cenário pode surgir de tópicos abordados em aulas anteriores ou de experiências cotidianas, motivando os discentes a buscar soluções. A chave é criar uma situação que desafie a curiosidade e promova a aprendizagem ativa (Sasseron, 2018).

Para Carvalho (2018, pp. 771-772), um bom problema é aquele que:

- “– dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo;
- dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar;
- quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos mesmos;
- dá condições para que os alunos passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- dá condições para que os alunos construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis).”

No que diz respeito à construção do cenário para a investigação, o docente deve apresentar materiais, informações, retomar conhecimentos prévios e explicar regras e práticas. Além disso, deve considerar as ideias dos estudantes e incentivá-los a expressar seus pontos de vista, pois o problema a ser investigado se constrói a partir dessas interações (Sasseron, 2018).

Tem se revelado importante integrar aspectos da cultura escolar e da cultura científica em atividades educativas, visando o desenvolvimento de uma cultura científica escolar. Este processo envolve a combinação de conhecimentos e práticas

escolares com o rigor e método científicos, promovendo uma abordagem mais completa e significativa para o ensino de ciências (Sasseron, 2018). Como destaca Fourez (2003), essa integração permite que os discentes compreendam a ciência não apenas como um conjunto de fatos, mas como uma prática social e cultural, aproximando o conhecimento científico de suas realidades cotidianas.

Nesse sentido, têm se destacado as ações que permitem identificar problemas e mobilizar esforços para resolvê-los. Essa capacidade é fundamental para compreender situações cotidianas e tomar decisões informadas, refletindo a importância da percepção e da tomada de iniciativa na resolução de problemas (Sasseron, 2018). Segundo Jonassen (2011), a habilidade de reconhecer e estruturar problemas é tão crucial quanto resolvê-los, pois envolve pensamento crítico e metacognição, aspectos essenciais para a formação de cidadãos autônomos.

O ensino por investigação, portanto, resulta numa abordagem didática que incentiva os alunos a construir o conhecimento através de investigação e análise de situações-problema. Esta abordagem promove a coleta de dados, a formulação de hipóteses e a busca por soluções, tudo isso em um contexto real e significativo para os estudantes (Sasseron, 2018). Essa abordagem ressoa com os princípios do IBSE defendidos por Minner, Levy e Century (2010), que demonstram em meta-análises como as atividades investigativas melhoram significativamente a compreensão conceitual e o engajamento dos estudantes.

A investigação científica, em contexto educativo, não se limita a responder a uma pergunta já definida. Ela começa no planejamento do professor, com a definição de objetivos de ensino que valorizem a construção do conhecimento. Em sala de aula, a investigação se inicia quando os discentes são incentivados a participar de discussões, a propor ideias e a buscar diferentes formas de compreender o assunto em estudo (Sasseron, 2018). Como argumentam Duschl e Grandy (2008), o processo de investigação autêntica deve incluir a avaliação de evidências e a revisão de teorias, refletindo a natureza dinâmica e social da construção do conhecimento científico.

O ensino por investigação em ciências é fundamentado na epistemologia das ciências e na natureza da ciência, especialmente no seu caráter de construção através da análise de dados, situações anômalas, observação crítica e raciocínio

lógico-criativo. Esta abordagem busca soluções e novas perspectivas, envolvendo os alunos num processo ativo de construção do conhecimento (Sasseron, 2018).

O EI em ciências, segundo Carvalho (2011) e Sasseron (2018), envolve quatro etapas cruciais: apresentar o problema, passar da ação manipulativa para a intelectual, promover a tomada de consciência e construir explicações. Na primeira etapa, a importância de abordar um problema específico na aprendizagem é baseada nas teorias de Bachelard (1996), Piaget (1971) e Vygotsky (1991), com o objetivo de auxiliar na construção do conhecimento. Essas teorias, em conjunto, oferecem um suporte para o ensino-aprendizagem, como o ensino por investigação, que se inicia com a problematização e a construção do próprio conhecimento. Na segunda etapa, a transição da ação manipulativa para a ação intelectual na resolução de problemas é crucial para uma compreensão mais aprofundada, pois permite que os discentes considerem aspectos que não são diretamente visíveis ou manipuláveis. Isso contribui para o desenvolvimento do pensamento abstrato e da capacidade de análise e reflexão. Na terceira etapa, a tomada de consciência não é um processo automático, mas sim um processo mental que envolve a reorganização de informações, experiências e conhecimentos pré-existentes para identificar as variáveis relevantes para um problema. Esse processo é essencial para a compreensão e resolução de problemas, pois permite identificar as causas e consequências. Na quarta e última etapa, o estágio de construção de explicações é o ponto culminante de um processo de investigação científica, onde as relações entre variáveis são analisadas para se chegar a uma compreensão mais abrangente do fenômeno estudado. É neste momento que se passa de uma compreensão individual de ações específicas para uma compreensão generalizada, com a necessidade de nomear os fenômenos e associá-los a conceitos científicos (Carvalho, 2011; Sasseron, 2018).

Todos os sujeitos apresentam um determinado papel no EI. O professor, em vez de apenas transmitir conhecimento, torna-se um facilitador que promove a interação entre os estudantes e o conhecimento. O foco muda da transmissão de conteúdos para a criação de oportunidades de aprendizagem ativa e significativa, onde os discentes são protagonistas do processo de construção do conhecimento (Sasseron, 2018). Como ressaltou Vygotsky (1991), a mediação do professor tem sido essencial para que os alunos avancem além de seu desenvolvimento atual, especialmente quando desafiados por problemas investigativos.

Para Dewey (1938), a investigação se inicia quando há conflitos em informações, opiniões e interpretações. Nesse sentido, o professor deve buscar fomentar a investigação e criar um ambiente onde diferentes ideias possam ser expressas e discutidas, promovendo um debate entre os estudantes e o fenômeno em questão. Não necessariamente um debate entre os próprios estudantes. O docente precisa propiciar que a aprendizagem ocorra através da discussão e apresentação de ideias, mesmo que divergentes, incentivando a reflexão e a construção de conhecimento individual (Sasseron, 2018).

Os dados apresentados por Carvalho (2018) destacam a importância do professor em criar um ambiente escolar que estimule a expressão e o debate, mesmo que os argumentos apresentados pelos discentes não estejam / não sejam corretos inicialmente. Essa postura do professor é essencial para fomentar o pensamento crítico e a capacidade de aprender com a diversidade de opiniões.

A criação de um ambiente escolar que incentiva a expressão de ideias e o posicionamento crítico dos alunos, combate a passividade e a inibição. O professor deve ser um mediador que estimula a participação, fazendo perguntas pertinentes e ouvindo atentamente as respostas dos estudantes, para que as dúvidas e os pontos de vista sejam esclarecidos e a discussão seja enriquecida (Sasseron, 2018). A postura do professor tem se revelado crucial. Mesmo quando os argumentos dos estudantes estão incorretos, tem sido necessário valorizá-los como parte do processo de elaboração conceitual (Driver; Guesne; Tiberghien, 1985).

Segundo Carvalho (2018), ao propor um problema, ao permitir a interação em grupos pequenos e grandes e ao estimular a reflexão sobre "como" e "por que", os discentes são incentivados a construir o seu próprio conhecimento científico, argumentando, levantando hipóteses, explicando fenômenos e usando o raciocínio hipotético-dedutivo. Essa abordagem favorece a autonomia moral, a cultura científica, e o desenvolvimento de habilidades de comunicação e de escrita científica. Para tanto, tem sido crucial um planejamento detalhado com objetivos claros e estratégias para alcançá-los. O EI, que integra conceitos científicos e práticas do cotidiano, exige uma abordagem que priorize tanto o conhecimento científico quanto a sua aplicação em situações reais (Sasseron, 2018).

O papel dos alunos, por sua vez, também tem sido de suma importância para a eficácia do processo de EI. Essa abordagem didática, tem demandado a participação ativa dos estudantes, promovendo discussões, interações e o

desenvolvimento de um pensamento crítico. Esta abordagem tem se revelado mais eficaz em contextos onde os estudantes se sentem envolvidos e responsivos à proposta, assumindo um papel de agentes ativos na sua própria aprendizagem (Sasseron, 2018). Essa dinâmica alinha-se ao modelo dos “5 E” de Bybee *et al.* (2006), que enfatiza a importância do engajamento inicial, da exploração prática e da elaboração de explicações.

Todavia, nem todos os estudantes demonstram interesse em ciências (Dewey, 1938). Nessa perspectiva, tem-se tornado crucial envolver os discentes em contextos relevantes para o aprendizado, mesmo quando os conteúdos científicos não despertam um interesse imediato. O professor deve criar situações que permitam aos alunos analisar e construir seu próprio entendimento através da investigação e da resolução de problemas (Carvalho, 2018; Sasseron, 2018).

Em uma aula investigativa, a curiosidade e o desafio da própria investigação são os maiores motores da motivação do estudante. O foco está na construção de conhecimento através da pesquisa e da resolução de problemas, não na motivação prévia do discente. No EI, o aluno passa a ser o principal protagonista, construindo o seu conhecimento de forma ativa e engajada. Ele não se limita a receber informações, mas sim a interagir com o professor e colegas, manipulando dados, informações e conhecimentos para desenvolver habilidades de investigação e de resolução de problemas (Sasseron, 2018).

Em sua essência, o ensino por investigação tem revelado que a mudança fundamental não está nas atividades em si, mas sim na dinâmica do processo de ensino-aprendizagem. Em vez de um professor que transmite informações, essa abordagem didática coloca o estudante no centro, incentivando-o a investigar, questionar e construir seu próprio conhecimento, com o professor atuando como orientador e facilitador (Carvalho, 2011; Carvalho, 2018; Sasseron, 2018).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Produzir uma Sequência de Ensino Investigativo sobre o esqueleto humano para ser aplicada em sala de aula nas aulas de biologia do ensino médio, utilizando a estratégia de ensino por investigação na área de antropologia forense.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma atividade a partir de uma situação-problema, sobre um caso fictício de encontro de ossos humanos num determinado local.
- Criar uma SEI em que a situação-problema está inserida.
- Disponibilizar uma SEI para professores de ensino médio para as aulas de biologia.
- Propor um *e-book* como um recurso educacional de forma a contribuir para o ensino de morfologia óssea.

4 METODOLOGIA

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

Esta pesquisa foi realizada sem o envolvimento de seres humanos para coleta de dados. Elaborou-se um recurso educacional baseado em conhecimentos teóricos. Esse recurso não foi aplicado em sala de aula durante a vigência do mestrado. Sendo assim, o projeto não foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da UFSC para análise.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa teve caráter teórico e exploratório (Gil, 2009). Primou-se por estabelecer relações entre as ciências forenses e o ensino de biologia, utilizando-se da perspectiva da abordagem didática de ensino por investigação. Nesse sentido, este trabalho consistiu na elaboração de uma SEI como recurso educacional (produto técnico-tecnológico) a ser aplicado nas escolas no âmbito das aulas de biologia.

Este trabalho de conclusão de mestrado (TCM) teve cunho qualitativo. Santos Filho (1995) destacou que a abordagem qualitativa na pesquisa tem visto o indivíduo como um sujeito ativo e central na construção de significados como produto de interações sociais.

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado o EI como abordagem qualitativa. Segundo Sasseron (2018), essa abordagem tem sido vista como uma ferramenta eficaz para reduzir a distância entre a pesquisa educacional e a prática docente, integrando teoria e prática. Ao envolver os professores na pesquisa e reflexão sobre suas próprias práticas, o EI tem promovido uma compreensão mais aprofundada e um desenvolvimento profissional, o que, por sua vez, facilita mudanças positivas nas abordagens pedagógicas.

4.3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico para este trabalho foi desenvolvido por meio de consulta a materiais impressos e digitais como: BNCC (Base Nacional Comum

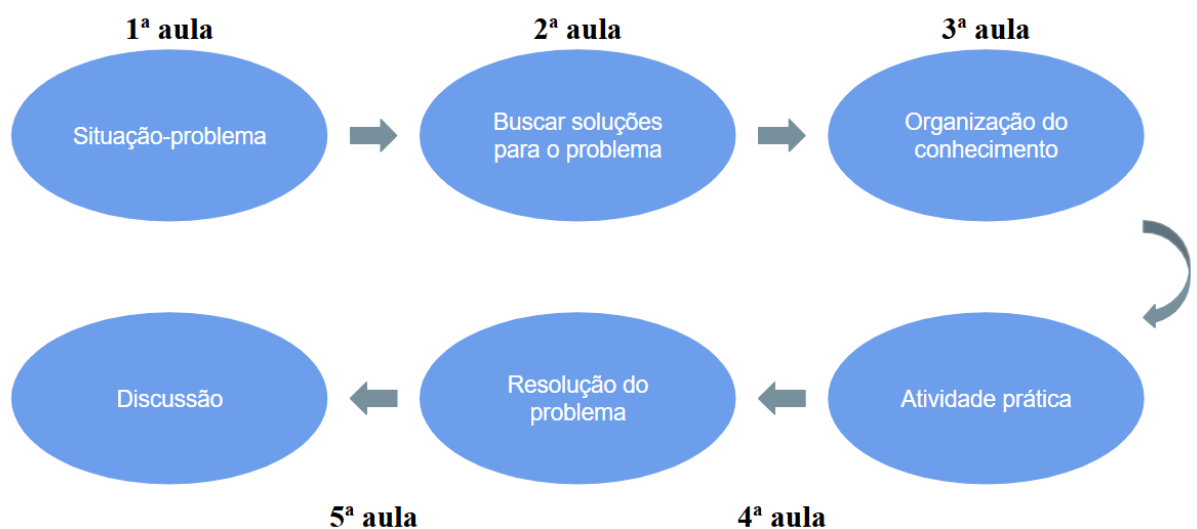
Curricular), artigos científicos, livros didáticos, livros técnicos, atlas de anatomia humana, cartilhas, guias, manuais, textos, vídeos, *websites*, entre outros. Foram utilizados alguns descritores para facilitar as buscas: CSI, ensino médio, ensino de biologia, BNCC, antropologia forense, anatomia humana, morfologia óssea, metodologias ativas, ensino por investigação, sequência didática, SEI, identificação humana, ciências forenses, entre outros.

Para encontrar os artigos científicos, foram utilizados indexadores de dados como Academia.edu, *Google Scholar*, *ResearchGate* e *SciELO*. Por outro lado, o acesso aos livros didáticos de Ciências da Natureza do ensino médio foi feito através dos sites das editoras participantes do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Além disso, o acesso a bibliotecas virtuais e repositórios *online* auxiliaram no levantamento bibliográfico.

4.4 PLANEJAMENTO E ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO

O presente trabalho consistiu em elaborar uma SEI, com duração de 5 aulas (45 min cada aproximadamente), a ser aplicada nas aulas de biologia com turmas do ensino médio. A Figura 1, apresentada abaixo, contempla o fluxograma das aulas e das atividades a serem desenvolvidas na elaboração da SEI.

Figura 1 – Fluxograma das aulas e das atividades a serem desenvolvidas.

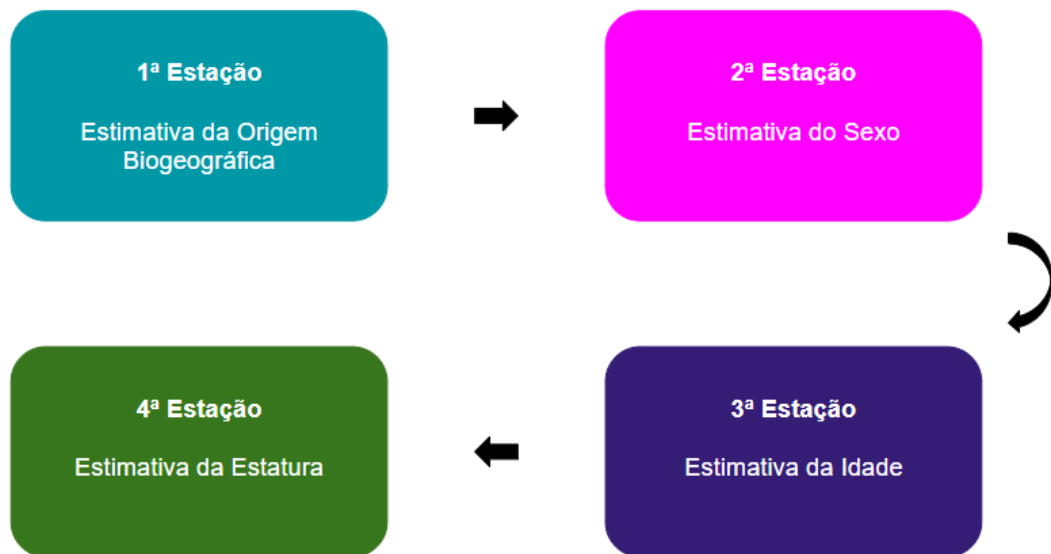


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Na primeira aula, deve ser apresentada a situação-problema aos estudantes e permitir que eles levantem hipóteses. Na segunda, eles devem buscar soluções para o problema apresentado. Na terceira, deve haver uma organização do conhecimento dos estudantes, permitindo deles exporem o que já sabem e atualizando os conceitos a serem apresentados. Na quarta, deve ser realizada uma atividade prática, simulando um caso de antropologia forense e permitindo que eles testem as hipóteses previamente levantadas tendo em vista resolver o problema. Na quinta aula, deve ser feita a discussão final com os discentes sobre as atividades realizadas e os resultados obtidos.

A atividade prática a ser desenvolvida na quarta aula deve ser de rotação por estações. Devem ser desenvolvidas quatro estações para simular as etapas da avaliação do perfil biológico num caso de antropologia forense (Figura 2).

Figura 2 – Atividades a serem desenvolvidas na rotação por estações.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A sequência de ensino investigativo proposta visou integrar as ciências forenses (a antropologia forense sobretudo) e o estudo do esqueleto humano, utilizando uma abordagem interdisciplinar para promover um aprendizado significativo. A estrutura incluiu momentos teóricos e práticos, com o objetivo de

proporcionar aos alunos uma compreensão mais aprofundada e contextualizada dos conteúdos.

4.5 PLANEJAMENTO E ELABORAÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL

O recurso educacional desenvolvido foi um *e-book* (APÊNDICE A). Foi utilizada a plataforma Canva para a elaboração desse recurso. Num primeiro momento, foi definido o *layout* (margens, fontes, paleta de cores, ícones, molduras entre outros). Tendo isso como ponto de partida, foram elaborados os elementos pré-textuais, textuais e pós-textuais.

O *e-book* consistiu em fornecer para os professores material e orientações detalhadas para a aplicação da SEI, bem como oferecer um guia de roteiro prático para os alunos. Esse produto técnico-tecnológico contemplou a sequência de ensino investigativo, um guia para os docentes e para os discentes, informações contextualizadas, descrições, referências, entre outros.

5 RESULTADOS

Abaixo, segue o resultado da SEI para ser aplicada nas escolas, no âmbito da disciplina de biologia com turmas do ensino médio, perfazendo um total de 5 aulas com duração de 45 minutos cada (aproximadamente).

Cabe ressaltar que a presente SEI foi proposta para abordar a educação em ciências forenses nas escolas por meio da abordagem de ensino por investigação. O aspecto biológico utilizado foi o esqueleto humano. A metodologia elaborada consistiu em avaliar o que os ossos podem revelar sob a perspectiva da AF, abordando seus desafios, contribuições, limitações e consequências.

5.1 PRIMEIRA AULA

Para a primeira aula, deve ser proposta uma situação-problema aos alunos, contextualizando a temática e suscitando uma reflexão crítica acerca do assunto abordado. Deve ser apresentada a seguinte situação:

“A Polícia Científica (PCI) da cidade de Criminópolis recebeu uma ligação anônima, informando a existência de restos ósseos e alguns pertences numa trilha ecológica da região. Ao chegar ao local, o perito reconhece que são ossos humanos, recolhe o máximo de evidências possíveis e leva-as ao Instituto Médico-Legal (IML) da PCI para análises e identificação”.

Em seguida, deve ser pedido aos estudantes para pensarem e escreverem sobre como eles fariam para identificar o(s) indivíduo(s) em questão. Nessa etapa, os estudantes devem levantar suas hipóteses. Para o segundo momento da primeira aula, deve ser proposta a realização de uma discussão sobre as respostas dos alunos a fim de promover uma reflexão do que pode ser feito em casos como esse.

Compete ao professor orientar os discentes, certificar-se da participação ativa deles nas atividades propostas e instigá-los com perguntas norteadoras. Além disso, concerne ao docente a responsabilidade de promover um ambiente de discussão e de reflexão em sala de aula sem dar as respostas diretamente, mas sim atuando passivamente e guiando os estudantes.

5.2 SEGUNDA AULA

Para a segunda aula, os discentes devem buscar soluções para fazer a identificação do material, favorecendo o levantamento de hipóteses, pesquisas, investigações, questionamentos, discussões e levando-os a uma tomada de decisão. Nesse sentido, deve ser proposto a eles que pesquisem (com o auxílio de livros didáticos de ciências e de biologia, atlas de anatomia humana, sites educacionais como Brasil Escola, Guia do Estudante, Infoescola, Superinteressante, entre outras fontes) sobre as seguintes perguntas:

- 1 – Um esqueleto humano é constituído por quantos ossos? Esse número é sempre fixo?
- 2 – É possível haver esqueletos iguais? Justifique.
- 3 – É possível estimar a origem biogeográfica do indivíduo através dos ossos? Justifique.
- 4 – É possível estimar o sexo do indivíduo através dos ossos? Justifique.
- 5 – É possível estimar a idade na época da morte do indivíduo através dos ossos? Justifique.
- 6 – É possível estimar a estatura do indivíduo através dos ossos? Justifique.
- 7 – É possível identificar uma pessoa através de vestígios remanescentes ósseos? Pesquise e relate algum caso que chamou a sua atenção.

Uma vez mais, compete ao professor orientar os alunos, certificar-se da participação ativa deles nas atividades propostas e instigá-los com perguntas norteadoras. Além disso, concerne ao docente a responsabilidade de promover um ambiente de pesquisa adequado e de orientar a como pesquisar em base de dados confiáveis. Não se deve dar as respostas diretamente aos estudantes, mas sim guiá-los a levantarem as hipóteses deles.

5.3 TERCEIRA AULA

Para a terceira aula, deve-se discutir com os estudantes sobre as questões propostas da aula anterior. Dessa forma, precisam ser revistos alguns conceitos utilizados em morfologia humana (citologia e histologia ósseas, sistema esquelético, acidentes ósseos, entre outros), estimulando os discentes a exporem sobre o que já aprenderam e organizando o conhecimento adquirido.

Cabe ao professor incentivar os estudantes a expor o que pesquisaram e responderam. Além disso, concerne ao docente a responsabilidade de perceber o conhecimento prévio dos discentes, de suscitar novas informações e de permitir que os estudantes organizem suas ideias. Vale lembrar da ação passiva do professor que não deve dar as respostas diretamente aos estudantes, mas sim auxiliá-los na compreensão dos conceitos abordados.

5.4 QUARTA AULA

Para a quarta aula, a turma deve ser dividida em grupos (de 4 a 5 alunos) para realizar uma atividade prática, simulando a etapa inicial do processo de identificação humana, a avaliação do perfil biológico, por meio da análise e da comparação de vestígios remanescentes ósseos. Os passos dessa simulação devem consistir em analisar a morfologia dos ossos do quadril, do crânio e de ossos longos.

Devem ser montadas, portanto, quatro estações (quatro para cada grupo) para fazer a APB (estimativas da origem biogeográfica, do sexo, da idade na época da morte e da estatura). Cada um dos grupos deve ser orientado a passar por todas as estações pela ordem pré-determinada. A ordem delas foi baseada tendo em vista que as metodologias usadas em AF para estimar o sexo dos indivíduos dependem da estimativa da origem biogeográfica. Além disso, as metodologias utilizadas para estimar a idade na época da morte e a estatura dependem da estimativa do sexo.

Cada grupo deve receber um conjunto de itens, contendo as imagens dos ossos encontrados na situação-problema apresentada e um papel milimetrado (APÊNDICE B). Esse conjunto de itens deve ser composto por: um crânio (vistas anterior, lateral direita e inferior), uma clavícula esquerda (vista superior e face esternal em detalhe), uma cintura pélvica (com os ossos do quadril direito e

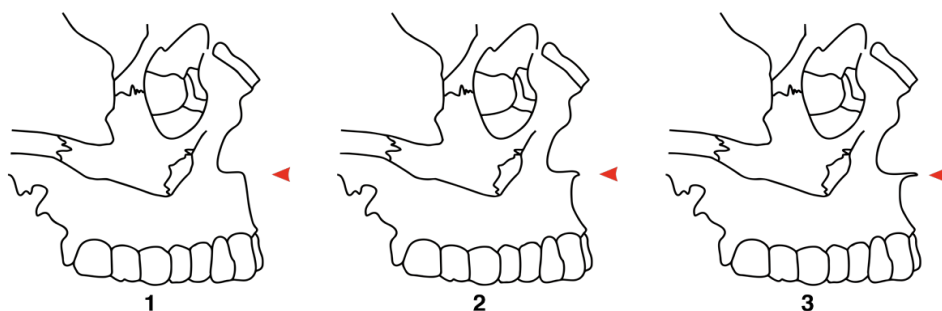
esquerdo e o sacro), um osso do quadril esquerdo, um fêmur direito (vista posterior) e um papel milimetrado. Os discentes devem fazer o inventário desses ossos, comparando-os com imagens de ossos de um atlas de anatomia humana (Netter, 2021). Após, cada grupo deve passar por todas as estações pela ordem pré-determinada a fim de concluir cada etapa do processo da avaliação do perfil biológico do indivíduo.

5.4.1 Primeira estação – estimativa da origem biogeográfica do indivíduo

Para a análise da estimativa da origem biogeográfica do indivíduo, devem ser analisadas três características morfológicas não métricas do crânio (espinha nasal anterior, largura interorbital e largura da abertura piriforme). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- Espinha nasal anterior (ENA) – Segundo Moore, Dalley e Agur (2024), uma “espinha” refere-se a um acidente ósseo que é semelhante a um espinho. Nesse sentido, a ENA pode ser compreendida como uma projeção óssea localizada na linha mediana anterior da face, mais especificamente na porção inferior da abertura piriforme (entrada da cavidade nasal), projetando-se anteriormente a partir da base do septo nasal. Um problema comum ao avaliar a ENA é a extrema fragilidade dessa área que é frequentemente danificada durante ou após a morte (Hefner, 2009). A ENA é classificada de forma progressiva como leve (1), intermediária (2) e acentuada (3) conforme Figura 3:

Figura 3 – Estágios para a avaliação morfológica da espinha nasal anterior. Crânios em perfil. Vista lateral direita.



Fonte: adaptado de Hefner (2009).

Quadro 1 – Descrição e classificação dos estágios da espinha nasal anterior para a estimativa da origem biogeográfica.

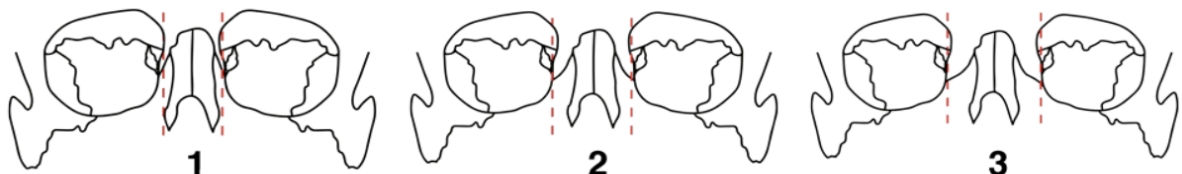
Estágio		Descrição	Classificação
1	Leve	Projeção mínima ou inexistente da ENA.	Africana
2	Intermediária	Projeção moderada da ENA.	Asiática
3	Acentuada	Projeção pronunciada da ENA.	Europeia

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo Gill (1998) e Hefner (2009), os indivíduos de origem biogeográfica africana apresentam a ENA no estágio 1, os de origem asiática no estágio 2 e os de origem europeia no estágio 3 (Quadro 1).

- Largura interorbital (LIO) – é uma característica morfoscópica morfométrica que pode ser medida com um paquímetro (usando a medida definida de dácrio a dácrio) ou pode ser avaliada de forma não métrica (Hefner, 2009). O dácrio é um ponto craniométrico de referência localizado na margem medial da órbita marcado pela junção das suturas entre os ossos lacrimal, maxilar e frontal. Ele situa-se na interseção das suturas lacrimomaxilar, frontolacrimar e frontomaxilar. Frequentemente, há um pequeno forame nesse ponto (İşcan; Steyn, 2013). A LIO é avaliada em relação ao esqueleto facial e pode ser classificada como estreita (1), intermediária (2) ou larga (3) conforme Figura 4:

Figura 4 – Estágios para a avaliação morfológica da largura interorbital. Crânios em vista anterior.



Fonte: adaptado de Hefner (2009).

Quadro 2 – Descrição e classificação dos estágios da largura interorbital para a estimativa da origem biogeográfica.

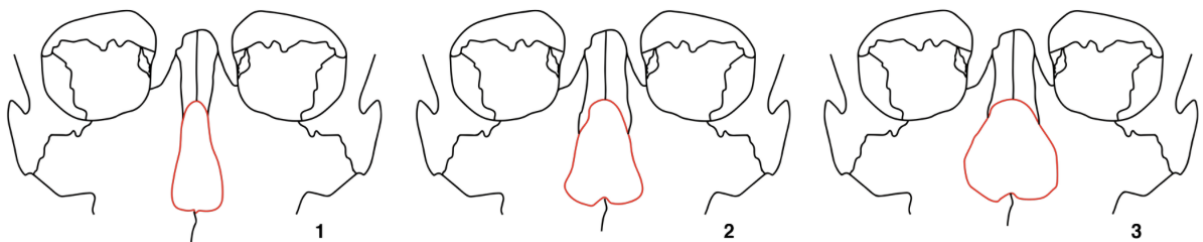
Estágio		Descrição	Classificação
1	Estreita	LIO estreita em relação à largura da face.	Europeia
2	Intermediária	LIO intermediária.	Asiática
3	Larga	LIO larga em relação à largura da face.	Africana

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo Gill (1998) e Hefner (2009), os indivíduos de origem biogeográfica europeia apresentam a LIO no estágio 1, os de origem asiática no estágio 2 e os de origem africana no estágio 3 (Quadro 2).

- Largura da abertura piriforme (LAP) – é a abertura óssea em forma de “pera”, localizada na parte anterior da face, que constitui a entrada da cavidade nasal. Essa região é limitada pelos ossos nasais superiormente. Lateralmente e inferiormente, essa abertura é limitada pelos ossos maxilares (İşcan; Steyn, 2013). A LAP é avaliada em relação ao esqueleto facial e pode ser classificada como estreita (1), intermediária (2) ou larga (3) conforme Figura 5:

Figura 5 – Estágios para a avaliação morfológica da largura da abertura piriforme. Crânios em vista anterior.



Fonte: adaptado de Hefner (2009).

Quadro 3 – Descrição e classificação dos estágios da largura da abertura piriforme para estimativa da origem biogeográfica.

Estágio		Descrição	Classificação
1	Estreita	LAP estreita em relação à largura da face.	Europeia
2	Intermediária	LAP intermediária.	Asiática
3	Larga	LAP larga em relação à largura da face.	Africana

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

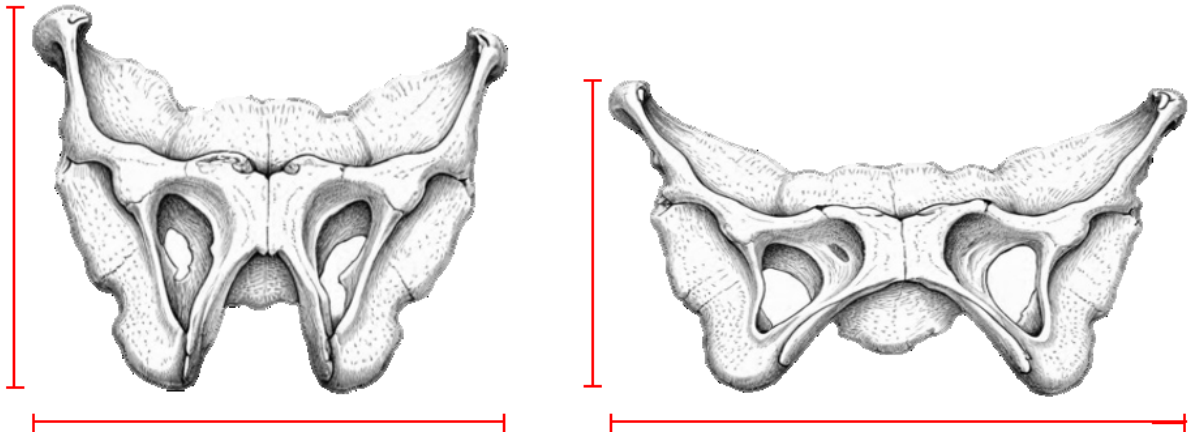
Segundo Gill (1998), os indivíduos de origem biogeográfica europeia apresentam a LAP no estágio 1, os de origem asiática no estágio 2 e os de origem africana no estágio 3 (Quadro 3).

5.4.2 Segunda estação – estimativa do sexo do indivíduo

Para a análise da estimativa do sexo do indivíduo, devem ser analisadas três características morfológicas não métricas dos ossos do quadril (altura / largura da cintura pélvica, ângulo subpúbico e incisura isquiática maior). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- Altura e largura da cintura pélvica (ALCP) – a relação entre a altura e a largura da cintura pélvica é bastante dimórfica na fase adulta (İşcan; Steyn, 2013). A ALCP pode ser avaliada em “alta e estreita” ou “baixa e larga” conforme Figura 6.

Figura 6 – Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Quadro 4 – Descrição e classificação da relação altura / largura da cintura pélvica para a estimativa do sexo.

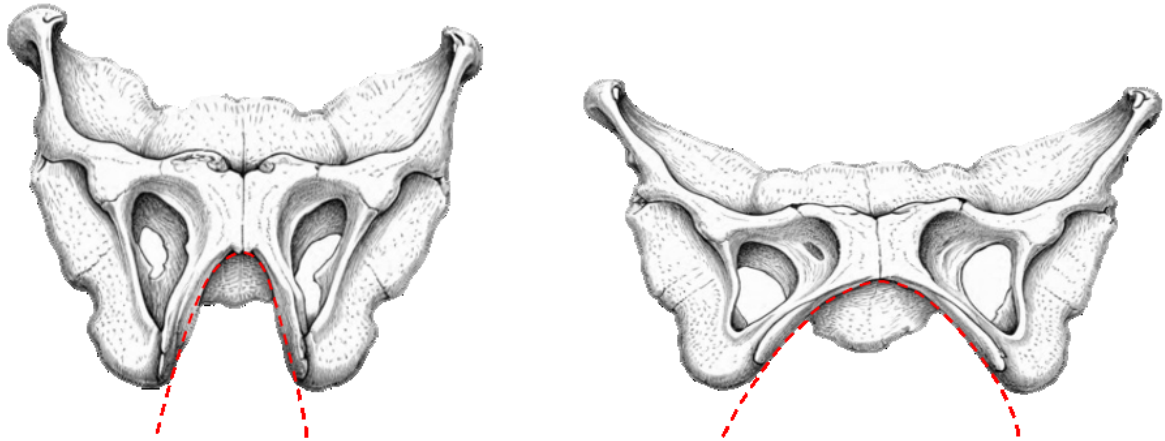
Característica	Classificação
Cintura pélvica alta e estreita.	Masculino
Cintura pélvica baixa e larga.	Feminino

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo İşcan e Steyn (2013), os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar a relação ALCP “alta e estreita”. Em contrapartida, os indivíduos do sexo feminino tendem a apresentar a relação ALCP “baixa e larga” (Quadro 4).

- Ângulo subpúbico (ASP) – refere-se ao ângulo formado, inferiormente, pela articulação entre o púbis direito e o esquerdo. O ASP pode ser avaliado como “estrito em forma de V” ou como “amplo em forma de U” conforme Figura 7.

Figura 7 – Ângulo subpúbico representado pela linha tracejada. Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Quadro 5 – Descrição e classificação do ângulo subpúbico para a estimativa do sexo.

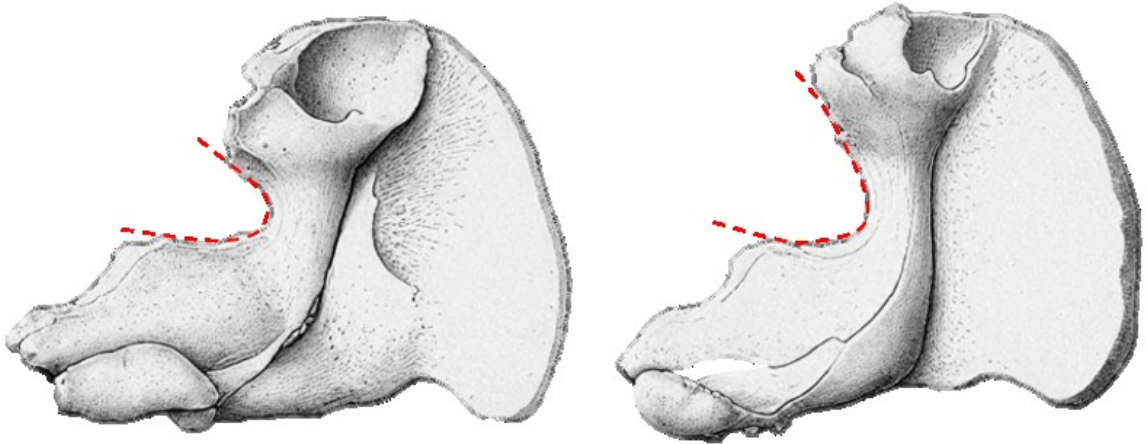
Característica	Classificação
ASP estreito em forma de “V” (< 70°).	Masculino
ASP amplo em forma de “U” (> 80°).	Feminino

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo Moore, Dalley e Agur (2024), os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar o ASP menor do que 70° (estreito), aproximando-se ao formato da letra “V”. Em contrapartida, os indivíduos do sexo feminino tendem a apresentar o ASP maior do que 80° (amplo), aproximando-se ao formato da letra “U” (Quadro 5).

- Incisura isquiática maior (IIM): o termo incisura refere-se a um acidente ósseo descrito como um entalhe na margem de um osso. A IIM é a concavidade maior localizada superiormente à espinha isquiática e parcialmente formada pelo ílio (Moore; Dalley; Agur, 2024). A IIM pode ser avaliada em “estreita em forma de V” ou em “ampla em forma de U” conforme Figura 8.

Figura 8 – Incisura isquiática maior representada pela linha tracejada. Ossos do quadril esquerdos em vista anterior (masculino à esquerda e feminino à direita).



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Quadro 6 – Descrição e classificação da incisura isquiática maior para a estimativa do sexo.

Característica	Classificação
Ângulo estreito em forma de “V” (cerca de 70°).	Masculino
Ângulo amplo em forma de “U” (quase 90°).	Feminino

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo Moore, Dalley e Agur (2024), os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar a IIM com ângulo de cerca de 70°, aproximando-se ao formato da letra “V”. Em contrapartida, os indivíduos do sexo feminino tendem a apresentar a IIM com ângulo com quase 90°, aproximando-se ao formato da letra “U” (Quadro 6).

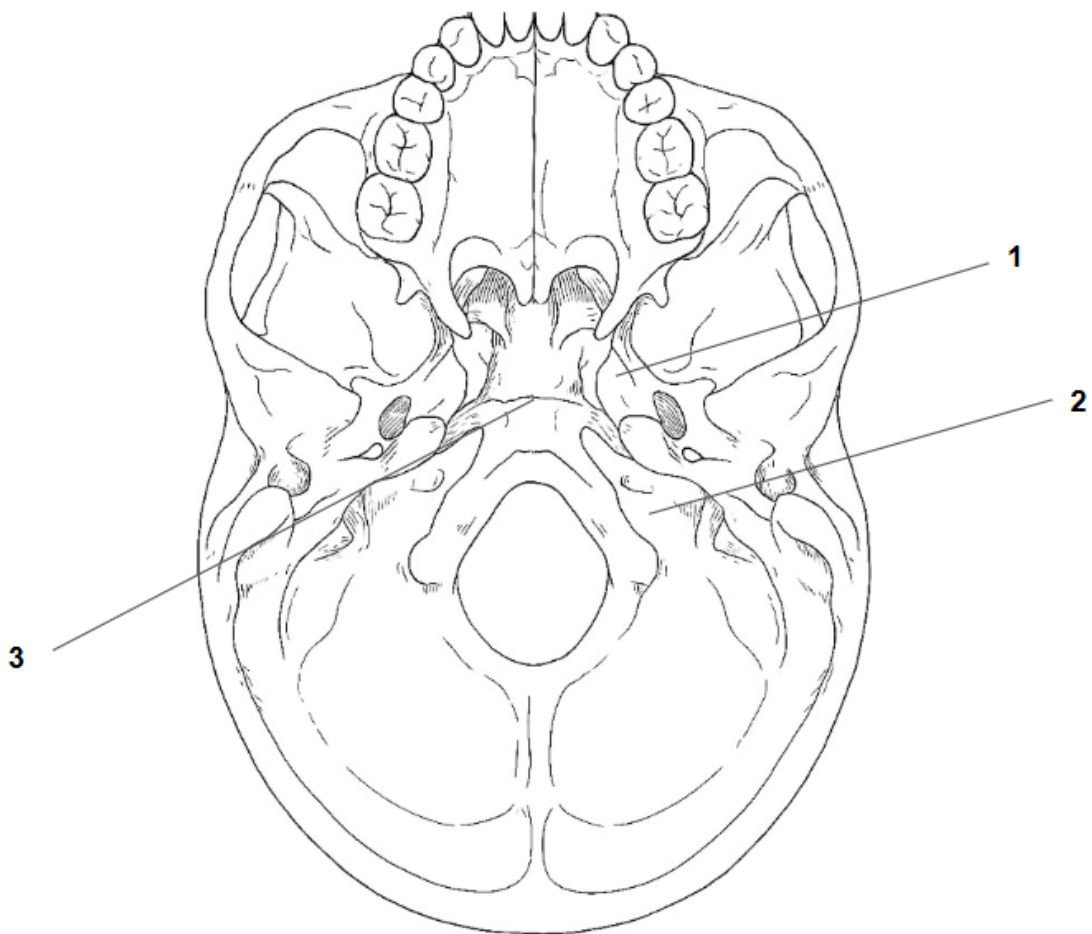
5.4.3 Terceira estação – estimativa da idade na época da morte do indivíduo

Para a análise da estimativa da idade na época da morte do indivíduo, devem ser analisadas duas características morfológicas não métricas, utilizando o crânio e a clavícula (sinostose da sincondrose eseno-occipital e extremidade distal da

clavícula respectivamente). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- Sinostose da sincondrose esfeno-occipital (SSE) – conforme Gabrielli e Vargas (2017), as sincondroses são articulações cartilagíneas formadas a partir de cartilagem hialina (apresenta aspecto rígido, esbranquiçado e brilhante). A sincondrose esfeno-occipital articula os ossos esfenoide e occipital (Figura 9). Com o passar do tempo, essa articulação tende a calcificar-se (processo conhecido como sinostose).

Figura 9 – Crânio em vista inferior. 1. Osso esfenoide. 2. Osso occipital. 3. Sincondrose esfeno-occipital.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Quadro 7 – Descrição e classificação da sincondrose esfeno-occipital para a estimativa da idade na época da morte.

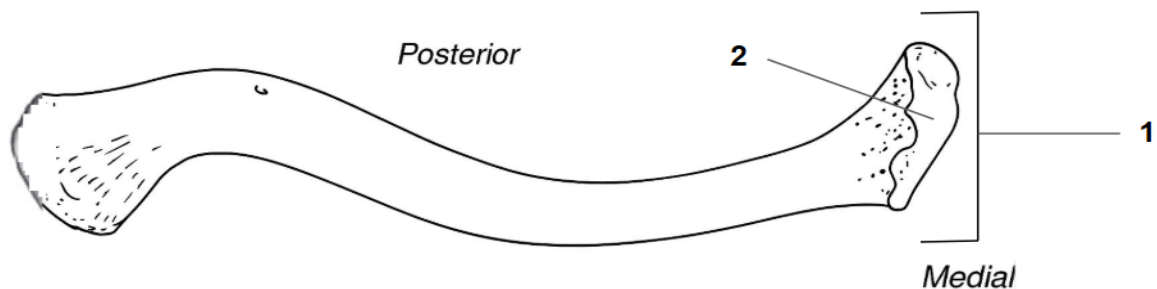
Característica	Classificação
Sincondrose não calcificada (sinostose incompleta).	< 18 anos
Sincondrose parcialmente calcificada (sinostose quase completa).	18 – 25 anos
Sincondrose calcificada (sinostose completa).	> 25 anos

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Conforme Cunningham, Scheuer e Black (2016), a SSE acontece entre 18 e 25 anos. Se o indivíduo apresentar a sincondrose esfeno-occipital não calcificada (sinostose incompleta), considera-se que ele apresenta idade inferior a 25 anos. Por outro lado, se estiver calcificada (sinostose completa), considera-se idade superior a 25 anos (Quadro 7).

- Extremidade esternal da clavícula (EEC) – conforme Moore, Dalley e Agur (2024), a EEC está localizada na porção medial desse osso, tem morfologia alargada e triangular e articula-se com o manúbrio do esterno (Figura 10).

Figura 10 – Clavícula direita em vista superior. 1. Extremidade esternal da clavícula. 2. Face articular esternal.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 11 – Face articular esternal em vista anterior. 1. União epifisária incompleta. 2. União epifisária quase completa.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Conforme Cunningham, Scheuer e Black (2016), a clavícula é classificada como um osso longo. No seu desenvolvimento, surgem centros de ossificação secundários nas extremidades (epífises). Com o passar do tempo, essas epífises fundem-se ao osso, encerrando o processo de crescimento (Figura 11). Esses centros de ossificação fundem-se completamente à clavícula a partir dos 30 anos (Quadro 8).

Quadro 8 – Descrição e classificação da união epifisária da extremidade esternal da clavícula para a estimativa da idade na época da morte.

Característica	Classificação
Fusão epifisária incompleta	< 18 anos
Fusão epifisária parcialmente completa	18 – 29 anos
Fusão epifisária completa	≥ 30 anos

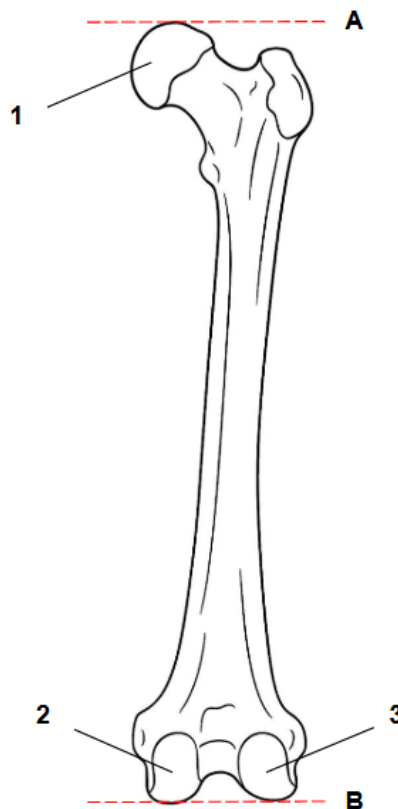
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

5.4.4 Quarta estação – estimativa da estatura do indivíduo

Para a análise da estimativa da estatura do indivíduo, deve ser analisada morfometricamente uma característica do fêmur (comprimento fisiológico do fêmur). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- Comprimento fisiológico do fêmur (CFF) – conforme De Mendonça (2000), o CFF é medido do ponto mais proximal da cabeça do fêmur até uma linha que passa pelos pontos mais distais de ambos os côndilos medial e lateral (Figura 12).

Figura 12 – Comprimento fisiológico do fêmur representado pela distância entre os pontos A e B. Fêmur direito em vista posterior. 1. Cabeça do fêmur. 2. Côndilo medial. 3. Côndilo lateral.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo De Mendonça (2000), para realizar a medição do CFF, o osso é colocado sobre a mesa com a sua face anterior voltada para baixo, ou seja, com a face posterior voltada para o observador. A medição da distância entre os pontos A e B deve ser feita em milímetros (mm). A medida encontrada deve ser aplicada na seguinte equação:

Se masculino:

$$\text{Estatura} = [(0,2663 * \text{CFF}) + 47,18] \pm 6,90$$

Se feminino:

$$\text{Estatura} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

O resultado obtido estará em centímetros (cm) e compreenderá um determinado intervalo. Por exemplo, após realizar a estimativa do sexo, se o indivíduo for do sexo feminino e o CFF for igual a 450 mm, deve ser usada a segunda equação.

Sendo assim:

$$\text{Estatura} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{Estatura} = [(0,2428 * 450) + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{Estatura} = [109,26 + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{Estatura} = 164,89 \pm 5,92$$

$$\text{Intervalo} = [158,97 \text{ a } 170,81 \text{ cm}]$$

Logo, a estimativa da estatura do indivíduo compreende um intervalo entre 1,59 e 1,71 m.

Ao fim da quarta aula, deve ser requerido aos discentes que analisem o perfil biológico obtido, apresentem o resultado e que respondam às seguintes questões:

1 – O que o osso que está morto, mas já teve vida, pode nos contar?

2 – A análise do perfil biológico, por si só, é suficiente para identificar um indivíduo? Justifique.

3 – De que maneira a análise do perfil biológico auxilia na investigação criminal?

4 – Que outras metodologias / abordagens devem ser utilizadas para se chegar a uma identificação humana positiva?

5 – De que maneira essa prática pedagógica contribuiu para o seu conhecimento?

6 – Você considera importante aplicar a investigação criminal no ensino das disciplinas escolares? Justifique.

5.5 QUINTA AULA

A quinta aula deve ser disponibilizada para discutir, em grupo, as atividades elaboradas durante a simulação realizada da APB a fim de compreender a importância do estudo do sistema esquelético e sua relação com a antropologia forense. Deverão ser debatidas as questões propostas da aula anterior. Deverá ser promovida uma reflexão sobre os aspectos éticos e legais relacionados a esse tipo de investigação criminal. Nessa aula, os discentes revisitarão as hipóteses levantadas previamente e verificarão se elas estavam certas ou não.

5.6 AVALIAÇÃO

Cabe ressaltar que o processo de avaliação deve ser contínuo, levando-se em conta a participação dos alunos nas discussões em grupo realizadas, na atividade prática, na escrita dos resultados do estudo de caso e na reflexão crítica, avaliando o entendimento das etapas da avaliação do perfil biológico num exame de antropologia forense e a sua relação com os conteúdos de morfologia óssea humana no ensino de biologia.

6 DISCUSSÃO

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017), dentre as competências específicas de biologia para o ensino médio, tem sido previsto avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico, utilizando ferramentas para propor soluções que considerem demandas (locais, regionais e / ou globais). Além disso, tem sido proposta a comunicação de descobertas e de conclusões a públicos variados (em diversos contextos) por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). Nesse sentido, o presente trabalho visou a aplicação de uma abordagem didática pautada nas ideias propostas por autores sobre ensino por investigação a partir do ensino e aprendizagem de morfologia óssea, propondo-se uma sequência de ensino investigativo.

Conforme Carvalho (2018), uma SEI tem se referido a uma abordagem pedagógica que tem visado desenvolver conteúdos / temas científicos através de atividades investigativas. Nas SEI, têm sido utilizadas diferentes recursos e atividades para explorar um determinado tema, como laboratórios abertos, demonstrações investigativas, análise de textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos, entre outros. A presente proposta visou estudar a biologia do esqueleto humano por meio de uma simulação de uma das etapas de identificação humana sob a abordagem da antropologia forense. Foram utilizados recursos como: laboratório aberto, atividades de rotação por estações, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos (livros didáticos, atlas, sites educacionais, entre outros).

Para se atingir os objetivos de uma SEI, tem sido necessário inferir se o termo “investigativo” da sigla concorda com o termo “sequência” ou com o termo “ensino” pois, o viés investigativo perpassa as orientações diretivas dada aos estudantes. Orientações são necessárias, todavia não são suficientes para obter êxito. Além disso, na existência de situações argumentativas, faz-se necessário permitir que os discentes pensem sobre as questões feitas, raciocinem, exponham novas questões, (re)formulem hipóteses (Carvalho, 2018). Nesse sentido, a SEI proposta neste trabalho permite momentos de discussão, argumentação, formulação e reformulação de hipóteses.

Neste cenário, tem-se demonstrado importante o professor garantir que os alunos tenham um grau de liberdade intelectual (GLI) para explorar seus

pensamentos, raciocínios e argumentações em atividades investigativas (Carvalho, 2018). O GLI refere-se à criação de um ambiente escolar onde os estudantes se sintam à vontade para expressar suas ideias, questionar, errar e aprender com seus erros, sem o medo de serem julgados ou penalizados. Essa liberdade intelectual é fundamental para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia na aprendizagem, permitindo que os discentes participem ativamente na construção do conhecimento. (Carvalho, 2018; Jiménez-Aleixandre, 2005; Latour; Woolgar, 1997; Lemke, 1998a, 1998b, 2000). Além disso, segundo esses autores, o problema proposto deve ser bem elaborado. O GLI e um problema bem formulado são cruciais para desencadear o raciocínio dos alunos e permitir que eles interajam com o material fornecido e expressem suas ideias.

A partir de estudos de Borges (2004), Paiva (2015) e Pella (1969), Carvalho *et al.* (2010) elaboraram quadros por meio de níveis de liberdade intelectual dados aos estudantes e níveis de investigação, demonstrando o GLI que o professor (P) proporciona aos alunos (A) a fim de caracterizar os modelos metodológicos possíveis de serem executados em sala de aula no ensino de ciências. Carvalho (2018), a partir desses estudos, apresentaram um quadro para aulas de resolução de problemas ao qual esta SEI pode ser relacionada (Quadro 9).

Quadro 9 – Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em aulas de resolução de problemas.

	Grau1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	A/P	A	A
Resolução do problema	A	A	A	A	A
Análise dos resultados	(quando existe) P	P/A/ Classe	P/A/ Classe	P/A/ Classe	P/A/ Classe

Fonte: Carvalho (2018).

O grau 1, presente no Quadro 9, refere-se a uma abordagem didática mais diretiva do professor que resolve intelectualmente todo o problema, levanta as

hipóteses, analisa os resultados e permite aos discentes apenas a resolução do problema. O grau 2 assemelha-se ao grau 1 no que tange a uma abordagem de ensino mais diretiva, mas com o aluno participando no levantamento de hipóteses concomitantemente com o professor. Nos graus 3 e 4, os estudantes são mais protagonistas, tomam decisões, discutem e podem ou não envolver a participação do professor. A avaliação do que está certo ou errado, mediada pelo professor, ocorre somente ao analisar os resultados, comparando as soluções dos discentes com a discussão do professor sobre os possíveis raciocínios. O grau 5 se distingue dos demais por propiciar que o problema seja escolhido, formulado e apresentado pelos alunos ou grupo deles (Carvalho, 2018).

A SEI proposta neste trabalho pode ser classificada com grau entre 3 e 4, pois o professor fornece a situação-problema e os discentes são responsáveis pelo levantamento das hipóteses e resolução dos problemas. Além disso, o docente juntamente com os discentes analisam os resultados obtidos. Segundo Carvalho (2018), uma aula classificada a partir do grau 3 corresponde a uma abordagem investigativa. Logo, a presente SEI apresenta uma abordagem investigativa que pode ser aplicada nas aulas de biologia para o ensino médio.

A construção / elaboração da situação-problema desta SEI foi pensada para dar um sentido social ao ensino, uma vez que simula uma condição passível de acontecer em condições reais. Para Carvalho (2018), a existência de problemas abertos classificados no GLI 3 ou 4 aponta para uma atividade inovadora, principalmente em aulas de resolução de problemas. Para a autora o problema tem-se demonstrado importante para conceitualização, sistematização de dados, levantamento de hipóteses e reorganização de ideias e do conhecimento pré-adquirido. O problema pode introduzir uma proposta teórica e / ou ser estruturado cientificamente para a aprendizagem das ciências. Além disso, os estudantes, por meio da situação-problema apresentada, podem e devem aprender a encontrar as variáveis que influenciam na solução do caso, como elas se relacionam entre si e como introduzir a linguagem científica para expressar os fenômenos da natureza.

Dos critérios apresentados por Carvalho (2018) para que seja considerado um “bom problema”, a situação-problema proposta nesta SEI atende os seguintes:

- “– dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo;
- dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- dá condições para que os alunos passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- dá condições para que os alunos construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis).”

Afonso (2011) analisou indicadores de alfabetização científica, apresentados no trabalho de Sasseron (2008), os quais os discentes alcançaram em aulas em que sequências de ensino investigativo foram aplicadas. O autor identificou explicação, levantamento de hipóteses, organização e seriação de informações, raciocínio proporcional, previsão e justificativa. Esses mesmos indicadores podem ser avaliados ao aplicar a presente proposta de SEI.

Segundo Carvalho (2018), as SEI têm visado a aprendizagem em áreas conceituais, epistêmicas e sociais. Além disso, têm abrangido conteúdos relevantes para os estudantes, proporcionando uma experiência de alfabetização científica similar à prática da comunidade científica. Para a autora, uma mudança de paradigma no ensino, do tradicional para o investigativo, tem-se tornado viável quando a formação dos professores também é investigativa, utilizando seus próprios problemas de ensino e aprendizagem como ponto de partida para a discussão e reflexão. Ademais, tem sido importante garantir, em discussões sobre o ensino por investigação, a liberdade intelectual dos professores para expressarem suas opiniões e posições, além da teoria e da prática dessa abordagem didática. Essa liberdade tem-se demonstrado essencial para enriquecer o debate e o aprimoramento do ensino. Uma vez mais, a presente SEI atende a esses critérios.

A SEI proposta neste trabalho, portanto, permite alcançar os dois conceitos básicos do EI apontados por Carvalho (2018) – organização de problemas e liberdade intelectual para os alunos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, destaca-se que as ciências forenses e o ensino de biologia se entrelaçam de maneira sinérgica. Ao integrar conceitos de biologia com aplicações forenses, o ensino torna-se mais dinâmico e relevante, despertando o interesse dos estudantes para a ciência e suas aplicações práticas na sociedade, além de promover uma compreensão mais profunda dos processos biológicos em um contexto real e investigativo.

O ensino por investigação tem sido essencial, pois desenvolve habilidades críticas, prepara para a vida profissional e estimula a aprendizagem. Professores podem aplicar essa abordagem para criar um ambiente de aprendizado dinâmico e eficaz. Nesse sentido, esse trabalho permite que os discentes desenvolvam projetos de pesquisa sobre temas atuais; permite trabalhar com estudo de casos reais para desenvolver habilidades de resolução de problemas; fomenta o pensamento crítico e a comunicação eficaz; permite explorar conceitos científicos de forma prática; bem como desenvolve habilidades de colaboração e de liderança.

A investigação criminal pode ser uma ferramenta poderosa para instigar curiosidade entre os alunos, especialmente no ensino médio. Nesse sentido, esta SEI permite simular cenas de crime para os estudantes investigarem; trabalhar com evidências (fotos, vídeos, relatórios) para análise; propor desafios de resolução de problemas relacionados à investigação; fomentar debates sobre casos reais ou hipotéticos e encorajar discentes a desenvolver projetos de investigação.

Para os professores, estimula perguntas e discussões em sala de aula; cria um ambiente de aprendizado seguro; estimular discussões abertas; guia os alunos durante a investigação; permite desenvolver atividades que desafiem os estudantes; possibilita que os discentes desenvolvam suas próprias teorias; permite o uso de recursos digitais para apoiar a investigação.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, A. M. **Alfabetização Científica dos alunos e as ações do professor que corroboram com este processo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- AGOSTINI, G. (Org.). **Ciências Forenses: ao alcance de todos**. São Paulo: Perse, 2015.
- ANDRÉ, M. E. Pesquisa, formação e prática docente. In: _____. (Org.). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. 4. ed. São Paulo: Papirus, 2005. p. 55-67.
- ARCE, A. Compre um kit neoliberal para a educação infantil e ganhe grátis os dez passos para se tornar um professor reflexivo. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 22, n. 74, p. 251-283, abr. 2001.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Orgs.) **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa, 2010.
- BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Brasília, DF: Líber, 2007.
- BARROS, F.; KUHNEN, B.; SERRA, M. C.; FERNANDES, C. M. S. Ciências forenses: princípios éticos e vieses. **Revista Bioética**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 55-65, 2021.
- BLACK, S.; FERGUSON, E. **Forensic Anthropology: 2000 to 2010**. New York: Taylor & Francis, 2011.
- BLAU, S.; UBELAKER, D. H. Forensic anthropology and archaeology: Introduction to a broader view. In: BLAU, S.; UBELAKER, D. H. (Eds.). **Handbook of forensic anthropology and archaeology**. Walnut Creek: Left Coast Press, 2009. p. 21-25.
- BORDENAVE, R.; PEREIRA, A. **Estratégias de Ensino aprendizagem**. Petrópolis: Vozes, 2005.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. especial, p. 9-30, 2004.

BORGHESAN, J. M.; CLEMENT, L. Rotação por Estações no Ensino de Ciências: Promovendo Suportes à Autonomia. **Boletim online de Educação Matemática**, Florianópolis, v.11, p. e0130, 2023.

BRANDÃO, C. R. A pesquisa participante e a participação da pesquisa: um olhar entre tempos e espaços a partir da América Latina. In: BRANDÃO, C. R.; STRECK, D. R. **Pesquisa participante: o saber da partilha**. Aparecida: Ideias & Letras, 2006. p. 21-54.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CEB n. 2, de 19 de abril de 1999**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Docentes da Educação Infantil e dos anos iniciais do Ensino Fundamental, em nível médio, na modalidade Normal. Brasília, DF: MEC, 1999.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP n. 1, de 18 de fevereiro de 2002**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 31.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Profissional e Tecnológica. **Resolução CNE/CP nº 4, de 29 de maio de 2024**. Estabelece diretrizes nacionais curriculares para a formação de professores da educação básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.

BYBEE, R. W.; TAYLOR, J. A.; GARDNER, A.; VAN SCOTTER, P.; POWELL, J. C.; WESTBROOK, A.; LANDES, N. **The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness, And Applications**. Colorado Springs: BSCS, 2006.

CAMPOS, S.; PESSOA, V. Discutindo a formação de professoras e de professores com Donald Schön. In: GERALDI, C.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. A. (Orgs.). **Cartografias do trabalho docente**. Campinas: Mercado de Letras, 1998. p. 183-206.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - SEI. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. p. 45-60.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, M. L. V. dos S.; PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CATTANEO, C. Forensic anthropology: Developments of a classical discipline in the new millennium. **Forensic Science International**, v. 165, p. 185-193, 2007.

CHECKLAND, P.; HOLWELL, S. Action research: its nature and validity. **Systemic Practice and Action Research**, v. 11, n. 1, p. 9-21, 1998.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006.

CIARI, B. **Práticas de ensino**. Lisboa: Editorial Estampa, 1979.

CRUZ, A. A. C.; RIBEIRO, V. G.; LONGHINOTTI, E.; MAZZETTO, S. E. A Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação investigativa e lúdica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 167-172, 2016.

CUNHA, E. A antropologia forense passo a passo. In: GOMES, A. (Ed.). **A enfermagem forense**. Lisboa: Lidel, 2014. v. 2, p. 280-288.

CUNHA, E. Considerações sobre a antropologia forense na atualidade. **Revista Brasileira de Odontologia Legal**, v. 4, n. 2, p. 110-117, 2017.

CUNHA, E. Devolvendo a identidade: a antropologia forense no Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 30-34, 2019.

CUNHA, E.; CATTANEO, C. Forensic anthropology and forensic pathology: The state of the art. In: SCHMITT, A.; CUNHA, E.; PINHEIRO, J. (Eds.). **Forensic anthropology and medicine: Complementary sciences from recovery to cause of death**. New Jersey: Humana Press, 2006. p. 39-53.

CUNHA, E.; CATTANEO, C. Historical routes and current practice for personal identification. In: FERRARA, S. D. (Ed.). **P5 Medicine and justice**. Cham: Springer, 2017. p. 398-411.

CUNHA, E.; FERREIRA, M. T.; CODINHA, S.; CARNIM, G.; MARQUES, C.; UMBELINO, C. Recovering memories of the Portuguese Colonial War through forensic anthropology. In: GROEN, W. J. M.; MÁRQUEZ-GRANT, N.; JANAWAY, R. (Eds.). **Forensic archaeology: a global perspective**. Chichester: John Wiley & Sons, 2015. p. 479-488.

CUNHA, E.; ORTEGA, P. A. ¿Como los antropólogos forenses evalúan la ancestría? In: SANABRIA, M. C. (Ed.). **Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas, hasta la audiencia pública**. Bogotá: Forensic Publisher, 2016. p. 221-236.

CUNHA, E.; PINHEIRO, J. Ante mortem trauma. In: BLAU, S.; UBELAKER, D. (Eds.). **Handbook of Forensic Anthropology and Archaeology: Digging Deeper: Current Trends and Future Directions in Forensic Anthropology and Archaeology**. New York: Routledge, 2016. p. 246-262.

CUNNINGHAM, C.; SCHEUER, L.; BLACK, S. **Developmental juvenile osteology**. 2. ed. London: Academic Press, 2016.

DE MENDONÇA, M. C. Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 112, n. 1, p. 39-48, 2000.

DEMO, P. **Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos**. Brasília, DF: Líber, 2004.

DEWEY, J. **Experience and education**. New York: Macmillan, 1938.

DIAS, C. P.; REIS, P. O Desenvolvimento de Atividades Investigativas com Recurso à Web 2.0 no Âmbito da Investigação e Inovação Responsáveis. **Sisyphus Journal of Education**, v. 5, n. 3, p. 68-84, 2017.

DIAS FILHO, C. R.; ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 67-72, 2010.

DIONNE, H. **A pesquisa-ação para o desenvolvimento local**. Brasília, DF: Líber, 2007.

DIRKMAAT, D. C.; CABO, L. L.; OUSLEY, S. D.; SYMES, S. A. New perspectives in forensic anthropology. **Yearbook of Physical Anthropology**, v. 51, p. 33-52, 2008.

DIRKMAAT, D. C.; CABO, L. L. Forensic anthropology: Embracing the new paradigm. In: DIRKMAAT, D. C. (Ed.). **A companion to forensic anthropology**. West Sussex: Wiley-Blackwell, 2012. p. 3-40.

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. **Children's ideas in science**. Milton Keynes: Open University Press, 1985.

DUARTE, N. As pedagogias do "aprender a aprender" e algumas ilusões da assim chamada sociedade do conhecimento. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 18, p. 35-40, 2001.

DUBOST, J. **Intervention psycho-sociologique**. Paris: PUF, 1987.

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. **Teaching scientific inquiry: recommendations for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.

DURÃO, C.; MACHADO, M. P.; DARUGE JÚNIOR, E. Death in the 'microwave oven': a form of execution by carbonization. **Forensic Science International**, v. 253, p. e1-e3, 2015.

EL ANDALOUSSI, K. **Pesquisas-ações: ciências, desenvolvimento, democracia**. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

ELLIOTT, J. **Action research for educational change**. Buckingham: Open University Press, 1991.

- ELLIOTT, J. **El cambio educativo desde la investigación-acción**. Madrid: Morata, 1993.
- ELLIOTT, J. **La investigación-acción en educación**. 3. ed. Madrid: Morata, 1997.
- ELLIOTT, J. Recolocando a pesquisa-ação em seu lugar original e próprio. In: GERALDI, C. M. G.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. de A. **Cartografias do trabalho docente**. Campinas: Mercado de Letras, 1998. p. 137-152.
- FAGUNDES, T. B. Os conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo: perspectivas do trabalho docente. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 65, p. 45-60, 2016.
- FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre: UFRGS, v. 8. n. 2, p. 109-123, 2003.
- FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, 2005.
- GABRIELLI, C.; VARGAS, J. C. **Anatomia sistêmica: uma abordagem direta para o estudante**. 4. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.
- GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S.; ALMEIDA, P. Enhancing the popularity and the relevance of science teaching in Portuguese Science classes. **Research in Science Education**, v. 41, n. 5, p. 651-666, 2011a.
- GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S.; FARIA, C. **Ensinar Ciências, Aprender Ciências: O contributo do projeto internacional PARSEL para tornar a ciência mais relevante para os alunos**. Porto: Porto Editora, 2011b.
- GERALDI, C. C. M. G.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. de A (Orgs.). **Cartografias do trabalho docente**. Campinas: Mercado de Letras, 1998.
- GHEDIN, E.; FRANCO, M. A. S. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. São Paulo: Cortez, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- GIL PEREZ, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; RAMÍREZ CASTRO, J. L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática da resolução de problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 7-19, 1992.
- GILL, G. Craniofacial criteria in the skeletal attribution of race. In: REICHS, K. (Ed.). **Forensic osteology**. Springfield: Charles C. Thomas, 1998. p. 293-317.

HEFNER, J. T. Cranial nonmetric variation and estimating ancestry. **Journal of Forensic Sciences**, v. 54, n. 5, p. 985-995, 2009.

HODSON, D. Becoming part of the solution: learning about activism, learning through activism, learning from activism. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (Eds.). **Activist science and technology education**. London: Springer, 2014. p. 67-98.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

HUGON, M. A.; SEIBEL, C. **Recherches impliquées, recherches action: Le cas de l'éducation**. Bruxelles: De Boeck Université, 1988.

IŞCAN, M. Y.; STEYN, M. **The human skeleton in forensic medicine**. 3. ed. Springfield: Charles C. Thomas, 2013.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Atas do V ENPEC**, n. 5, 2005.

JONASSEN, D. H. **Learning to solve problems: a handbook for designing problem-solving learning environments**. New York: Routledge, 2011.

KRULIK, S.; RUDNIK, K. **Problem solving in school mathematics**. Reston: NCTM, 1980.

LATOURET, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção de fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LEMKE, J. Teaching all the languages of Science: words, symbols, images and actions. In: **Conference on science education in Barcelona**. 1998a. p. 483-492.

LEMKE, J. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; VEEL, R. (Eds.). **Reading Science**. London: Routledge, 1998b. p. 87-113.

LEMKE, J. Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. **Linguistics and Education**, v. 10, n. 3, p. 247-271, 2000.

LIBÂNIO, J. C. Reflexividade e formação de professores: outra oscilação do pensamento pedagógico brasileiro? In: PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2010. p. 53-79.

LÜDKE, M. O professor, seu saber e sua pesquisa. **Educação & Sociedade**, Campinas, n. 74, p. 77-96, 2001.

MATTOS, C. L. G. Etnografias na escola: duas décadas de pesquisa sobre o fracasso escolar no ensino fundamental. In: MATTOS, C. L. G.; FONTOURA, H. A.

(Orgs.). **Etnografia e educação: relatos de pesquisa**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2009. p. 11-29.

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 1998.

MINNER, D. D.; LEVY, A. J.; CENTURY, J. Inquiry-based science instruction - What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 4, p. 474-496, 2010.

MIRANDA, M. G. O professor pesquisador e sua pretensão de resolver a relação entre a teoria e a prática na formação de professores. In: ANDRÉ, M. E. (Org.). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. 4. ed. Campinas: Papyrus, 2005. p. 129-143.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Moore anatomia orientada para a clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2024.

MOTA, L.; DI VITTA, P. B. Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, v. 1, p. 1-11, 2014.

NASCIMENTO, V. B. **Competências docentes em um projeto de inovação para a educação científica**. 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

NAVEGA, D.; VICENTE, R.; VIEIRA, D. N.; ROSS, A. H.; CUNHA, E. Sex estimation from tarsal bones in a Portuguese sample: a machine learning approach. **International Journal of Legal Medicine**, v. 129, n. 5, p. 651-659, 2015.

NETTER, F. H. **Atlas de Anatomia Humana**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

NIKOLOVA, N.; STEFANOVA, E. **Inquiry-based science education in secondary schools Informatics: Challenges and rewards**. Sofia: Sofia University, 2012.

NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

PAIVA, J. R. **Múltiplas representações na construção do conhecimento científico escolar**. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; DE JONG, T.; VAN RIESEN, S. A. N.; KAMP, E. T.; MANOLI, C. C.; ZACHARIA, Z. C.; TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, 2015.

PELLA, M. O. The Laboratory and Science Teaching. In: ANDERSEN, H. O. (Ed.). **Reading in Science Education for the Secondary School**. London: MacMillan, 1969. p. 112-125.

PIAGET, J. **A epistemologia genética**. Petrópolis: Vozes, 1971.

PIMENTA, S. G. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 521-539, 2005.

PIMENTA, S. G. Professor reflexivo: construindo uma crítica. In: PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2010. p. 17-52.

PINHEIRO, J.; CUNHA, E.; SYMES, S. Over-interpretation of bone injuries and implications for cause and manner of death. In: PASSALACQUA, N. V.; RAINWATER, C. W. (Eds.). **Skeletal trauma analysis**. Chichester: John Wiley & Sons, 2015. p. 27-41.

REIS, P. Da discussão à ação Sociopolítica sobre controvérsias sociocientíficas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 3, n. 1, p. 45-60, 2013.

REIS, P. Promoting students' collective socio-scientific activism: teachers' perspectives. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (Eds.). **Activist science and technology education**. London: Springer, 2014. p. 99-112.

ROCARD, M. **Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe**. Brussels: European Commission, 2007.

ROSA, M. F.; SILVA, P. S.; GALVAN, F. B. Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 36, n. 0, p. 1-9, 2014.

SACRISTÁN, J. G. Tendências investigativas na formação de professores. In: PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2010. p. 81-87.

SANTANA, R. S.; CAPECCHI, M. C. V. M.; FRANZOLIN, F. O ensino de ciências por investigação nos anos iniciais: possibilidades na implementação de atividades investigativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 686-710, 2018.

SANTANA, R. S.; FRANZOLIN, F. O Ensino de Ciências por investigação e os desafios da implementação na práxis dos professores. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 3, p. 218-237, 2018.

SANTOS, A. E. As principais linhas da biologia forense e como auxiliam na resolução de crimes. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 7, n. 3, p. 12-20, 2018.

SANTOS, F.; SILVA, A. C. T. Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo química forense. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 2, p. 205-223, 2021.

SANTOS FILHO, J. C. Pesquisa quantitativa versus pesquisa qualitativa: o desafio paradigmático. In: SANTOS FILHO, J. C.; GAMBOA, S. S. (Orgs.). **Pesquisa educacional: quantidade-qualidade**. São Paulo: Cortez, 1995. p. 45-60.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. O Ensino por investigação: pressupostos e práticas. In: _____. **Fundamentos Teórico-Metodológico para o Ensino de Ciências: a sala de aula**. São Paulo: Edusp, 2018. p. 45-60.

SCHMITT, A.; CUNHA, E.; PINHEIRO, J. **Forensic anthropology and medicine: complementary sciences from recovery to cause of death**. Totowa: Humana Press, 2006.

SCHÖN, D. **The reflective practitioner**. New York: Basic Books, 1983.

SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 79-91.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; SALGADO, T. D. M. Aprendendo a investigar através de uma atividade investigativa sobre ciência forense e investigação criminal. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 252-287, 2015.

SENNA, L. A. **Orientações para elaboração de projetos de pesquisa-ação em educação**. Rio de Janeiro: Papel&Virtual, 2003.

SENNA, L. A. O conceito de letramento e a teoria da gramática: uma vinculação necessária para o diálogo entre as ciências da linguagem e a educação. **DELTA: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada**, São Paulo, v. 23, p. 45-70, 2007.

SILVA, E. C. Críticas à formação do professor reflexivo: uma questão de paradigmas. **Olhares e Trilhas**, Uberlândia, v. 9, n. 9, p. 85-94, 2008.

SILVA, A. da C. T. e; FERREIRA, F. C. L.; SANTOS, F. dos; SILVA, A. C. da; FERNANDES, C. S. Ensino por investigação e Ciências Forenses: possibilidades para a alfabetização científica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e36111225775, 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica: Terminologia Anatômica Internacional**. São Paulo: Manole, 2001.

STENHOUSE, L. **An introduction to curriculum research and development**. London: Heinemann, 1975.

STENHOUSE, L. **Investigación y desarrollo del curriculum**. Madrid: Morata, 1981.

TEIXEIRA, P. M. M.; NETO, T. M. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

THIOLLENT, M. Notas para o debate sobre pesquisa-ação. In: BRANDÃO, C. R. (Org.). **Repensando a pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 1999. p. 82-103.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

ZEICHNER, K. M. Uma análise crítica sobre a "reflexão" como conceito estruturante na formação docente. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 103, p. 535-554, 2008.

APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO



CSI NA ESCOLA



**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA
O ESTUDO DO ESQUELETO HUMANO EM AULAS DE BIOLOGIA**

LEONI LAURICIO FAGUNDES
CARLOS JOSÉ DE CARVALHO PINTO

LEONI LAURICIO FAGUNDES
CARLOS JOSÉ DE CARVALHO PINTO

CSI NA ESCOLA



**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA
O ESTUDO DO ESQUELETO HUMANO EM AULAS DE BIOLOGIA**

FORMATO *E-BOOK*
1ª EDIÇÃO

FLORIANÓPOLIS
2025

Todos os direitos reservados © 2025 de Leoni Lauricio Fagundes / Carlos José de Carvalho Pinto. Todo o conteúdo é protegido pela lei de direitos autorais (Lei 9.610 / 98), sendo proibida a reprodução, distribuição ou comercialização de conteúdo dele obtido, sem a prévia e expressa autorização dos autores. CSI na escola: uma proposta de sequência de ensino investigativo para o estudo do esqueleto humano em aulas de biologia.



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



Créditos:

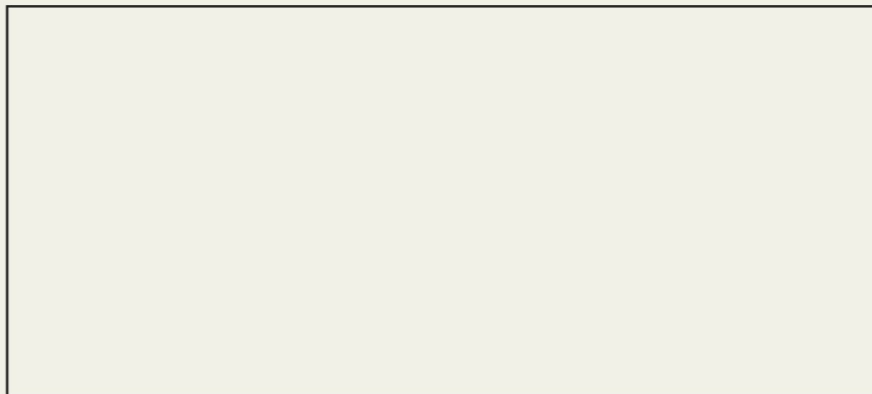
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA (PROFBIO)

Produção textual:

Leoni Lauricio Fagundes
Carlos José de Carvalho Pinto

Design gráfico: <https://www.canva.com>

Projeto gráfico e revisão: Mabiany Pereira



O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil – Código de Financiamento 001.

Olá, professor(a)!



Este *e-book*, intitulado “**CSI na escola: uma proposta de sequência de ensino investigativo para o estudo do esqueleto humano em aulas de biologia**”, trata-se de um recurso educacional desenvolvido a partir do Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) denominado “**CSI na escola: a antropologia forense como ferramenta para o estudo do esqueleto humano no ensino médio**” (Fagundes, 2025).

A proposta apresentada neste material busca abordar o estudo do esqueleto humano de forma contextualizada, dinâmica e colaborativa, explorando estratégias que permitam ao estudante assumir um papel ativo em sua aprendizagem. Para isso, propôs-se uma **sequência de ensino investigativo** (SEI), apresentando uma situação-problema em que os alunos possam levantar hipóteses, buscar evidências, propor soluções, discutir em grupo e construir explicações sobre os conceitos relacionados ao sistema esquelético.

A presente SEI prevê uma duração de 5 aulas (45 min cada aproximadamente). O processo investigativo iniciará com a apresentação de uma situação-problema aos estudantes sobre um caso fictício de encontro de ossos humanos num determinado local. Eles precisarão buscar soluções para o problema apresentado. Irão realizar uma atividade prática, simulando um caso de antropologia forense (AF). A partir de imagens de ossos humanos, farão a avaliação do perfil biológico (APB) que consiste numa das etapas de um exame de AF por meio das estimativas de: origem biogeográfica, sexo, idade na época da morte e estatura do indivíduo. Ao fim, discutirão os resultados obtidos.

Este *e-book* é direcionado ao público do ensino médio, servindo como apoio ao professor de Biologia na elaboração de aulas com foco em **ensino por investigação** e em **metodologias ativas**. Com as atividades propostas, espera-se não apenas a compreensão do conteúdo, mas também o desenvolvimento de habilidades de análise, argumentação e colaboração entre os discentes. Além disso, este material pode ser utilizado na elaboração de projetos para Feira de Ciências, em aulas de disciplinas optativas, em componentes curriculares eletivos, em trilhas de aprofundamento, em atividades integradoras, em projetos interdisciplinares, em atividades de extensão, etc.

Assim, convidamos você, professor, a explorar estas páginas com o olhar curioso e investigativo que buscamos incentivar em nossos alunos, trazendo a experiência do “CSI na escola” para sua sala de aula de forma prática e envolvente.

Boas aulas!

**LEONI LAURICIO FAGUNDES
CARLOS JOSÉ DE CARVALHO PINTO**

LISTA DE FIGURAS



19

Figura 1 – Estágios para a avaliação morfológica da espinha nasal anterior. Crânios em perfil. Vista lateral direita.

20

Figura 2 – Estágios para a avaliação morfológica da largura interorbital. Crânios em vista anterior.

21

Figura 3 – Estágios para a avaliação morfológica da largura da abertura piriforme. Crânios em vista anterior.

23

Figura 4 – Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.

24

Figura 5 – Ângulo subpúbico representado pela linha tracejada. Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.

25

Figura 6 – Incisura isquiática maior representada pela linha tracejada. Ossos do quadril esquerdos em vista anterior (masculino à esquerda e feminino à direita).

27

Figura 7 – Crânio em vista inferior. 1. Osso esfenoide. 2. Osso occipital. 3. Sincondrose esfeno-occipital.

28

Figura 8 – Clavícula direita em vista superior. 1. Extremidade esternal da clavícula. 2. Face articular esternal.

28

Figura 9 – Face articular esternal em vista anterior. 1. União epifisária incompleta. 2. União epifisária quase completa.

30

Figura 10 – Comprimento fisiológico do fêmur representado pela distância entre os pontos A e B. Fêmur direito em vista posterior. 1. Cabeça do fêmur. 2. Côndilo medial. 3. Côndilo lateral.



LISTA DE QUADROS

Quadro 1

Descrição e classificação dos estágios da espinha nasal anterior para a estimativa da origem biogeográfica. 20

Quadro 2

Descrição e classificação dos estágios da largura interorbital para a estimativa da origem biogeográfica. 21

Quadro 3

Descrição e classificação dos estágios da largura da abertura piriforme para estimativa da origem biogeográfica. 22

Quadro 4

Descrição e classificação da relação altura / largura da cintura pélvica para a estimativa do sexo. 24

Quadro 5

Descrição e classificação do ângulo subpúbico para a estimativa do sexo. 25

Quadro 6

Descrição e classificação da incisura isquiática maior para a estimativa do sexo. 26

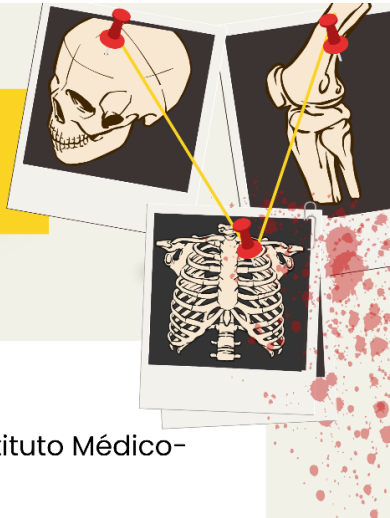
Quadro 7

Descrição e classificação da sincondrose esfenoccipital para a estimativa da idade na época da morte. 28

Quadro 8

Descrição e classificação da união epifisária da extremidade externa da clavícula para a estimativa da idade na época da morte. 28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS



AF – Antropologia Forense	IML – Instituto Médico-Legal
ALCP – Altura e Largura da Cintura Pélvica	IPM – Intervalo <i>Post Mortem</i>
APB – Avaliação do Perfil Biológico	LAP – Largura da Abertura Piriforme
ASP – Ângulo Subpúbico	LIO – Largura Interorbital
CF – Ciências Forenses	PCI – Polícia Científica
CFF – Comprimento Fisiológico do Fêmur	PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia
EEC – Extremidade Eterna da Clavícula	SEI – Sequência de Ensino Investigativo
EI – Ensino por Investigação	SSE – Sinostose da Sincondrose Esfeno-Occipital
ENA – Espinha Nasal Anterior	TCM – Trabalho de Conclusão de Mestrado
IIM – Incisura Isquiática Maior	UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Sumário



08

Introdução

Antropologia Forense
Ensino por Investigação



33

Guia do Estudante



13

Sequência de Ensino Investigativo

Aula 1
Aula 2
Aula 3
Aula 4
- Origem Biogeográfica
- Sexo
- Idade
- Estatura
Aula 5



44

Gabarito Comentado



47

Referências

INTRODUÇÃO



Antropologia Forense

Segundo Cunha (2019), a **antropologia forense** é uma das áreas das **ciências forenses** (CF) que atua na identificação humana, principalmente quando o corpo está em avançado estado de decomposição cadavérica ou reduzido a ossos e fragmentos, impossibilitando o reconhecimento visual. Além disso, ressalta-se a atuação desse profissional na identificação de indivíduos vivos (tanto em menores sem documentação quanto em idosos que necessitam de validação legal da idade).

O processo de identificação humana num contexto de AF inicia-se pela avaliação do perfil biológico que consiste na avaliação de fatores genéricos de identificação como estimativas de: origem biogeográfica (também designada como ancestralidade ou afinidade populacional), sexo, idade na época da morte e estatura. A APB ajuda a reduzir a lista de possíveis suspeitos com a qual os dados são confrontados.

Num segundo momento, fatores individualizantes como lesões ósseas antigas, variações anatômicas e intervenções cirúrgicas são comparados com dados clínicos, odontológicos ou imagiológicos, buscando a identificação positiva do indivíduo.

Além de atuar na identificação de cadáveres, a AF contribui na análise de lesões traumáticas ósseas, auxiliando na determinação da causa e da circunstâncias da morte. Além disso, atua na estimativa do intervalo post mortem (IPM) que compreende o intervalo de tempo decorrido desde a morte do indivíduo até o momento em que ele foi encontrado.

A AF também participa em contextos de desastres de massa e violações de direitos humanos, atuando em equipes interdisciplinares. No Brasil, sua relevância tem aumentado frente à complexidade de casos de violência, destacando a necessidade de análises criteriosas, inclusive em restos mortais queimados ou fragmentados.

A seguir, serão apresentadas as 10 questões básicas que se busca responder num exame de AF:

10 PERGUNTAS EM AF

- 01 **É OSSO?**
- 02 **É HUMANO?**
- 03 **É RECENTE?**
- 04 **QUAIS SÃO OS OSSOS PRESENTES?**
- 05 **QUAL É O NÚMERO MÍNIMO DE INDIVÍDUOS?**

10 PERGUNTAS EM AF

- 06 **QUAL É A ORIGEM BIOGEOGRÁFICA?**
 - 07 **QUAL É O SEXO?**
 - 08 **QUAL É A IDADE NA ÉPOCA DA MORTE?**
 - 09 **QUAL É A ESTATURA?**
 - 10 **HÁ FATORES INDIVIDUALIZANTES?**
- APB

Ensino por Investigação

Conforme Carvalho (2018) e Sasseron (2018), o **ensino por investigação** (EI) é uma abordagem didática que coloca o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, estimulando-o a explorar, questionar, planejar e buscar respostas por meio da investigação e da experimentação. Essa prática permite ao aluno construir o conhecimento de forma ativa, desenvolvendo habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe, tornando a aprendizagem mais significativa e útil para a vida pessoal e profissional.

Essa abordagem deve contemplar os seguintes elementos: orientação, conceituação, investigação e conclusão (Pedaste *et al.*, 2015). Na etapa de **orientação**, deve-se apresentar uma situação-problema e pode-se suscitar conceitos e conhecimentos prévios dos estudantes. Já na etapa de **conceituação**, propõem-se novas perguntas, levantam-se hipóteses e permite-se a busca de informações. Na fase de **investigação**, desenvolve-se um plano de ação, testam-se as hipóteses propostas pelos discentes, organizam-se e interpretam-se os resultados obtidos. Na fase de **conclusão**, por sua vez, procura-se argumentar e trabalhar elementos de forma mais complexificada. Durante todas as etapas, busca-se discutir, refletir e comunicar os conhecimentos trabalhados.

No ensino por investigação, o aluno passa a ser o principal protagonista, construindo o seu conhecimento de forma ativa e engajada. Ele não se limita a receber informações, mas sim a interagir com o professor e colegas, manipulando dados, informações e conhecimentos para desenvolver habilidades de investigação e de resolução de problemas.

Em sua essência, o EI tem revelado que a mudança fundamental não está nas atividades em si, mas sim na dinâmica do processo de ensino-aprendizagem. Em vez de um professor que transmite informações, essa abordagem didática coloca o discente no centro, incentivando-o a investigar, questionar e construir seu próprio conhecimento, com o professor atuando como orientador e facilitador.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO





Para a primeira aula, deve ser proposta uma situação-problema aos alunos, contextualizando a temática e suscitando uma reflexão crítica acerca do assunto abordado. Deve ser apresentada a seguinte situação:

SITUAÇÃO-PROBLEMA

“A Polícia Científica (PCI) da cidade de Criminópolis recebeu uma ligação anônima, informando a existência de restos ósseos e alguns pertences numa trilha ecológica da região. Ao chegar ao local, o perito reconhece que são ossos humanos, recolhe o máximo de evidências possíveis e leva-as ao Instituto Médico-Legal (IML) da PCI para análises e identificação”.

Em seguida, deve ser pedido aos estudantes para pensarem e escreverem sobre como eles fariam para identificar o(s) indivíduo(s) em questão. Nessa etapa, os discentes devem levantar suas hipóteses. Para o segundo momento da primeira aula, deve ser proposta a realização de uma discussão sobre as respostas dos alunos a fim de promover uma reflexão do que pode ser feito em casos como esse.

Compete ao professor orientar os alunos, certificar-se da participação ativa deles nas atividades propostas e instigá-los com perguntas norteadoras. Além disso, concerne ao docente a responsabilidade de promover um ambiente de discussão e de reflexão em sala de aula sem dar as respostas diretamente, mas sim atuando passivamente e guiando os estudantes.

AULA 2



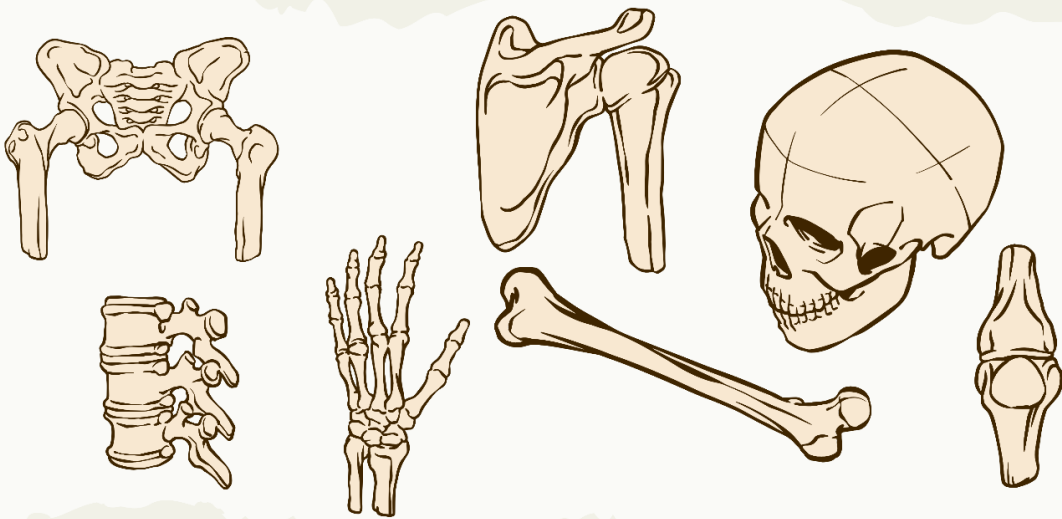
Para a segunda aula, os discentes devem buscar soluções para fazer a identificação do material, favorecendo o levantamento de hipóteses, pesquisas, investigações, questionamentos, discussões e levando-os a uma tomada de decisão. Nesse sentido, deve ser proposto a eles que pesquem (com o auxílio de livros didáticos de ciências e de biologia, atlas de anatomia humana, sites educacionais como Brasil Escola, Guia do Estudante, Infoescola, Superinteressante, entre outras fontes) sobre as seguintes perguntas:

- 1 - UM ESQUELETO HUMANO É CONSTITUÍDO POR QUANTOS OSSOS? ESSE NÚMERO É SEMPRE FIXO?
- 2 - É POSSÍVEL HAVER ESQUELETOS IGUAIS? JUSTIFIQUE.
- 3 - É POSSÍVEL ESTIMAR A ORIGEM BIOGEOGRÁFICA DO INDIVÍDUO ATRAVÉS DOS OSSOS? JUSTIFIQUE.
- 4 - É POSSÍVEL ESTIMAR O SEXO DO INDIVÍDUO ATRAVÉS DOS OSSOS? JUSTIFIQUE.
- 5 - É POSSÍVEL ESTIMAR A IDADE NA ÉPOCA DA MORTE DO INDIVÍDUO ATRAVÉS DOS OSSOS? JUSTIFIQUE.
- 6 - É POSSÍVEL ESTIMAR A ESTATURA DO INDIVÍDUO ATRAVÉS DOS OSSOS? JUSTIFIQUE.
- 7 - É POSSÍVEL IDENTIFICAR UMA PESSOA ATRAVÉS DE VESTÍGIOS REMANESCENTES ÓSSEOS? PESQUISE E RELATE ALGUM CASO QUE CHAMOU A SUA ATENÇÃO.

Uma vez mais, compete ao professor orientar os alunos, certificar-se da participação ativa deles nas atividades propostas e instigá-los com perguntas norteadoras. Além disso, concerne ao docente a responsabilidade de promover um ambiente de pesquisa adequado e de orientar a como pesquisar em base de dados confiáveis. Não se deve dar as respostas diretamente aos estudantes, mas sim guiá-los a levantarem as hipóteses deles.

AULA 3

Para a terceira aula, deve-se discutir com os estudantes sobre as questões propostas da aula anterior. Dessa forma, precisam ser revistos alguns conceitos utilizados em morfologia humana (citologia e histologia ósseas, sistema esquelético, acidentes ósseos, entre outros), estimulando os discentes a exporem sobre o que já aprenderam e organizando o conhecimento adquirido.



Cabe ao professor incentivar os alunos a exporem o que pesquisaram e o que responderam. Além disso, concerne ao docente a responsabilidade de perceber o conhecimento prévio dos discentes, de suscitar novas informações e de permitir que os estudantes organizem suas ideias. Vale lembrar da ação passiva do professor que não deve dar as respostas diretamente aos alunos, mas sim auxiliá-los na compreensão dos conceitos abordados.

AULA 4



Para a quarta aula, a turma deve ser dividida em grupos (de 4 a 5 alunos) para realizar uma atividade prática, simulando a etapa inicial do processo de identificação humana, a avaliação do perfil biológico, por meio da análise e da comparação de vestígios remanescentes ósseos. Os passos dessa simulação devem consistir em analisar a morfologia dos ossos do quadril, do crânio e de ossos longos.

Devem ser montadas, portanto, quatro estações (quatro para cada grupo) para fazer a APB (estimativas da origem biogeográfica, do sexo, da idade na época da morte e da estatura). Cada um dos grupos deve ser orientado a passar por todas as estações pela ordem pré-determinada. A ordem delas foi baseada tendo em vista que as metodologias usadas em AF para estimar o sexo dos indivíduos dependem da estimativa da origem biogeográfica. Além disso, as metodologias utilizadas para estimar a idade na época da morte e a estatura dos indivíduos dependem da estimativa do sexo.

Cada grupo deve receber um conjunto de itens, contendo as imagens dos ossos encontrados na situação-problema apresentada e um papel milimetrado (constante na seção 'Guia do Estudante'). Esse conjunto de itens deve ser composto por: um crânio (vistas anterior, lateral direita e inferior), uma clavícula esquerda (vista superior e face esternal em detalhe), uma cintura pélvica (com os ossos do quadril direito e esquerdo e o sacro), um osso do quadril esquerdo, um fêmur direito (vista posterior) e um papel milimetrado. Os discentes devem fazer o inventário desses ossos, comparando-os com imagens de ossos de um atlas de anatomia humana (Netter, 2021). Após, cada grupo deve passar por todas as estações pela ordem pré-determinada a fim de concluir cada etapa do processo da avaliação do perfil biológico do indivíduo.

1ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA ORIGEM BIOGEOGRÁFICA

Para a análise da estimativa da origem biogeográfica do indivíduo, devem ser analisadas três características morfológicas não métricas do crânio (espinha nasal anterior, largura interorbital e largura da abertura piriforme). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- **Espinha Nasal Anterior (ENA)** – Segundo Moore, Dalley e Agur (2024), uma “espinha” refere-se a um acidente ósseo que é semelhante a um espinho. Nesse sentido, a ENA pode ser compreendida como uma projeção óssea localizada na linha mediana anterior da face, mais especificamente na porção inferior da abertura piriforme (entrada da cavidade nasal), projetando-se anteriormente a partir da base do septo nasal. Um problema comum ao avaliar a ENA é a extrema fragilidade dessa área que é frequentemente danificada durante ou após a morte (Hefner, 2009). A ENA é classificada de forma progressiva como leve (1), intermediária (2) e acentuada (3) conforme Figura 1:

Figura 1 – Estágios para a avaliação morfológica da espinha nasal anterior.
Crânios em perfil. Vista lateral direita.



Fonte: adaptado de Hefner (2009)

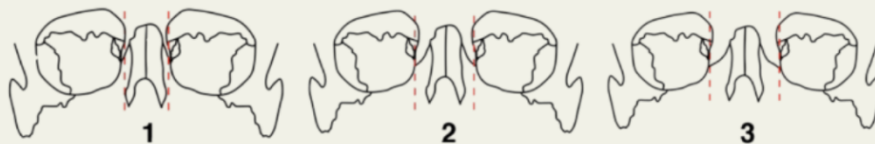
Quadro 1 – Descrição e classificação dos estágios da espinha nasal anterior para a estimativa da origem biogeográfica.

	Estágio	Descrição	Classificação
1	Leve	Projeção mínima ou inexistente da ENA.	Africana
2	Intermediária	Projeção moderada da ENA.	Asiática
3	Acentuada	Projeção pronunciada da ENA.	Europeia

Segundo Gill (1998) e Hefner (2009), os indivíduos de origem biogeográfica africana apresentam a ENA no estágio 1, os de origem asiática no estágio 2 e os de origem europeia no estágio 3 (Quadro 1).

- **Largura Interorbital (LIO)** – é uma característica morfoscópica morfométrica que pode ser medida com um paquímetro (usando a medida definida de dácrio a dácrio) ou pode ser avaliada de forma não métrica (Hefner, 2009). O dácrio é um ponto craniométrico de referência localizado na margem medial da órbita marcado pela junção das suturas entre os ossos lacrimal, maxilar e frontal. Ele situa-se na interseção das suturas lacrimomaxilar, frontolacrimal e frontomaxilar. Frequentemente, há um pequeno forame nesse ponto (İşcan; Steyn, 2013). A LIO é avaliada em relação ao esqueleto facial e pode ser classificada como estreita (1), intermediária (2) ou larga (3) conforme Figura 2:

Figura 2 – Estágios para a avaliação morfológica da largura interorbital. Crânios em vista anterior.



Fonte: adaptado de Hefner (2009).

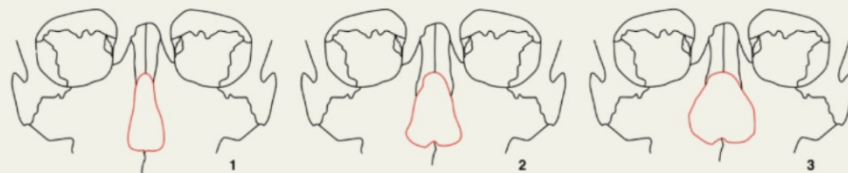
Quadro 2 – Descrição e classificação dos estágios da largura interorbital para a estimativa da origem biogeográfica.

Estágio	Descrição	Classificação	
1	Estreita	LIO estreita em relação à largura da face.	Europeia
2	Intermediária	LIO intermediária.	Asiática
3	Larga	LIO larga em relação à largura da face.	Africana

Segundo Gill (1998) e Hefner (2009), os indivíduos de origem biogeográfica europeia apresentam a LIO no estágio 1, os de origem asiática no estágio 2 e os de origem africana no estágio 3 (Quadro 2).

- **Largura da Abertura Piriforme (LAP)** – é a abertura óssea em forma de “pera”, localizada na parte anterior da face, que constitui a entrada da cavidade nasal. Essa região é limitada pelos ossos nasais superiormente. Lateralmente e inferiormente, essa abertura é limitada pelos ossos maxilares (İşcan; Steyn, 2013). A LAP é avaliada em relação ao esqueleto facial e pode ser classificada como estreita (1), intermediária (2) ou larga (3) conforme Figura 3:

Figura 3 – Estágios para a avaliação morfológica da largura da abertura piriforme. Crânios em vista anterior.



Fonte: adaptado de Hefner (2009).

Quadro 3 – Descrição e classificação dos estágios da largura da abertura piriforme para estimativa da origem biogeográfica.

Estágio		Descrição	Classificação
1	Estreita	LAP estreita em relação à largura da face.	Europeia
2	Intermediária	LAP intermediária.	Asiática
3	Larga	LAP larga em relação à largura da face.	Africana

Segundo Gill (1998), os indivíduos de origem biogeográfica europeia apresentam a LAP no estágio 1, os de origem asiática no estágio 2 e os de origem africana no estágio 3 (Quadro 3).

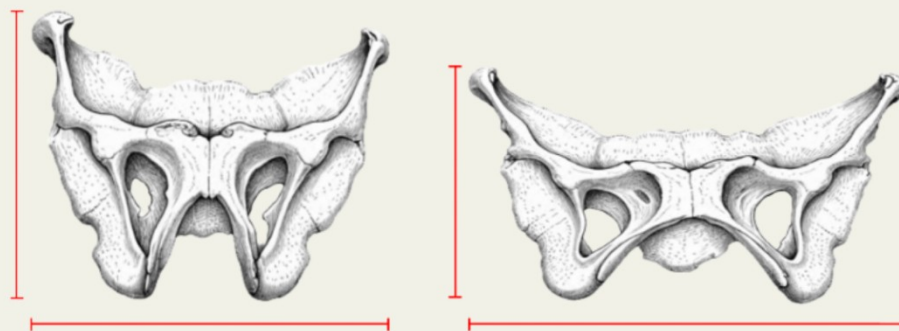
ANOTAÇÕES:

2ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DO SEXO

Para a análise da estimativa do sexo do indivíduo, devem ser analisadas três características morfológicas não métricas dos ossos do quadril (altura / largura da cintura pélvica, ângulo subpúbico e incisura isquiática maior). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- **Altura e Largura da Cintura Pélvica (ALCP)** – a relação entre a altura e a largura da cintura pélvica é bastante dimórfica na fase adulta (İşcan; Steyn, 2013). A ALCP pode ser avaliada em “alta e estreita” ou “baixa e larga” conforme Figura 4.

Figura 4 – Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita).
Vista anterior.



Fonte: Fagundes (2025).

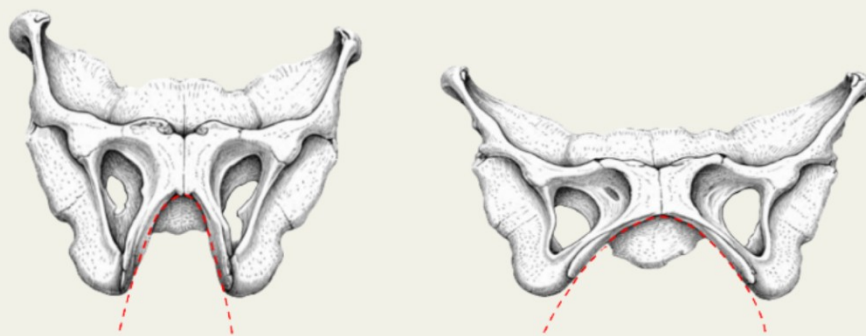
Quadro 4 – Descrição e classificação da relação altura / largura da cintura pélvica para a estimativa do sexo.

Característica	Classificação
Cintura pélvica alta e estreita.	Masculino
Cintura pélvica baixa e larga.	Feminino

Segundo İşcan e Steyn (2013), os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar a relação ALCP “alta e estreita”. Em contrapartida, os indivíduos do sexo feminino tendem a apresentar a relação ALCP “baixa e larga” (Quadro 4).

- **Ângulo Subpúbico (ASP)** – refere-se ao ângulo formado, inferiormente, pela articulação entre o púbis direito e o esquerdo. O ASP pode ser avaliado como “estreito em forma de V” ou como “amplo em forma de U” conforme Figura 5.

Figura 5 – Ângulo subpúbico representado pela linha tracejada. Cintura pélvica masculina (à esquerda) e feminina (à direita). Vista anterior.



Fonte: Fagundes (2025).

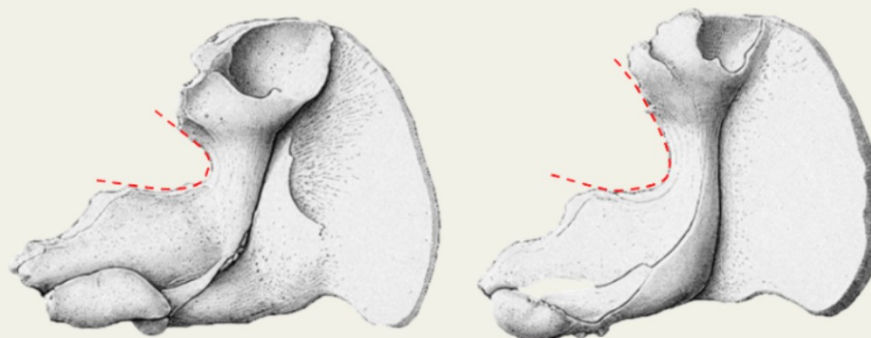
Quadro 5 – Descrição e classificação do ângulo subpúbico para a estimativa do sexo.

Característica	Classificação
ASP estreito em forma de “V” (< 70°).	Masculino
ASP amplo em forma de “U” (> 80°).	Feminino

Segundo Moore, Dalley e Agur (2024), os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar o ASP menor do que 70° (estreito), aproximando-se ao formato da letra “V”. Em contrapartida, os indivíduos do sexo feminino tendem a apresentar o ASP maior do que 80° (amplo), aproximando-se ao formato da letra “U” (Quadro 5).

- **Incisura Isquiática Maior (IIM)** – o termo incisura refere-se a um acidente ósseo descrito como um entalhe na margem de um osso. A IIM é a concavidade maior localizada superiormente à espinha isquiática e parcialmente formada pelo ílio (Moore; Dalley; Agur, 2024). A IIM pode ser avaliada em “estreita em forma de V” ou em “ampla em forma de U” conforme Figura 6.

Figura 6 – Incisura isquiática maior representada pela linha tracejada. Ossos do quadril esquerdos em vista anterior (masculino à esquerda e feminino à direita).



Fonte: Fagundes (2025).

Quadro 6 – Descrição e classificação da incisura isquiática maior para a estimativa do sexo.

Característica	Classificação
Ângulo estreito em forma de “V” (cerca de 70°).	Masculino
Ângulo amplo em forma de “U” (quase 90°).	Feminino

Segundo Moore, Dalley e Agur (2024), os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar a IIM com ângulo de cerca de 70°, aproximando-se ao formato da letra “V”. Em contrapartida, os indivíduos do sexo feminino tendem a apresentar a IIM com ângulo com quase 90°, aproximando-se ao formato da letra “U” (Quadro 6).

ANOTAÇÕES:

3ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA IDADE NA ÉPOCA DA MORTE

Para a análise da estimativa da idade na época da morte do indivíduo, devem ser analisadas duas características morfológicas não métricas, utilizando o crânio e a clavícula (sinostose da sincondrose esfeno-occipital e extremidade esternal da clavícula respectivamente). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- **Sinostose da Sincondrose Esfeno-Occipital (SSE)** – conforme Gabrielli e Vargas (2017), as sincondroses são articulações cartilagíneas formadas a partir de cartilagem hialina (apresenta aspecto rígido, esbranquiçado e brilhante). A sincondrose esfeno-occipital articula os ossos esfenoide e occipital (Figura 7). Com o passar do tempo, essa articulação tende a calcificar-se (processo conhecido como sinostose).

Figura 7 – Crânio em vista inferior. 1. Osso esfenoide. 2. Osso occipital.
3. Sincondrose esfeno-occipital.



Fonte: Fagundes (2025).

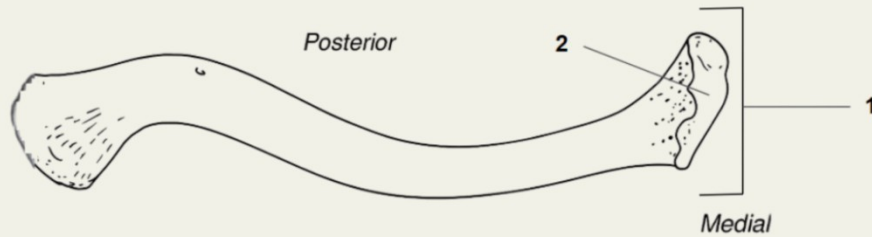
Quadro 7 – Descrição e classificação da sincondrose eseno-occipital para a estimativa da idade na época da morte.

Característica	Classificação
Sincondrose não calcificada (sinostose incompleta).	< 18 anos
Sincondrose parcialmente calcificada (sinostose quase completa).	18 – 25 anos
Sincondrose calcificada (sinostose completa).	> 25 anos

Conforme Cunningham, Scheuer e Black (2016), a SSE acontece entre 18 e 25 anos. Se o indivíduo apresentar a sincondrose eseno-occipital não calcificada (sinostose incompleta), considera-se que ele apresenta idade inferior a 25 anos. Por outro lado, se estiver calcificada (sinostose completa), considera-se idade superior a 25 anos (Quadro 7).

- **Extremidade Externa da Clavícula (EEC)** – conforme Moore, Dalley e Agur (2024), a EEC está localizada na porção medial desse osso, tem morfologia alargada e triangular e articula-se com o manúbrio do esterno (Figura 8).

Figura 8 – Clavícula direita em vista superior. 1. Extremidade externa da clavícula. 2. Face articular externa.



Fonte: Fagundes (2025).

Figura 9 – Face articular externa em vista anterior. 1. União epifisária incompleta. 2. União epifisária quase completa.



Fonte: Fagundes (2025).

Conforme Cunningham, Scheuer e Black (2016), a clavícula é classificada como um osso longo. No seu desenvolvimento, surgem centros de ossificação secundários nas extremidades (epífises). Com o passar do tempo, essas epífises fundem-se ao osso, encerrando o processo de crescimento (Figura 9). Esses centros de ossificação fundem-se completamente à clavícula a partir dos 30 anos (Quadro 8).

Quadro 8 – Descrição e classificação da união epifisária da extremidade esternal da clavícula para a estimativa da idade na época da morte.

Característica	Classificação
Fusão epifisária incompleta	< 18 anos
Fusão epifisária parcialmente completa	18 – 29 anos
Fusão epifisária completa	≥ 30 anos

ANOTAÇÕES:

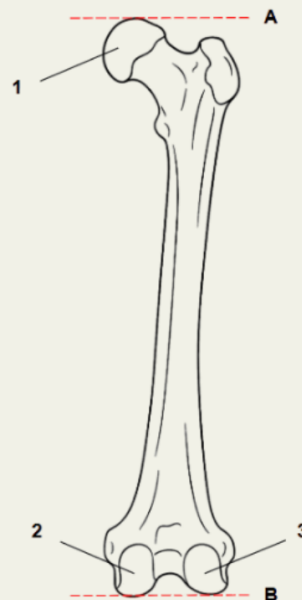
4ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA ESTATURA



Para a análise da estimativa da estatura do indivíduo, deve ser analisada morfometricamente uma característica do fêmur (comprimento fisiológico do fêmur). Na bancada desta estação, deve conter o material com a descrição das estruturas bem como as imagens de referência. Foi elencada a proposta abaixo com as seguintes instruções:

- **Comprimento Fisiológico do Fêmur (CFF)** – conforme De Mendonça (2000), o CFF é medido do ponto mais proximal da cabeça do fêmur até uma linha que passa pelos pontos mais distais de ambos os côndilos medial e lateral (Figura 10).

Figura 10 – Comprimento fisiológico do fêmur representado pela distância entre os pontos A e B. Fêmur direito em vista posterior. 1. Cabeça do fêmur. 2. Côndilo medial. 3. Côndilo lateral.



Fonte: Fagundes (2025).

Segundo De Mendonça (2000), para realizar a medição do CFF, o osso é colocado sobre a mesa com a sua face anterior voltada para baixo, ou seja, com a face posterior voltada para o observador. A medição da distância entre os pontos A e B deve ser feita em milímetros (mm). A medida encontrada deve ser aplicada na seguinte equação:



SE MASCULINO:

$$\text{ESTATURA} = [(0,2663 * \text{CFF}) + 47,18] \pm 6,90$$

SE FEMININO:

$$\text{ESTATURA} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

O RESULTADO OBTIDO ESTARÁ EM CENTÍMETROS (CM) E COMPREENDERÁ UM DETERMINADO INTERVALO. POR EXEMPLO, APÓS REALIZAR A ESTIMATIVA DO SEXO, SE O INDIVÍDUO FOR DO SEXO FEMININO E O CFF FOR IGUAL A 450 MM, DEVE SER USADA A SEGUNDA EQUAÇÃO.

SENDO ASSIM:

$$\text{ESTATURA} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{ESTATURA} = [(0,2428 * 450) + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{ESTATURA} = [109,26 + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{ESTATURA} = 164,89 \pm 5,92$$

$$\text{INTERVALO} = [158,97 \text{ A } 170,81 \text{ CM}]$$

LOGO, A ESTIMATIVA DA ESTATURA DO INDIVÍDUO COMPREENDE UM INTERVALO ENTRE 1,59 E 1,71 M.

Após a quarta aula, deve ser requerido aos discentes que analisem o perfil biológico obtido e apresentem o resultado. Como tarefa para casa, deve ser pedido que respondam às seguintes questões para realizar a discussão na próxima aula:

- 1 - O QUE O OSSO QUE ESTÁ MORTO, MAS JÁ TEVE VIDA, PODE NOS CONTAR?
- 2 - A ANÁLISE DO PERFIL BIOLÓGICO, POR SI SÓ, É SUFICIENTE PARA IDENTIFICAR UM INDIVÍDUO? JUSTIFIQUE.
- 3 - DE QUE MANEIRA A ANÁLISE DO PERFIL BIOLÓGICO AUXILIA NA INVESTIGAÇÃO CRIMINAL?
- 4 - QUE OUTRAS METODOLOGIAS / ABORDAGENS DEVEM SER UTILIZADAS PARA SE CHEGAR A UMA IDENTIFICAÇÃO HUMANA POSITIVA?
- 5 - DE QUE MANEIRA ESSA PRÁTICA PEDAGÓGICA CONTRIBUIU PARA O SEU CONHECIMENTO?
- 6 - VOCÊ CONSIDERA IMPORTANTE APLICAR A INVESTIGAÇÃO CRIMINAL NO ENSINO DAS DISCIPLINAS ESCOLARES? JUSTIFIQUE.

AULA 5

CASE CLOSED

A quinta aula deve ser disponibilizada para discutir, em grupo, as atividades elaboradas durante a simulação realizada da APB a fim de compreender a importância do estudo do sistema esquelético e sua relação com a antropologia forense. Deverão ser debatidas as questões propostas da aula anterior. Deverá ser promovida uma reflexão sobre os aspectos éticos e legais relacionados a esse tipo de investigação criminal. Nessa aula, os discentes revisitarão as hipóteses levantadas previamente e verificarão se elas estavam certas ou não.

GUIA DO ESTUDANTE



CSI NA ESCOLA

ANTROPOLOGIA FORENSE

ESTUDANTE: _____ TURMA: _____ DATA: _____



AVALIAÇÃO DO PERFIL BIOLÓGICO

1ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA ORIGEM BIOGEOGRÁFICA

Característica	Estágio	Classificação
Espinha Nasal Anterior		
Largura Interorbital		
Largura da Abertura Piriforme		

Resultado: _____

2ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DO SEXO

Característica	Descrição	Classificação
Altura e Largura da Cintura Pélvica		
Ângulo Subpúbico		
Incisura Isquiática Maior		

Resultado: _____

3ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA IDADE NA ÉPOCA DA MORTE

Característica	Descrição	Classificação
Sinostose da Sincondrose Esfeno-Occipital		
Extremidade Eterna da Clavícula		

Resultado: _____

4ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA ESTATURA

Característica	Medida
Comprimento Fisiológico do Fêmur	

SE MASCULINO:

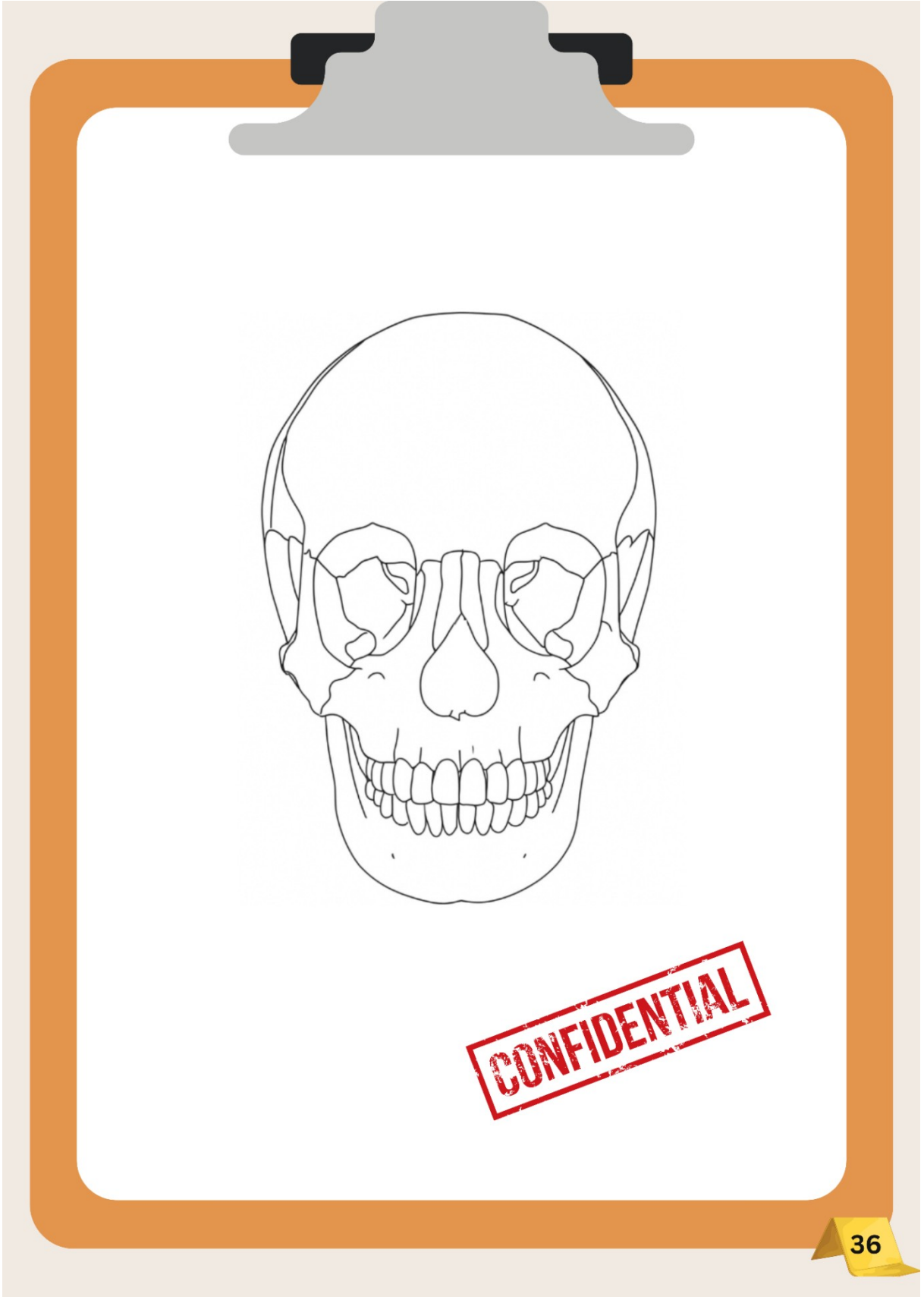
$$\text{ESTATURA} = [(0,2663 * \text{CFF}) + 47,18] \pm 6,90$$

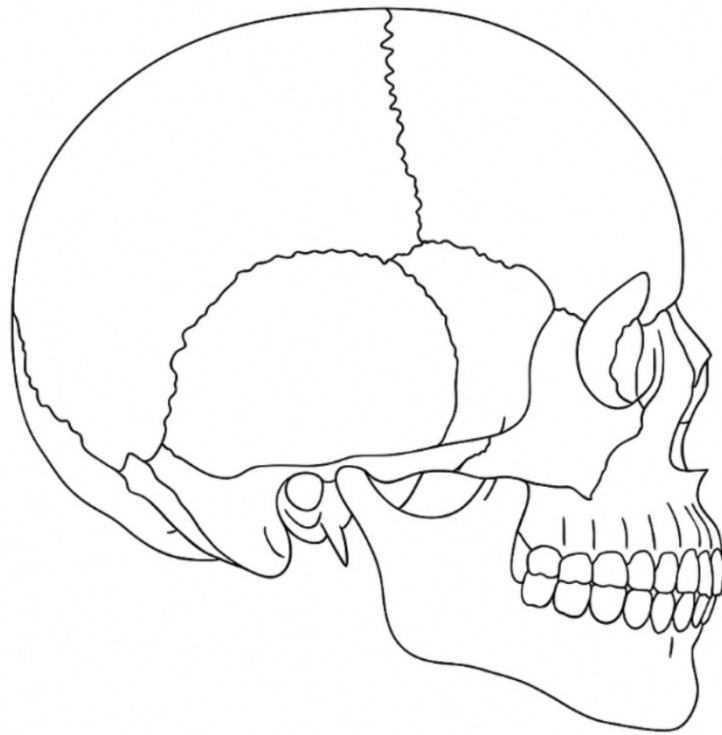
SE FEMININO:

$$\text{ESTATURA} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

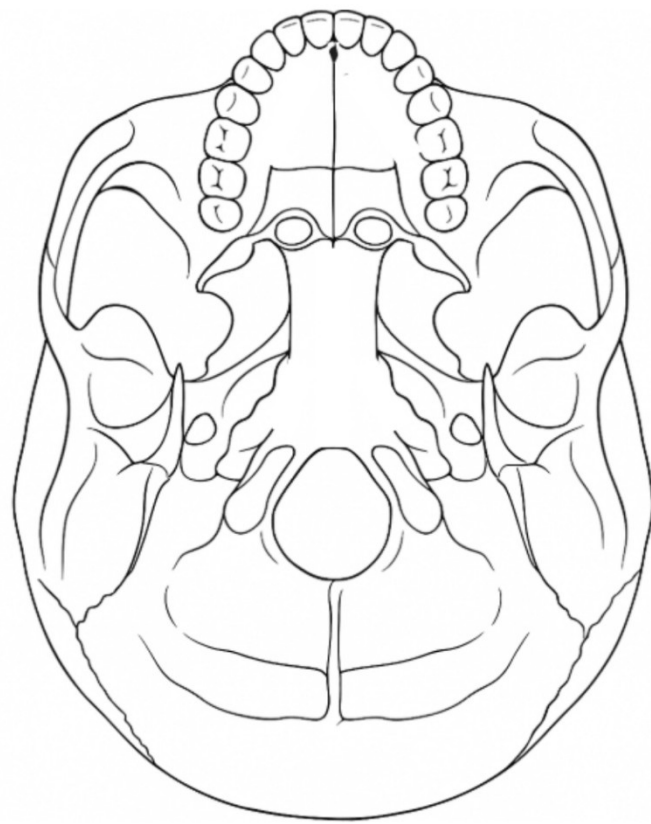
Resultado: _____

CONCLUSÃO

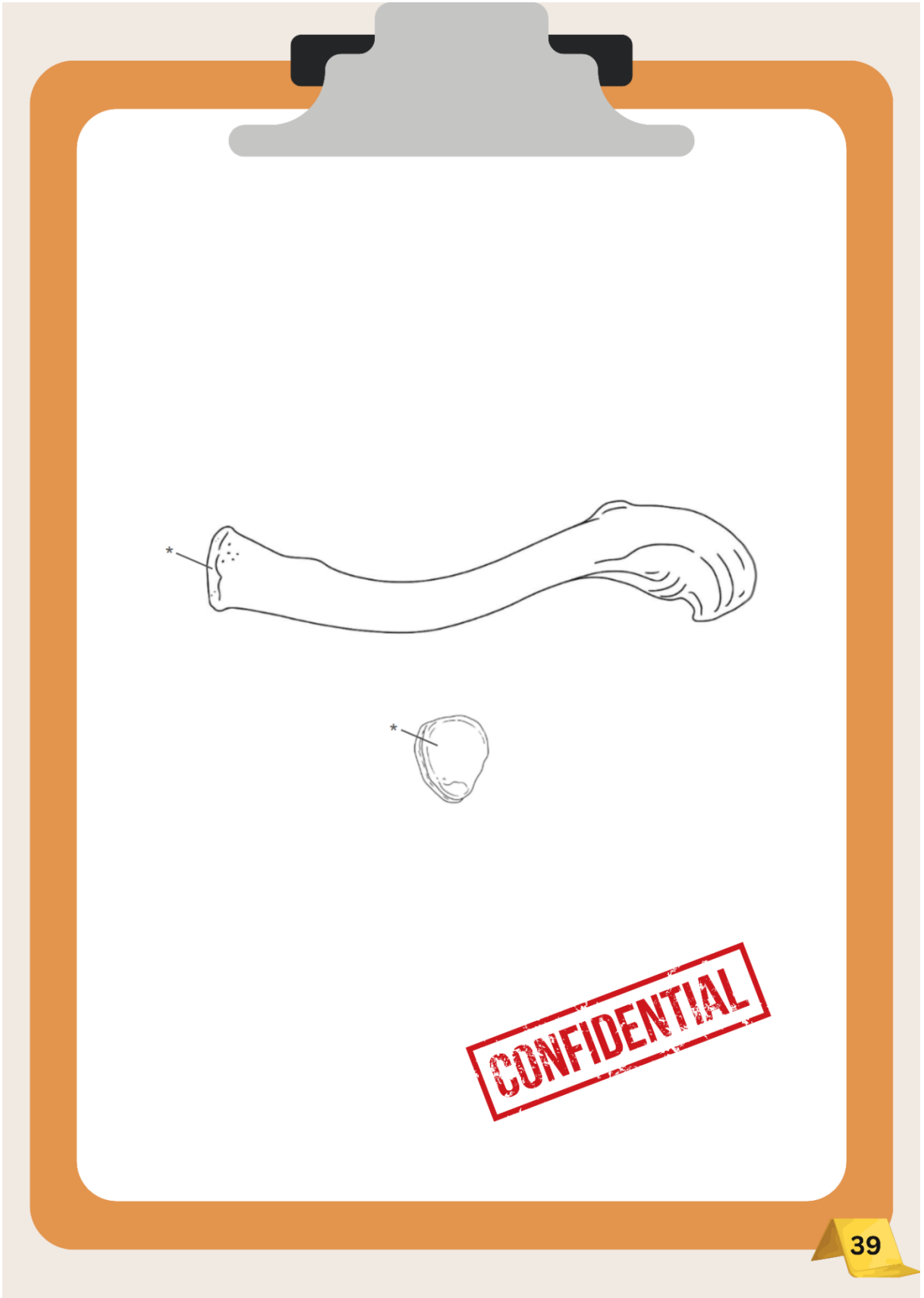


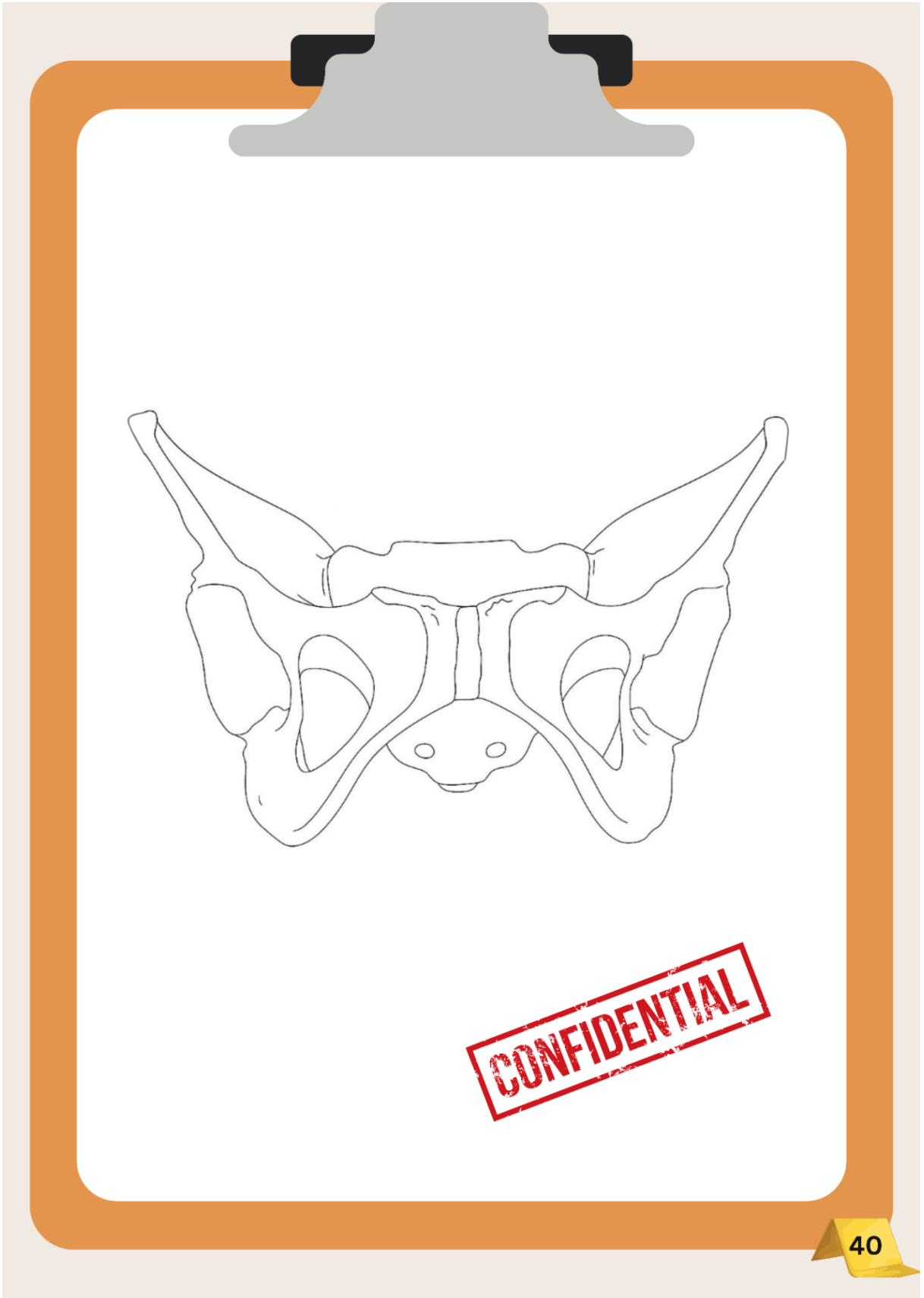


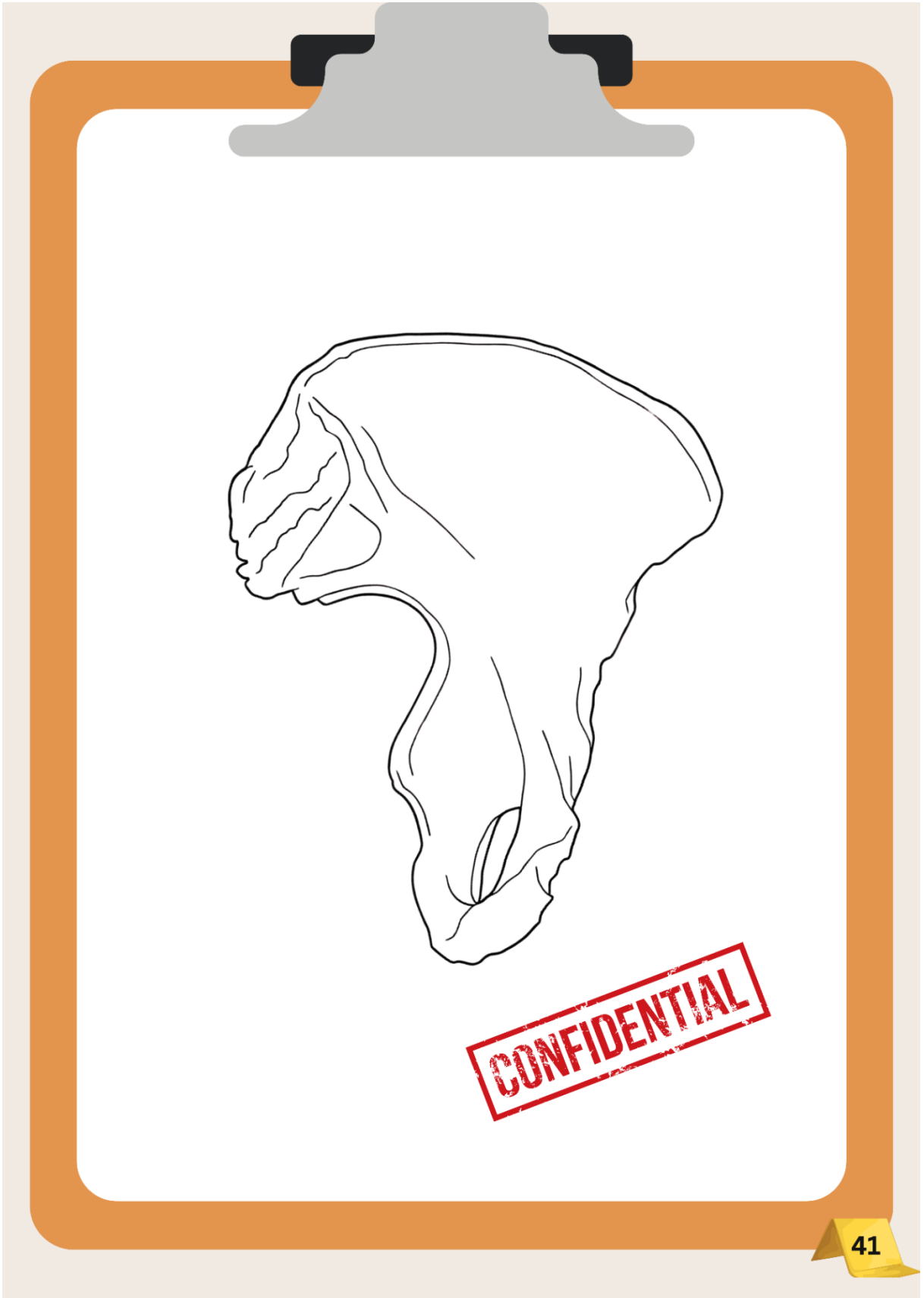
CONFIDENTIAL

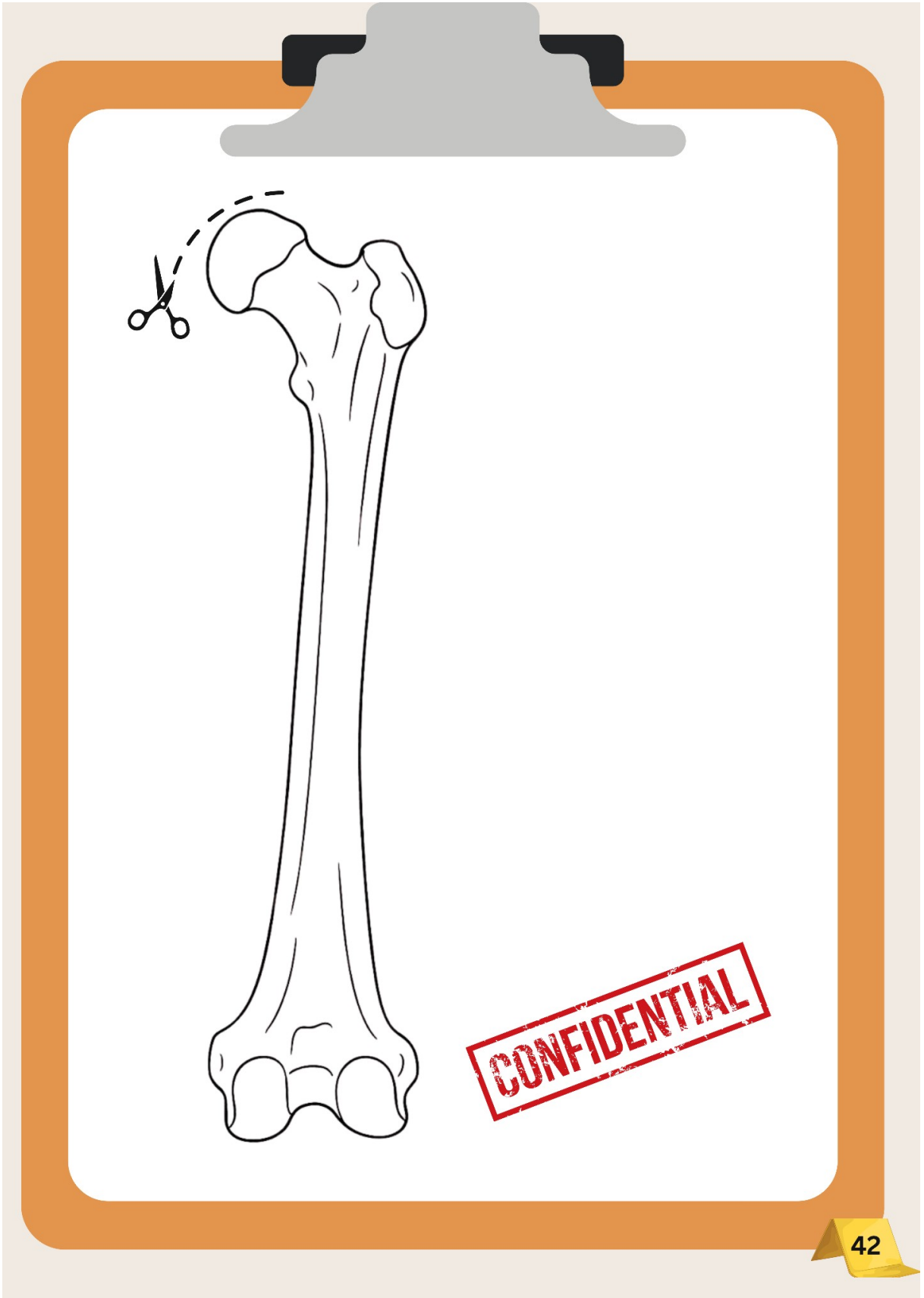


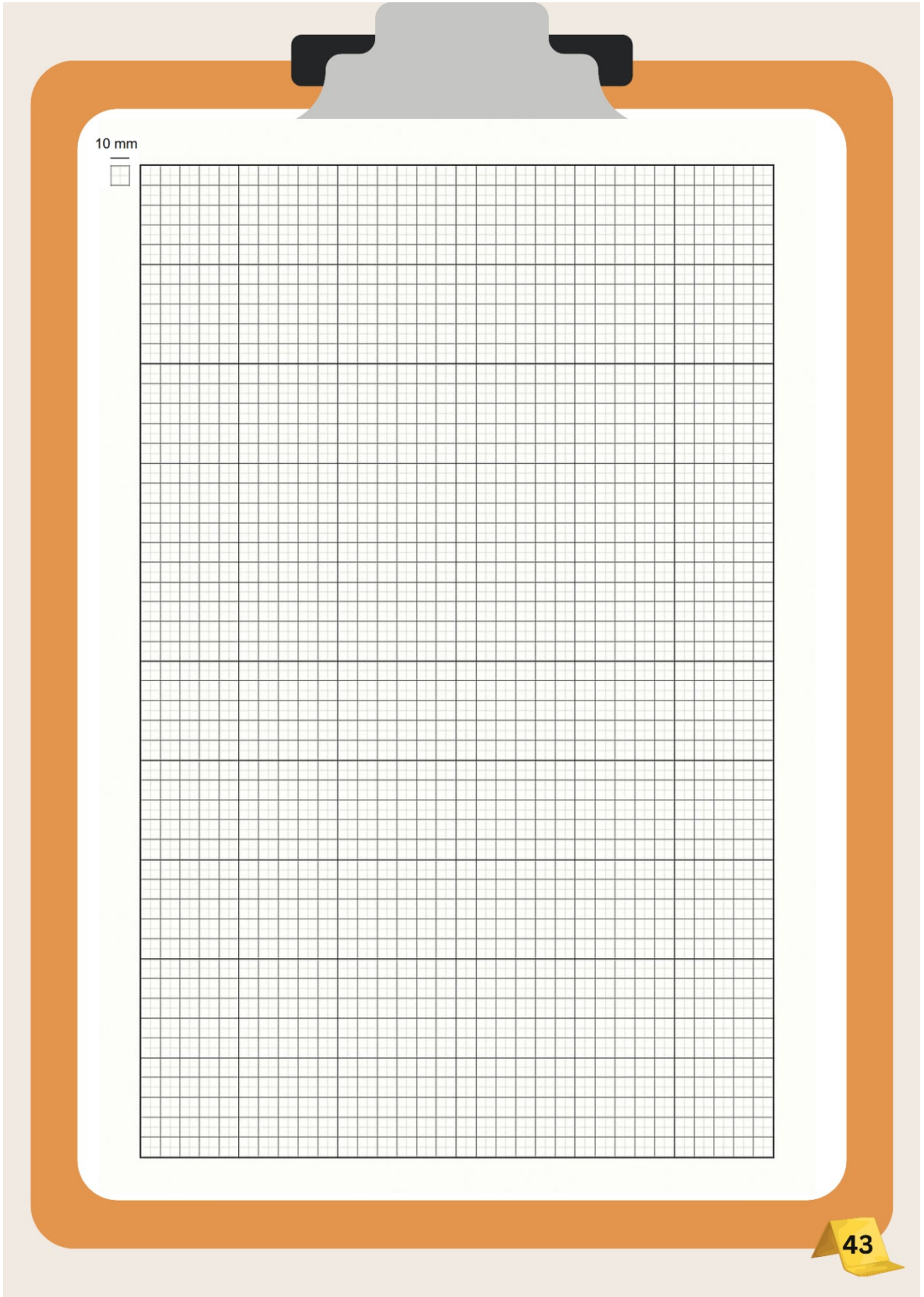
CONFIDENTIAL











10 mm



43

GABARITO COMENTADO



CSI NA ESCOLA

ANTROPOLOGIA FORENSE

ESTUDANTE: _____ TURMA: _____ DATA: _____



AVALIAÇÃO DO PERFIL BIOLÓGICO

1ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA ORIGEM BIOGEOGRÁFICA

Característica	Estágio	Classificação
Espinha Nasal Anterior	1 (leve) / 2 (intermediária)	Africano / Asiático
Largura Interorbital	3 (larga)	Africano
Largura da Abertura Piriforme	3 (larga)	Africano

Resultado: Africano.

Obs. 1: O indivíduo em questão apresenta uma ENA que pode ser classificada entre 1 e 2 (projeção mínima ou moderada respectivamente). Todavia, mesmo que o aluno classifique essa característica como "2", a LIO e a LAP mantêm o resultado indicado no gabarito.

2ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DO SEXO

Característica	Descrição	Classificação
Altura e Largura da Cintura Pélvica	Baixa e larga	Feminino
Ângulo Subpúbico	Amplo em forma de "U"	Feminino
Incisura Isquiática Maior	Amplo em forma de "U"	Feminino

Resultado: Feminino.

Obs. 2: A classificação da IIM pode gerar dúvidas nos alunos. Todavia, mesmo que o aluno classifique essa característica como "masculino", a ALCP e o ASP mantêm o resultado indicado no gabarito.

3ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA IDADE NA ÉPOCA DA MORTE

Característica	Descrição	Classificação
Sinostose da Sincondrose Esfeno-Occipital	Sinostose completa	> 25 anos
Extremidade Externa da Clavícula	Fusão epifisária parcialmente completa	18 – 29 anos

Resultado: Entre 25 e 29 anos.

Obs. 3: Com base na análise da SSE, a estimativa da idade na época da morte resultou em "a partir de 25 anos". Embora a classificação da EEC tenha indicado 18 anos como ponto de partida, a SSE estabeleceu o limite mínimo do intervalo etário a ser considerado.

4ª ESTAÇÃO: ESTIMATIVA DA ESTATURA

Característica	Medida
Comprimento Fisiológico do Fêmur	470 mm

SE MASCULINO:

$$\text{ESTATURA} = [(0,2663 * \text{CFF}) + 47,18] \pm 6,90$$

SE FEMININO:

$$\text{ESTATURA} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

Obs. 4: Como a estimativa do sexo realizada previamente resultou num indivíduo do sexo feminino, utilizaremos a seguinte equação:

$$\text{Estatura} = [(0,2428 * \text{CFF}) + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{Estatura} = [(0,2428 * 470) + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{Estatura} = [114,116 + 55,63] \pm 5,92$$

$$\text{Estatura} = 169,746 \pm 5,92$$

$$\text{Intervalo} = [163,826 \text{ a } 175,666 \text{ cm}]$$

Resultado: Entre 1,64 e 1,76 m.

Obs. 5: Cabe ressaltar que em situações em que mais de uma característica apresente classificação duvidosa, é possível que o discente conclua pela categoria "indeterminada". Essa resposta pode ser considerada aceitável desde que o estudante justifique adequadamente e demonstre coerência no processo de análise. O objetivo da atividade não é apenas chegar ao resultado previsto do gabarito, mas exercitar a interpretação crítica daquilo que foi observado.

CONCLUSÃO

Logo, o perfil biológico avaliado resultou num indivíduo adulto de origem biogeográfica africana, do sexo feminino, com idade na época da morte entre 25 e 29 anos e estatura entre 1,64 e 1,76 m.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CUNHA, E. Devolvendo a identidade: a antropologia forense no Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 30-34, 2019.

CUNNINGHAM, C.; SCHEUER, L.; BLACK, S. **Developmental juvenile osteology**. 2. ed. London: Academic Press, 2016.

DE MENDONÇA, M. C. Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 112, n. 1, p. 39-48, 2000.

FAGUNDES, L. L. **CSI na escola: a antropologia forense como ferramenta para o estudo do esqueleto humano no ensino médio**. 2025. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2025.

GABRIELLI, C.; VARGAS, J. C. **Anatomia sistêmica: uma abordagem direta para o estudante**. 4. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

GILL, G. Craniofacial criteria in the skeletal attribution of race. In: REICHS, K. (Ed.). **Forensic osteology**. Springfield: Charles C. Thomas, 1998. p. 293-317.

HEFNER, J. T. Cranial nonmetric variation and estimating ancestry. **Journal of Forensic Sciences**, v. 54, n. 5, p. 985-995, 2009.

İŞCAN, M. Y.; STEYN, M. **The human skeleton in forensic medicine**. 3 ed. Springfield: Charles C. Thomas, 2013.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Moore anatomia orientada para a clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2024.

NETTER, F. H. **Atlas De Anatomia Humana**. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; DE JONG, T.; VAN RIESEN, S. A. N.; KAMP, E. T.; MANOLI, C. C.; ZACHARIA, Z. C.; TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, 2015.

SASSERON, L. H. O Ensino por investigação: pressupostos e práticas. In: _____. **Fundamentos Teórico-Metodológico para o Ensino de Ciências: a sala de aula**. São Paulo: Edusp, 2018. p. 45-60.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica: Terminologia Anatômica Internacional**. São Paulo: Manole, 2001.

Sobre os Autores



Leoni Laurício Fagundes

Biólogo pela UFSC com dupla titulação pela Universidade de Coimbra (UC), Portugal (2014), pós-graduado em Antropologia Forense pela UC (2013), especialista em Ensino de Ciências pelo IFSC (2016), especialista em Dissecção Anatómica pela Universidade do Porto, Portugal (2019) e mestrando em Ensino de Biologia (PROFBIO) pela UFSC. Professor de Ciências e de Biologia na rede pública do estado de SC desde 2010. Desenvolve pesquisas na área de Antropologia Forense com ênfase em variações anatómicas e seu contributo para a identificação humana.



Carlos José de Carvalho Pinto

Biólogo pela UFSC (1990), mestre em Parasitologia pela UFMG (1997), doutor em Biologia Parasitária pela FIOCRUZ (2001), pós-doutorado no Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement, França (2004). Professor do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia do Centro de Ciências Biológicas da UFSC desde 1994. Realiza pesquisas e orienta alunos de graduação e de pós-graduação sobre insetos de interesse médico e forense.

CONTATO



leoni.fagundes@gmail.com

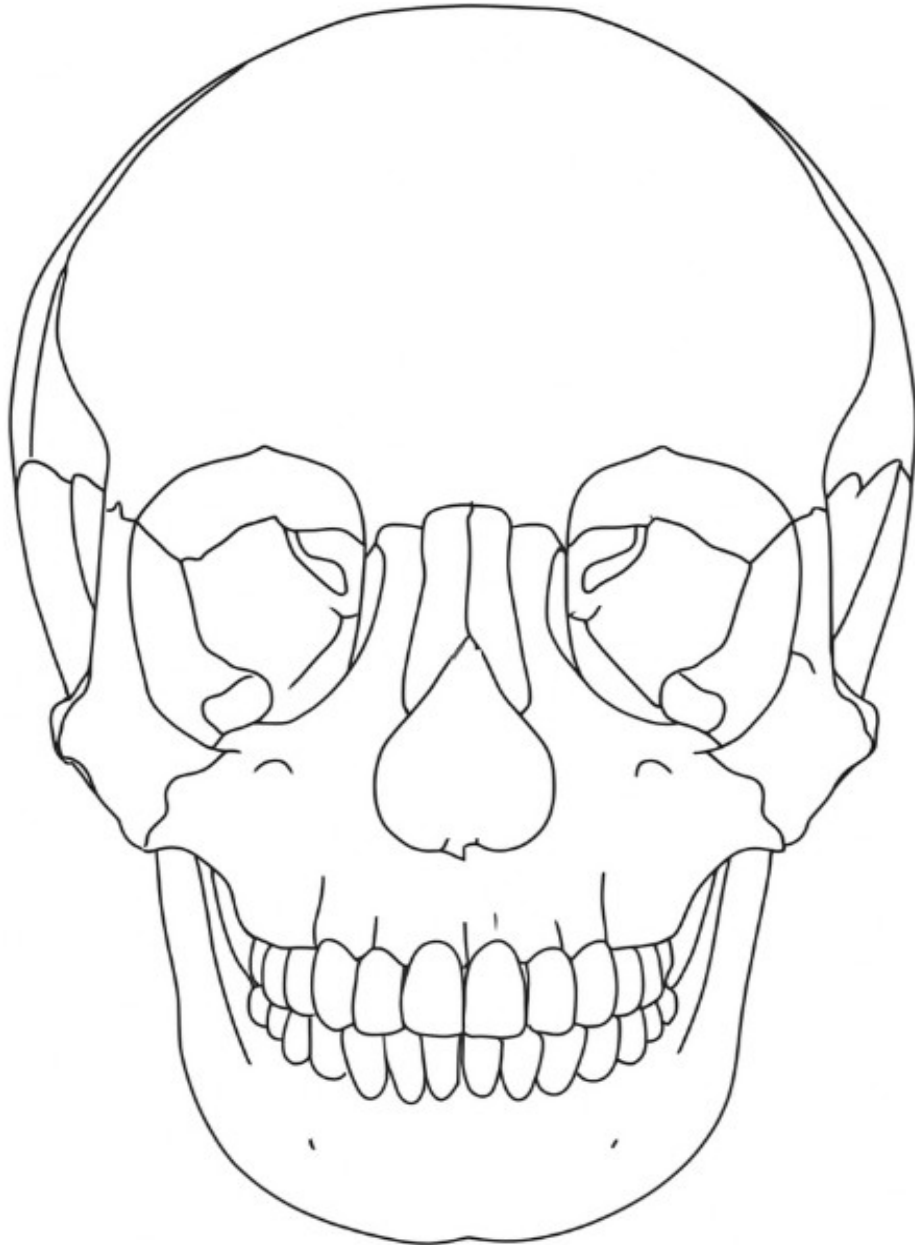


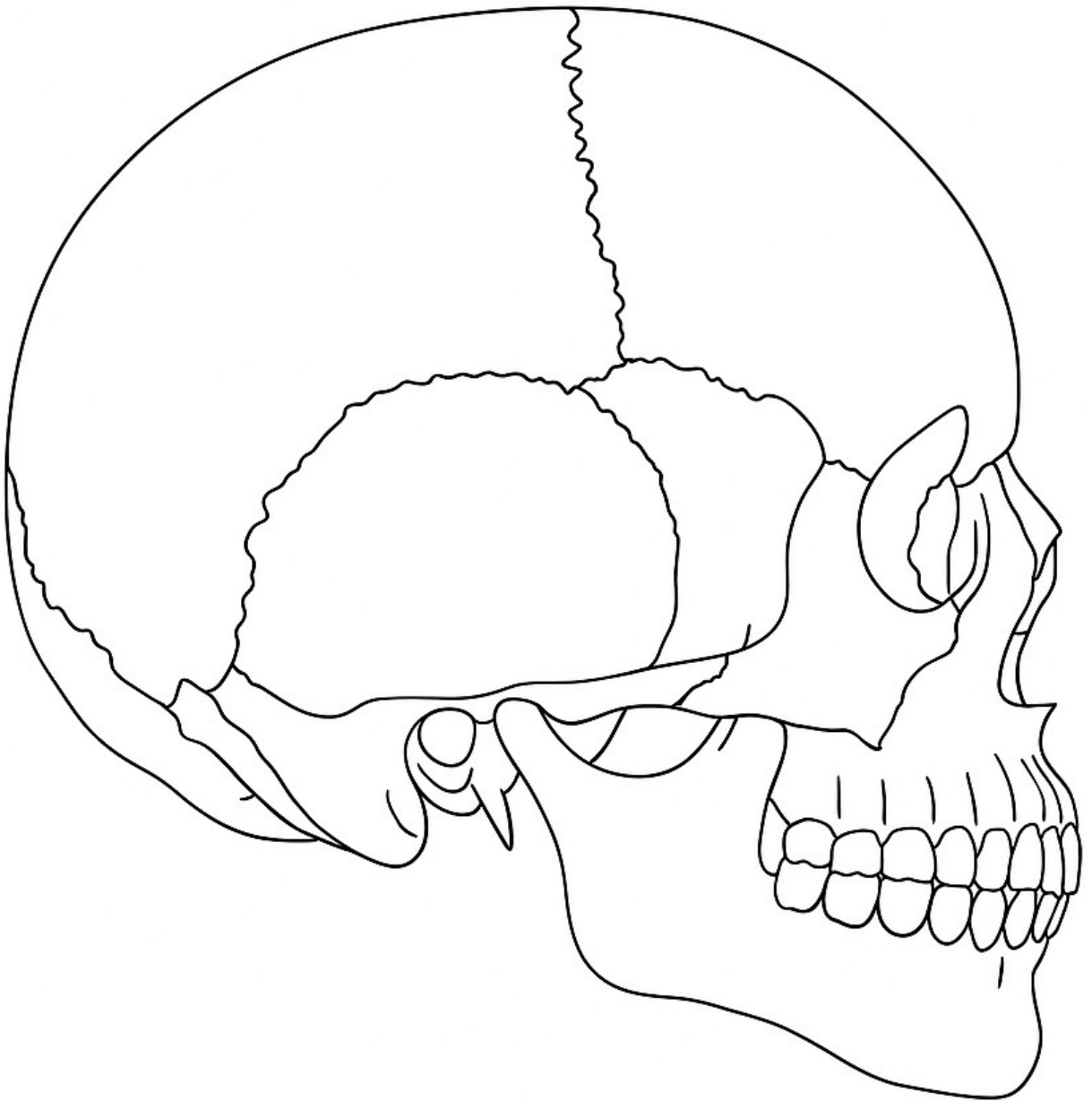
bit.ly/3VNEqkH

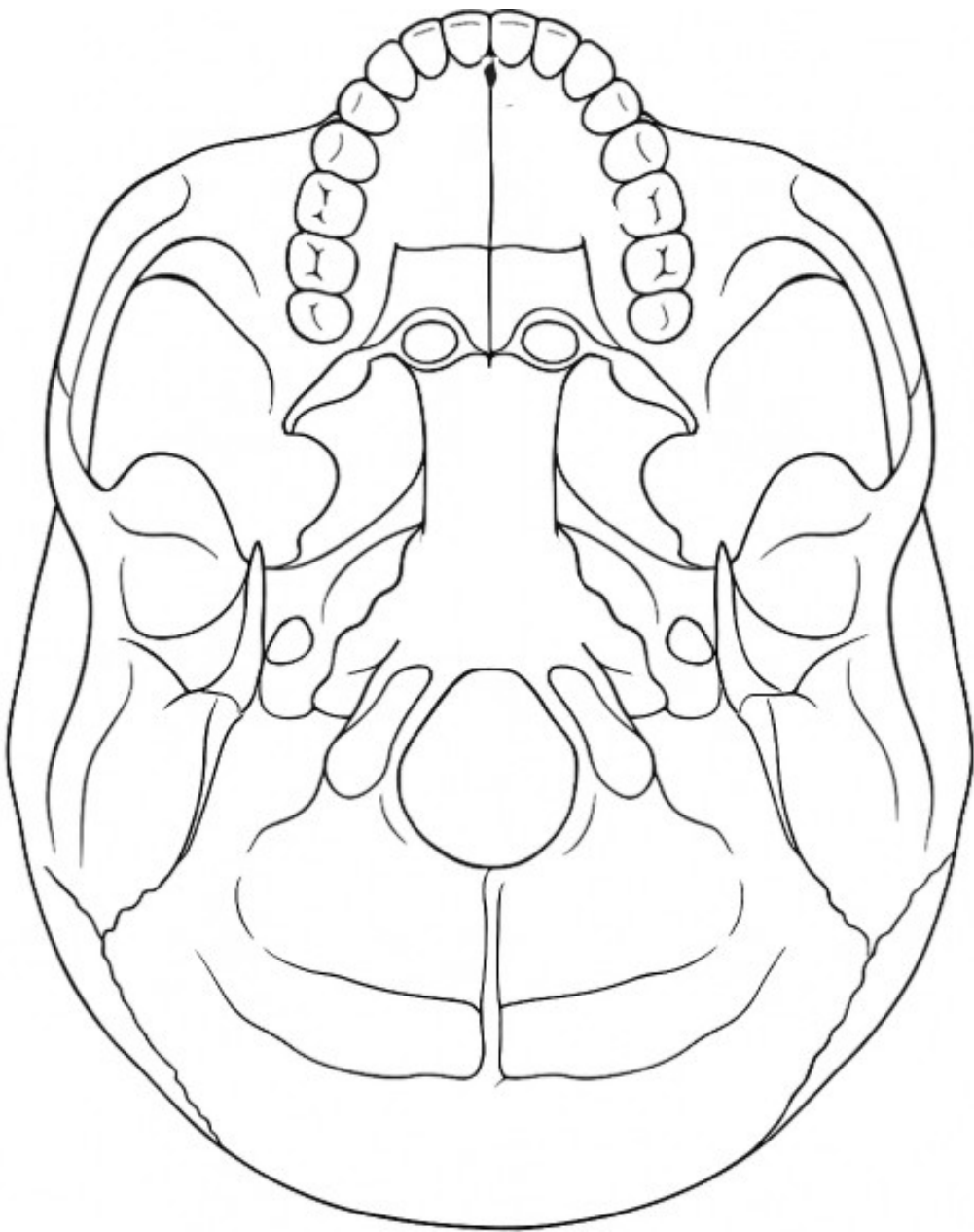


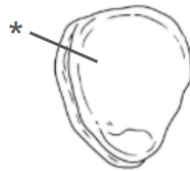
PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

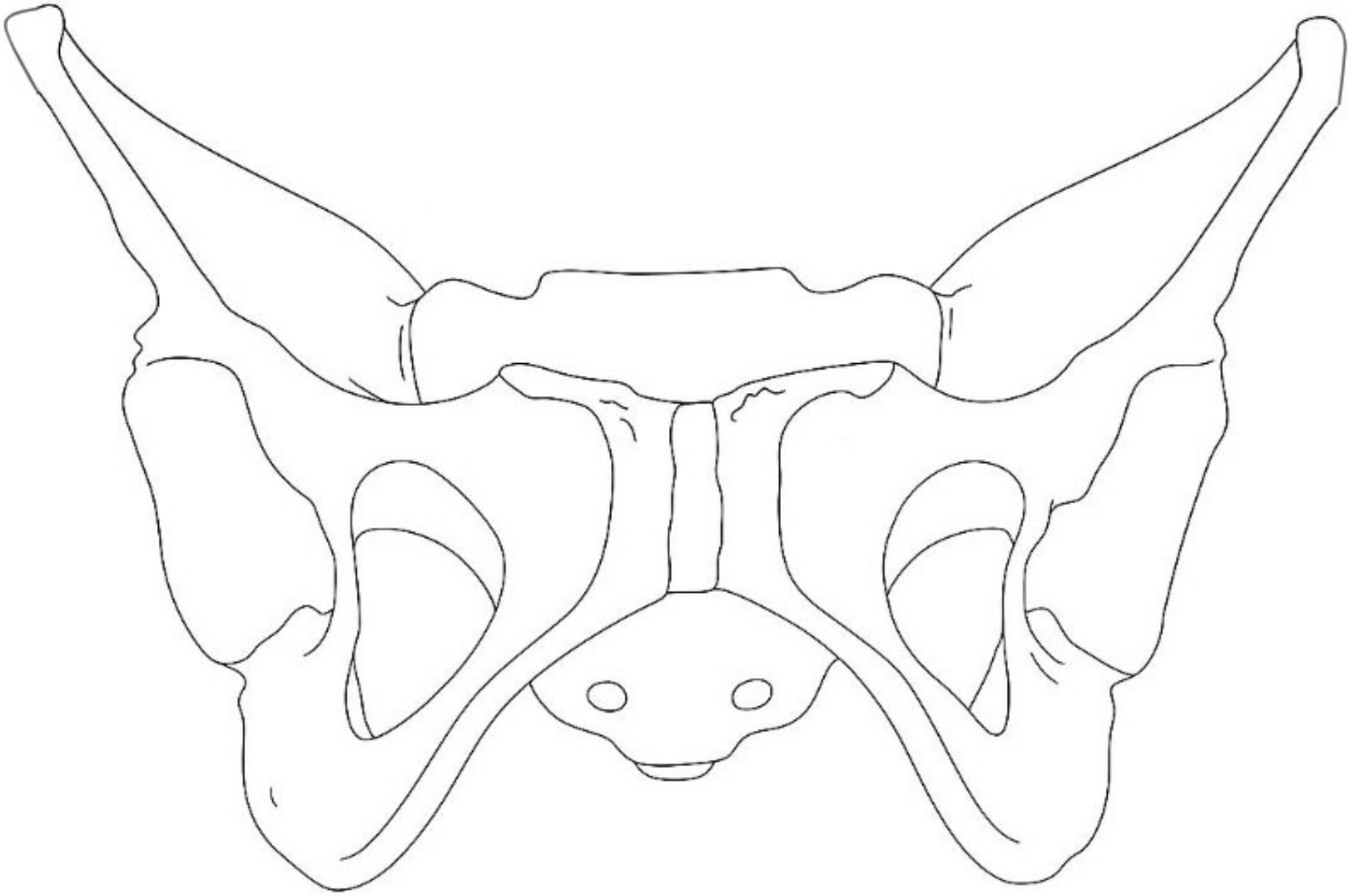


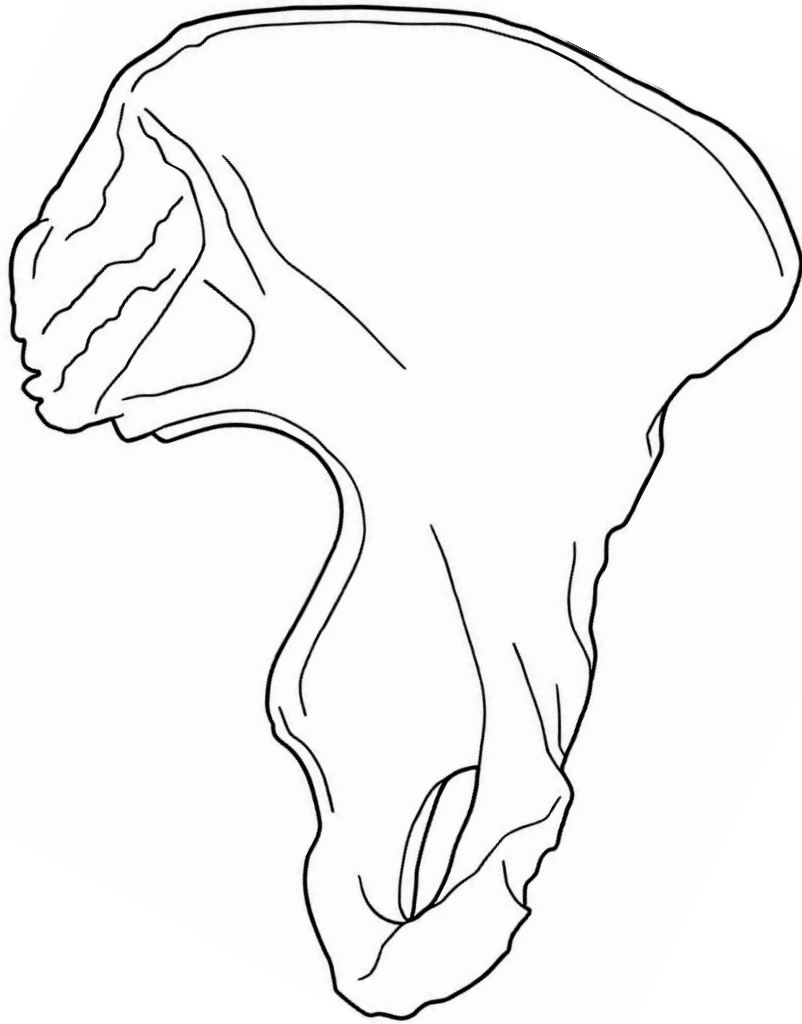
APÊNDICE B – CONJUNTO DE ITENS PARA A QUARTA AULA

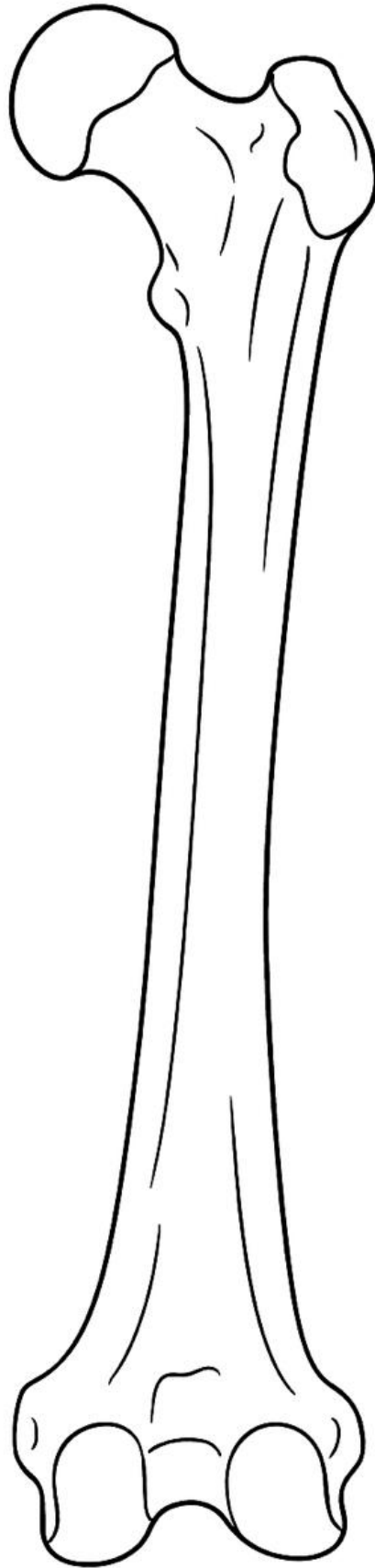












10 mm

