

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO GOMES DA SILVA

DESCOBRINDO A VIDA EM FORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DE  
EMBRIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UM GUIA MANGÁ

CURITIBA  
2025

LEANDRO GOMES DA SILVA

DESCOBRINDO A VIDA EM FORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DE  
EMBRIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UM GUIA MANGÁ

Dissertação de mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Prof. Dr. Francisco Filipak Neto

CURITIBA  
2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Silva, Leandro Gomes da.

Descobrimo a vida em formação: uma abordagem didática de Embriologia para o Ensino Médio a partir de um guia Mangá. / Leandro Gomes da Silva. – Curitiba, 2025.  
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.  
Orientador: Prof. Dr. Francisco Filipak Neto.

1. Biologia do desenvolvimento. 2. Embriologia - Estudo e ensino. 3. Material didático. 4. Biologia - Metodologia. 5. Histórias em quadrinhos. I. Filipak Neto, Francisco, 1981-. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional. III. Título.

Bibliotecária: Rosilei Vilas Boas CRB-9/939



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE  
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **LEANDRO GOMES DA SILVA**, intitulada: **DESCOBRINDO A VIDA EM FORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DE EMBRIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UM GUIA MANGÁ**, sob orientação do Prof. Dr. FRANCISCO FILIPAK NETO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Junho de 2025.

Assinatura Eletrônica

30/06/2025 08:40:34.0

FRANCISCO FILIPAK NETO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

30/06/2025 09:37:16.0

FLÁVIA SANT'ANNA RIOS

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

30/06/2025 10:14:08.0

DANIEL BUSSOLARO

Avaliador Externo (IFPR)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE  
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

### Relato do Mestrando - Turma 2023

Instituição: Universidade Federal do Paraná - UFPR

Mestrando: Leandro Gomes da Silva

Título da dissertação: Descobrimo a vida em formação: uma abordagem didática de embriologia para o ensino médio a partir de um guia mangá

Data da defesa: 27/06/2025

Sou professor de Biologia há 12 anos e, ao longo dessa caminhada, nunca deixei de ser, antes de tudo, um aprendiz. Minha paixão pela ciência sempre foi o motor que impulsionou minha carreira, mas foi a sala de aula que me ensinou o verdadeiro significado do conhecimento: ele não existe isolado em livros ou artigos, mas sim na forma como o tornamos vivo para nossos alunos.

Desde o início, percebi que o aprendizado não pode ser uma experiência passiva. Precisamos provocar a curiosidade, transformar conteúdos abstratos em algo próximo, tangível. Foi assim que encontrei na arte, especialmente na pop arte oriental—mangás e animes—um poderoso aliado. Sempre fui fascinado pela forma como essas mídias contam histórias, constroem mundos e nos fazem refletir sobre questões profundas, muitas vezes ligadas à ciência e à natureza. Então, por que não trazer esse universo para a sala de aula? E foi no Mestrado Profissional do ProfBio, na UFPR, onde tive a oportunidade de unir o entusiasmo ao ensinar Biologia com a paixão pela cultura oriental.

Minha jornada também me levou a explorar metodologias ativas, como jogos didáticos, role-playing games e simulações online. Com essas ferramentas, vi alunos que antes se sentiam desconectados da ciência se tornarem protagonistas do próprio aprendizado. Ensinar genética com base em investigações, explorar a ecologia por meio de desafios gamificados ou discutir bioética através de narrativas interativas são estratégias que tornam a biologia algo mais do que um

conjunto de conceitos a serem memorizados: tornam-na uma experiência.

Por fim, considero que ser professor é um eterno experimento, um ciclo constante de aprendizado, teste e inovação. Minha paixão pela ciência e pela arte se entrelaça nesse processo, e cada dia na sala de aula é uma nova página dessa história. Afinal, ensinar biologia é também ensinar a ver o mundo com curiosidade e encantamento—algo que tanto a ciência quanto a arte nos proporciona.

## **AGRADECIMENTOS**

A meu companheiro, Sergio Lisboa, por seu apoio e compreensão.

A meus amigos e familiares, que me apoiaram em mais essa jornada, em especial aos amigos e amigas do ProfBio UFPR 2023: Francieli, Adrielly, Isadora, Nilton e Ionara.

Aos professores e professoras do mesmo programa, com os quais adquiri conhecimentos e vivências enriquecedoras para a minha formação e prática docente.

À comunidade do IFPR câmpus Jaguariaíva, professores, alunos, funcionários, pela amizade, compreensão, inspiração e incentivo.

Ao meu orientador prof. Dr. Francisco Filipak Neto, pelas correções, incentivos e paciência.

À CAPES, o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.

## RESUMO

Os conceitos de Embriologia são reconhecidamente desafiadores, especialmente para alunos do Ensino Médio e até mesmo para licenciandos e professores. A complexidade intrínseca a essa área das Ciências Biológicas, muitas vezes, dificulta a apropriação conceitual, além de desmotivar estudantes diante de conteúdos demasiadamente densos. Nesse contexto, estratégias didáticas diversificadas são fundamentais para apoiar professores e alunos na construção de uma aprendizagem significativa em relação ao tema. Nesse sentido, o presente trabalho buscou desenvolver uma abordagem inovadora para o ensino de Embriologia no Ensino Médio, utilizando recursos didáticos diferenciados, com destaque para o uso e a criação de histórias em quadrinhos no estilo mangá. A metodologia foi baseada na elaboração de um guia educativo pelo autor, que aborda os principais conceitos de Embriologia através de narrativas visuais. Além disso, foi desenvolvida uma sequência didática investigativa incluindo atividades como a elaboração de roteiros temáticos e ilustrações no estilo mangá, permitindo que os estudantes expressem sua compreensão dos conceitos de forma criativa e dinâmica. Espera-se que essa abordagem contribua para o engajamento dos alunos, despertando interesse por meio da estética e narrativa envolvente do mangá, além de promover uma compreensão mais profunda e estruturada dos processos embriológicos. Assim, esse trabalho visa não apenas transformar a maneira como a Embriologia é ensinada, mas também servir de inspiração para a adoção de metodologias inovadoras em outras áreas do ensino de Biologia.

**Palavras-chave:** biologia do desenvolvimento; metodologia investigativa; narrativa visual; sequência didática.

## **ABSTRACT**

Embryology concepts are known to be challenging, specially for high school students and even undergraduate students and teachers. The intrinsic complexity of this brand of biological sciences often makes conceptual appropriation difficult in addition to demotivating students when faced with overly dense content. In this context, diverse teaching strategies are essential to support teachers and students in building meaningful learning in relation to the topic. In this sense, the present work sought to develop an innovative approach to teaching Embryology in high school, using different teaching resources, with emphasis on the use and creation of manga-style comic books. The methodology was based on the creation of an educational guide by the author, which addresses the main concepts of Embryology through visual narratives. Furthermore, an investigative teaching sequence was created including activities such as the creation of thematic scripts and manga-style illustrations, allowing students to express their understanding of concepts in a creative and dynamic way. This approach is expected to contribute to student engagement, arousing interest through the aesthetics and engaging narrative of the manga, in addition to promoting a deeper and more structured understanding of embryological processes. Thus, this work aims not only to transform the way Embryology is taught, but also to serve as inspiration for the adoption of innovative methodologies in other areas of Biology teaching.

**Keywords:** developmental biology; investigative methodology; visual storytelling; didactic sequence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: A lenda do rato.	20
Figura 02: Minamoto no Tametomo e os habitantes da ilha Onigashima.	21
Figura 03: Shou-chan no Bouken	22
Figura 04: Personagens de Osamu Tezuka	23
Figura 05: Os Cavaleiros do Zodíaco	24
Figura 06: Guia mangá de Estatística	29
Figura 07: Utilização do dispositivo tipo pen display	30
Figura 08: Descrição da Embriologia, no prólogo do Guia Mangá.	33
Figura 09: Conexões com outras áreas da Biologia	34
Figura 10: Importância dos genes na diferenciação celular	35
Figura 11: Relação entre o uso de drogas e as causas de malformações	36

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Breve descrição dos personagens	29
Quadro 2: Quadro-resumo da sequência didática	39

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1. O ensino de Embriologia no Ensino Médio	12
1.2. Alfabetização científica e o ensino de Biologia no Brasil	14
1.3. Metodologias ativas no ensino de Biologia	16
1.4. Uma breve história do mangá	18
1.5. O mangá como recurso didático	21
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
2.1. Objetivo geral	25
2.2. Objetivos específicos	25
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>26</b>
3.1. Criação do mangá	26
3.2. Sequência didática	29
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>30</b>
4.1. Guia mangá de Embriologia	30
4.2. Sequência didática	34
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>38</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE 1 - Guia Mangá de Embriologia</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE 2 - Sequência didática</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>137</b>
1. Estudo de caso 1: Talidomida	137
2. Estudo de caso 2: bebê com cauda	139
3. Estudos de caso envolvendo o uso da “Dismorfexina”	141

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. O ensino de Embriologia no Ensino Médio

A Embriologia desempenha um papel fundamental no ensino de Ciências, pois permite aos alunos compreenderem o processo de desenvolvimento dos seres vivos, desde a formação do embrião até o nascimento. O seu estudo possibilita a integração entre diferentes áreas do conhecimento, como Biologia, Genética e Anatomia, permitindo uma compreensão mais ampla e aprofundada da vida (Silva *et al.*, 2023). Além disso, ao explorar a Embriologia, os alunos podem compreender melhor a evolução das espécies e a importância da preservação da biodiversidade, tornando-se mais conscientes sobre a necessidade de proteger o meio ambiente (Silva *et al.* 2023; Amorim *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2024; Martins, 2024). Os alunos podem compreender como os organismos se formam e se desenvolvem, o que é essencial para entender a Biologia e a diversidade da vida. Além disso, o assunto também tem implicações importantes em áreas como a Medicina, a Biologia Molecular e a Biotecnologia, sendo fundamental para a formação de profissionais nessas áreas (Santos *et al.*, 2020; Duarte e Santos, 2022; Lima *et al.*, 2024; Roncaglio *et al.*, 2024).

As competências e habilidades relacionadas à Embriologia na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) incluem a compreensão dos processos de formação e desenvolvimento embrionário, a identificação das fases e etapas do desenvolvimento humano e a análise das principais etapas do desenvolvimento embrionário de diferentes espécies (Brasil, 2018; Santos *et al.*, 2020). Além disso, é esperado que os estudantes sejam capazes de compreender as relações entre Embriologia e Evolução, bem como interpretar e analisar informações sobre Embriologia em diferentes contextos, relacionando-as com outras áreas da Biologia e saúde (Santos *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2024).

No ensino de Embriologia, os conteúdos centrais incluem a formação do zigoto, clivagem, gastrulação, neurulação, a formação de tecidos e órgãos, o desenvolvimento embrionário humano e suas complexidades. É imprescindível

abordar também a relação intrínseca entre Embriologia e Evolução, destacando a importância do estudo minucioso do desenvolvimento embrionário para compreender as múltiplas transformações ao longo do tempo (Almeida; Vieira, 2021). Além disso, a abordagem aprofundada de malformações congênitas e teratogênese permite aos alunos compreenderem a influência significativa do ambiente na formação do embrião e suas consequências para a saúde humana (Wachholz, 2021). Ainda, a discussão minuciosa sobre as técnicas avançadas de reprodução assistida e sua implicação ética trazem reflexões imprescindíveis para a formação cidadã e ética dos estudantes, estimulando o pensamento crítico e uma abordagem mais consciente no âmbito da ciência e da sociedade.

No ambiente escolar, além de enfrentar uma série de desafios, o conteúdo voltado à Embriologia também oferece inúmeras possibilidades de aprendizado para os estudantes. Isso ocorre, principalmente, pela necessidade de uma abordagem adequada à faixa etária dos alunos, considerando as peculiaridades do tema, que envolve o desenvolvimento embrionário e questões éticas complexas (Santos, 2024; Silva *et al.*, 2024). Para lidar com essa complexidade, os professores precisam estar constantemente atualizados e utilizar diferentes recursos didáticos, visando tornar o aprendizado mais acessível e interessante para os alunos.

No entanto, ressalta-se o fato de que esse tema de ensino também pode enfrentar oposição em determinados segmentos da sociedade, que se mostram contrários à sua inclusão nos currículos escolares. Sendo assim, torna-se crucial que os professores estejam devidamente capacitados para lidar com essa resistência, valendo-se de argumentos sólidos, respaldados na ciência, e promovendo um debate construtivo, pautado no respeito e na ética. É preciso enfatizar que o conhecimento embriológico é essencial para a formação integral dos estudantes, proporcionando um entendimento profundo do desenvolvimento humano, desde as fases embrionárias até o nascimento (Santos *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023). Desse modo, é imprescindível fomentar o diálogo entre os diferentes pontos de vista, esclarecendo eventuais dúvidas e mantendo um ambiente propício para a troca de ideias e a construção do saber. Além disso, é fundamental desconstruir mitos e informações equivocadas que possam estar circulando,

explicando claramente o objetivo e a importância dessa disciplina no cenário educacional. Incentivar a reflexão crítica e o pensamento científico é essencial para combater preconceitos e estereótipos, possibilitando uma compreensão mais ampla e inclusiva sobre a Embriologia e seu papel na formação do ser humano (Santos *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

Apesar dos desafios e resistências, as possibilidades de ensino da Embriologia são muito relevantes. Ao abordar esse tema de forma adequada, é possível promover o pensamento crítico nos estudantes, estimular o interesse pela ciência e contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e informados sobre questões biológicas e éticas relacionadas ao desenvolvimento embrionário (Santos *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2022). Tal compreensão permite que os estudantes articulem saberes científicos e valores humanos, promovendo atitudes mais responsáveis diante de temas como reprodução, aborto, pesquisa com embriões e direitos humanos, entre outros.

## **1.2. Alfabetização científica e o ensino de Biologia no Brasil**

A alfabetização científica (AC) pode ser definida como o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que permite a compreensão, o uso e a avaliação de informações científicas. A AC também possibilita comunicar-se de forma crítica e responsável acerca das descobertas científicas, para a tomada de decisões informadas em situações do cotidiano e como cidadão. Segundo Sasseron e Carvalho (2011), as principais considerações sobre a alfabetização científica não consistem apenas no domínio de conteúdos científicos, mas envolve a compreensão crítica e aplicação social desses saberes. As autoras defendem ainda que a AC deve possibilitar que os alunos interajam com a cultura científica e possam modificá-la e se modificar com ela.

A AC e o ensino de Biologia no Brasil têm sido objeto de diversas investigações que buscam entender e aprimorar as práticas pedagógicas nessa área. Souza e Freitas (2004) revelam que, embora a abordagem do cotidiano seja

prevista nos documentos oficiais, sua implementação nas salas de aula ainda é limitada. Muitos professores não foram formados com base em princípios da AC e tendem a evitar discussões sobre situações cotidianas, acreditando que isso prejudica o desenvolvimento do conhecimento científico (Teixeira, 2013). Essa constatação aponta para um descompasso entre as diretrizes educacionais e a prática docente, evidenciando a necessidade de uma formação que integre a realidade dos alunos ao ensino de Biologia.

Paniagua *et al.* (2013) ressaltaram a importância do ensino de Biologia na formação cidadã, destacando o papel dos livros didáticos nesse processo. Apesar de a LDB 9334/96 ter introduzido conceitos de cidadania, ciência, tecnologia e sociedade, esses temas ainda eram apenas vagamente mencionados nos materiais didáticos, indicando que a formação cidadã não estava plenamente incorporada ao currículo (Paniagua *et al.*, 2013). Motokane *et al.* (2013) exploraram as características de sequências didáticas que promovem a alfabetização científica, enfatizando a participação ativa dos alunos e a utilização de problemas autênticos como ponto de partida para a aprendizagem. Eles associaram a alfabetização científica a um processo mais amplo de conscientização e crítica, alinhando-se às ideias de Freire sobre o papel da educação na formação de cidadãos críticos (Motokane *et al.*, 2013).

Paniagua *et al.* (2013) enfatizam a importância do ensino de Biologia como um meio de formação cidadã. Apesar das mudanças nas diretrizes educacionais no Brasil, a incorporação do conceito de ciência, tecnologia e sociedade (CTSA) nos livros didáticos ainda é lenta e insuficiente. Os autores observam que a formação cidadã não está plenamente integrada ao currículo, o que limita a capacidade dos alunos de se tornarem cidadãos críticos e informados. Por fim, Barbosa (2012) abordou a insatisfação com o desempenho dos alunos na leitura, propondo que as práticas de leitura em Ciências e Biologia precisam ser revisadas. O desenvolvimento da capacidade leitora deve ser uma responsabilidade compartilhada entre diferentes disciplinas, e a reflexão crítica sobre ciência e tecnologia deve ser incorporada nas atividades de ensino (Barbosa, 2012).

Esses estudos, em conjunto, revelam um panorama complexo e desafiador do ensino de Biologia no Brasil, ressaltando a necessidade de uma formação que integre a alfabetização científica à prática pedagógica, promovendo uma educação mais crítica e inclusiva.

### **1.3. Metodologias ativas no ensino de Biologia**

O ensino baseado em metodologias ativas busca colocar o aluno como protagonista do seu próprio aprendizado, promovendo a participação ativa, a autonomia e a construção do conhecimento (Rebouças *et al.*, 2024; Costa Júnior *et al.*, 2023). Já o ensino investigativo na Biologia, como abordado anteriormente, enfatiza a importância da abordagem científica, estimulando o desenvolvimento da curiosidade, do pensamento crítico e da aplicação do método científico na resolução de problemas (Silva, 2023; Soares *et al.*, 2024). Ambas as abordagens têm como base teórica a aprendizagem significativa e o construtivismo, que defendem a importância de conectar os novos conhecimentos à realidade do aluno, de forma a promover a construção de significados (Rebouças *et al.*, 2024).

Os princípios das metodologias ativas incluem a valorização da participação ativa do aluno, a promoção da autonomia, o estímulo à colaboração e o enfoque no desenvolvimento de habilidades e competências. Essas abordagens também priorizam a aprendizagem por meio da resolução de problemas reais, da aplicação prática dos conhecimentos e da reflexão sobre a própria aprendizagem (Santos *et al.*, 2020; Moran, 2021; Olivieri e Zampin, 2024). A ideia de que o aluno é o centro do processo educativo e que o professor atua como mediador e facilitador do conhecimento também está presente como princípio fundamental das metodologias ativas.

A aprendizagem significativa e o construtivismo embasam as metodologias ativas e o ensino investigativo na Biologia. A primeira defende que o novo conhecimento deve integrar-se de forma não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, deve conectar-se com o seu conhecimento prévio,

tornando-se significativo (Lourenço *et al.*, 2021). Já o construtivismo enfatiza o papel ativo do aluno na construção do conhecimento, por meio da interação com o meio, da reflexão sobre suas próprias experiências e da mediação do ambiente educacional (Carvalho e Santos, 2024). Ambas as abordagens, quando aplicadas de maneira eficaz, proporcionam um ambiente de aprendizagem enriquecedor, que permite aos estudantes desenvolver habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e criatividade (Carvalho *et al.*, 2023; Silva e Silva, 2024; Jordão e Silva, 2024). Além disso, promovem uma maior autonomia e responsabilidade dos alunos em relação ao seu próprio processo de aprendizagem. Nesse sentido, é fundamental que os educadores estejam preparados para utilizar essas abordagens pedagógicas, proporcionando aos estudantes oportunidades de aprendizagem significativas e desafiadoras.

Dentro da perspectiva da utilização de metodologias de ensino e aprendizagem encontram-se diferentes recursos didáticos, instrumentos complementares que ajudam a transformar as ideias em fatos e em realidades, contribuindo para uma melhoria no processo educacional (Lopes e Platzer, 2013). Recursos didáticos audiovisuais, ferramentas computacionais, práticas no laboratório ou na sala de aula e atividades externas são algumas táticas pedagógicas que podem contribuir positivamente para a prática docente. No entanto, é importante ressaltar que a escolha dos recursos deve ser feita de acordo com os objetivos de aprendizagem e as características dos alunos (Lopes e Platzer, 2013).

Atualmente, muitos jovens apresentam afinidades pela cultura pop oriental, notadamente pelos desenhos animados, conhecidos como animes ou animês, e também pelas histórias em quadrinhos, intituladas de mangás. Esses recursos audiovisuais têm sido cada vez mais empregados em sala de aula na tentativa de atrair o público jovem aos conceitos trabalhados na escola, e o número de trabalhos acadêmicos tratando desse fenômeno é crescente no Brasil (Baptista *et al.*, 2021). Ademais, a confecção de mangás pelos próprios alunos, em contextos educativos, mostrou-se como um método didático inovador, que estimula a criatividade e aumenta o engajamento para a aprendizagem conceitual (Luz *et al.*, 2019). Partindo dessa premissa, esse trabalho visa oferecer uma nova abordagem no ensino de Embriologia, voltada a estudantes do Ensino Médio.

#### 1.4. Uma breve história do mangá

O mangá é a arte gráfica japonesa retratada por desenhos em quadros sequenciais, também conhecida no ocidente como história em quadrinhos. Os mangás surgiram por volta do século VIII, no Oriente, durante o período Nara (Costa, 2022). As primeiras artes eram produzidas em rolos de papel ou seda chamados *emakimonos*, que contavam histórias através de ilustrações e textos (fig. 01). Essas ilustrações poderiam ser desenhadas, pintadas ou estampadas, e eram lidas na direção horizontal. Por volta da metade do século XII, no Japão, surgia o *Chojugiga*, rolos nos quais as imagens retratavam a narração dos textos, característica principal dos mangás atuais. O tema mais frequente dessa arte era a personificação de animais, que eram representados a partir de ações humanas do cotidiano.

**Figura 01:** A lenda do rato. Emakimono pintado à mão em um pergaminho de rolo, restaurado em 1998.



Fonte: [tobuken.go.jp](http://tobuken.go.jp) (2024).

Em meados do século XVI, os rolos foram substituídos por livros com estampas, que eram produzidos principalmente para a ilustração de poesias. Logo na sequência, o pintor japonês Katsushita Hokusai (1760-1849) criou uma série de estampas de paisagens e outras caricaturas. Ele então cunhou o termo mangá, que significa “desenhos irresponsáveis” (Costa, 2022; Zanoni, 2020; Pereira da Cunha, 2018). Os temas preferidos por Hokusai eram o retrato do cotidiano urbano, das classes sociais, fantasia e personificação de animais (Zanoni, 2020) (fig. 02).

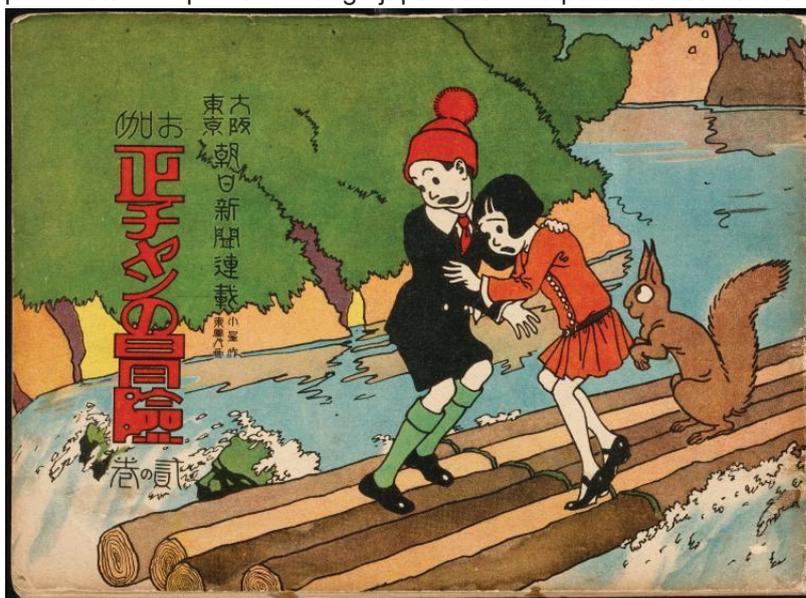
**Figura 02:** Minamoto no Tametomo e os habitantes da ilha Onigashima. Obra de Hokusai (1811) em pergaminho de seda, tinta e ouro.



Fonte: britishmuseum.org (2024).

No século XIX, durante a era Meiji, ocorreu a abertura do Japão ao mundo, o que possibilitou o contato da arte japonesa com o ocidente e vice-versa. O inglês Charles Wirgman e o francês George Bigot foram os primeiros cartunistas que inseriram os quadrinhos ocidentais no Japão (Pereira da Cunha, 2018). Essas obras já exploravam temas como o humor e charges políticas, que passaram a influenciar diversos artistas japoneses em suas obras (Zanoni, 2020). Desde o seu surgimento até meados de 1925, os quadrinhos japoneses eram direcionados ao público adulto. As primeiras obras voltadas para o público infantil foram *Shou-chan no Bouken* (As aventuras do pequeno Sho - fig. 03), de Shosei Oda, e *Manga Taro* (quadrinhos Taro), de Shigeo Miyao (Zanoni, 2020).

**Figura 03:** *Shou-chan no Bouken* é uma história fantástica vivida por um jornalista (Sho-chan) e seu companheiro esquilo. Este foi o primeiro mangá japonês a incorporar balões de fala nos diálogos.



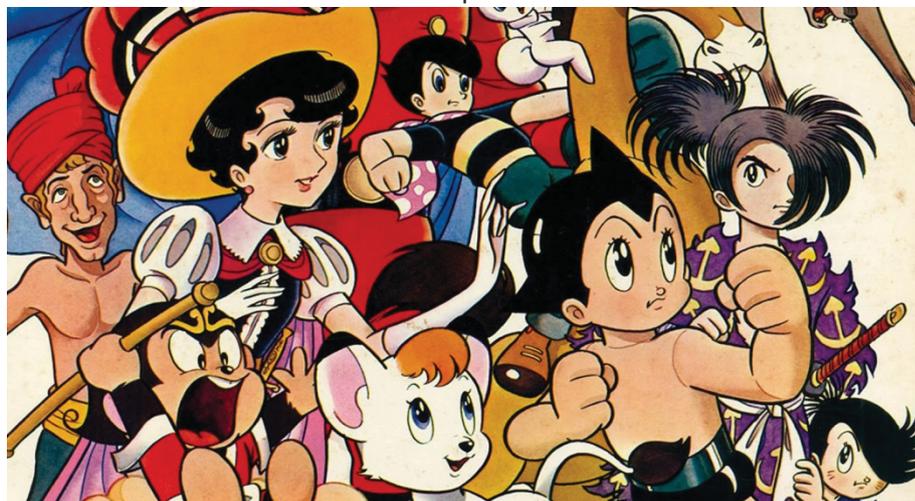
Fontes: [dailykos.com](http://dailykos.com); [myanimelist.net](http://myanimelist.net) (2024).

Outro marco histórico de tamanha importância foi o final da Segunda Guerra Mundial, já no século XX. O Japão, além de perder a guerra ao lado da Alemanha e da Itália, também sofreu ataques por duas bombas nucleares em seu território, uma em Hiroshima e outra em Nagasaki (1945). Após esses trágicos incidentes, o país passou a conviver com a presença americana, e a partir disso, os mangás e seus mangakás (nome dado aos desenhistas de mangás) ficaram conhecidos mundialmente (Costa, 2022). A leitura de mangás passou a ser adotada como um dos passatempos mais comuns no pós-segunda guerra. Alguns estudiosos atribuem a isso o fato de que o Japão se reergueu como uma potência mundial, ao mesmo tempo em que as exigências e a competitividade na sociedade moderna acentuaram. Os japoneses procuravam atenuar essas fontes de tensão ao acompanharem as aventuras de seus heróis, que muitas vezes representavam o retrato daquela nova sociedade (Cunha, 2018).

Atualmente, no Japão e no mundo, existem adultos e crianças que consomem regularmente os diversos tipos de mangás. A leitura do mangá japonês é feita de acordo com o seu sistema ortográfico, ou seja, da direita para a esquerda, e de cima para baixo. Apenas algumas obras publicadas fora do Japão são configuradas conforme as obras ocidentais, e os mangás originais ainda são impressos em tons

de cinza. Quando há páginas coloridas, estas geralmente estão no início dos capítulos das obras (Costa, 2022). Um outro aspecto do gênero é o traço característico dos personagens, que quase sempre são representados com olhos grandes e cabelos espetados (fig. 04). O tamanho exagerado dos olhos é uma maneira de representar as emoções dos personagens, com maior intensidade (Silva, 2019). Essa estética ficou popular depois da década de 1950, com os trabalhos de Osamu Tezuka (1928-1989), cujas obras foram bastante disseminadas em todo o mundo.

**Figura 04:** Personagens de Osamu Tezuka. Tezuka é reverenciado como o “Pai dos mangás”, devido à influência de sua estética sobre as obras contemporâneas.



Fonte: [ovicio.com.br](http://ovicio.com.br) (2024).

### 1.5. O mangá como recurso didático

No Brasil, a popularização dos mangás e dos animes ocorreu principalmente a partir da década de 1960. Isso porque durante esse período o país passou a receber cada vez mais imigrantes japoneses, os quais consumiam os mangás como forma de manter seus costumes e cultura (Baptista *et al.*, 2021; Santana da Silva, 2019). Além disso, as emissoras de TV passaram a integrar os animes em sua grade de programação diária, fato que atingiu o auge na década de 1990, com a exibição de grandes sucessos de audiência, como *Os Cavaleiros do Zodíaco* (fig.

05), *Dragon Ball*, *Sailor Moon*, *Yuyu Hakusho*, *Pokémon*, dentre outros (Baptista *et al.*, 2021; Santana da Silva, 2019; Pereira da Cunha, 2018).

**Figura 05:** Os Cavaleiros do Zodíaco, anime que teve sua primeira aparição na TV brasileira em 1994.



Fonte: abnoticiasnews (2024).

Um outro advento que possibilitou a popularização dos mangás e dos animes foi o surgimento da Internet. Muitas obras antes disponíveis apenas na linguagem japonesa passaram a ser traduzidas para o português e disponibilizadas gratuitamente em sites pelos próprios fãs (fansubs). Também surgiram plataformas de *streaming* especializadas nesse tipo de produção como, por exemplo, a Crunchyroll.

Na educação básica, a introdução dos mangás como recurso didático foi possibilitada pelas reformas curriculares, a partir da década de 90 (Santana da Silva, 2019). Em 1997, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) inseriam a linguagem de quadrinhos no currículo da educação básica. A partir de 2006, as histórias em quadrinhos (HQs) foram implementadas nas listas de livros fornecidos pelo Programa Nacional da Biblioteca da Escola (PNBE). E em 2018, a publicação das Bases Nacionais do Currículo Comum (BNCC) reforçou a importância de o estudante brasileiro entrar em contato com diferentes gêneros artísticos e literários (Baptista *et al.*, 2021).

Diversas áreas da educação utilizam o mangá com o intuito de diversificar as estratégias de ensino e aplicá-lo em metodologias ativas. Moreira *et al.* (2023) criaram uma sequência didática híbrida para o ensino de matemática estatística,

utilizando o Guia Mangá de Estatística, comercializado no Brasil pela editora Novotec (fig. 06). Após a aplicação da sequência, os autores destacaram maior motivação e engajamento dos alunos, além de uma considerável melhora na compreensão dos conceitos trabalhados na estatística (Moreira *et al.*, 2023). Silva *et al.* (2023) trabalharam a leitura do mangá *Dr. Stone* para ensinar conceitos de química, de forma lúdica. Os resultados desse trabalho destacam o estímulo à interpretação e compreensão da ciência, integração de elementos culturais, além do desenvolvimento de habilidades, maior motivação e interesse em aprender, pelos alunos (Silva *et al.*, 2023).

**Figura 06:** Tradução em francês do Guia mangá de Estatística, no Brasil, comercializado pela editora Novotec.



Fonte: amazon.com.mx (2024).

Já Oliveira Torres *et al.* (2021) exibiram episódios do anime *Hataraku Saibou* (Células ao trabalho - tradução livre do inglês “*Cells at Work*”) em uma turma de Biologia, a fim de trabalhar o eixo “Ser humano e saúde” de forma lúdica e contextualizada. Os autores destacaram uma boa receptividade dos alunos ao uso de mangás e animes como ferramentas didáticas, indicando que essas mídias podem ser eficazes para engajar os alunos no processo de aprendizagem (Oliveira Torres *et al.*, 2021).

Diante das evidências apresentadas, percebe-se que o mangá, enquanto linguagem multimodal e culturalmente próxima dos estudantes, oferece possibilidades concretas de inovação didática. Ao integrar ciência e cultura pop, o professor pode potencializar o engajamento discente e favorecer uma aprendizagem mais crítica, contextualizada e prazerosa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Desenvolver e implementar uma abordagem didática para o ensino de Embriologia no Ensino Médio, por meio da criação de um guia educativo em formato de história em quadrinhos no estilo mangá, integrado a uma sequência didática.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Desenvolver e disponibilizar um guia educativo em formato de história em quadrinhos no estilo mangá, abordando os principais conceitos da embriologia de forma visual e narrativa, para facilitar a compreensão e a retenção de conteúdos.
- Elaborar e disponibilizar uma sequência didática baseada no uso do mangá educativo, como criação de roteiros temáticos e ilustrações pelos próprios alunos, para promover a aprendizagem ativa e criativa.

### 3. METODOLOGIA

A presente dissertação caracteriza-se como uma proposta de natureza aplicada, voltada à elaboração de um recurso didático para o ensino de Embriologia do Ensino Médio. O estudo adota uma abordagem descritiva, com referenciais teóricos da área de educação em Biologia, linguagem visual e produção de materiais didáticos.

A escolha dos conteúdos foi baseada na BNCC e nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. Com base nesses materiais, foram escolhidos os temas: gametogênese e fecundação, blastulação, gastrulação, neurulação, anexos embrionários, organogênese e teratogênese.

#### 3.1. Criação do mangá

##### 3.1.1. Roteirização

Para o roteiro inicial do guia mangá foi elaborada uma sinopse capaz de expressar a ideia central da obra.

“Uma aluna do ensino médio pretende ingressar em um laboratório de biologia do desenvolvimento na universidade, para um estágio de iniciação científica. O professor orientador indica um monitor para acompanhá-la. A cada semana, eles perpassam pelas etapas do desenvolvimento embrionário comparado entre diferentes espécies animais”.

A história, os diálogos e a ação dos personagens foram descritos em arquivos de texto, separados em capítulos, e a trama foi baseada na literatura disponível para a área da biologia do desenvolvimento.

##### 3.1.2. *Design* dos personagens

Os personagens foram pensados e criados com um *design* com o qual o universo jovem se identifica. Pensou-se em uma protagonista do sexo feminino e negra, com a finalidade de representar e estimular a participação feminina no universo científico.

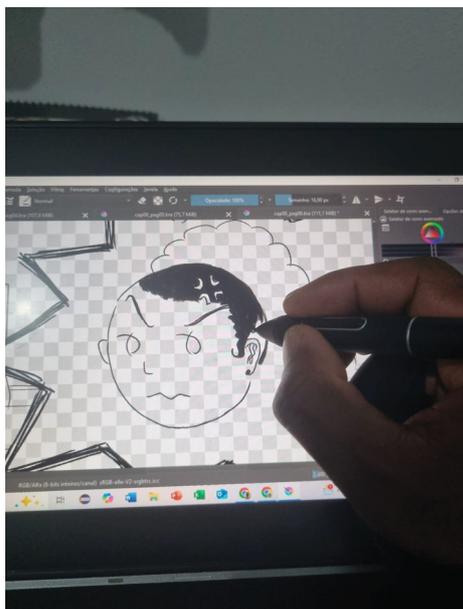
Visando-se tornar a narrativa mais leve e descontraída, alguns personagens foram pensados em um contexto fantasioso, como o pintinho falante *Birdie*. Além de alívio cômico, esse personagem serve como um mentor intelectual, tanto para a protagonista quanto para o leitor (Quadro 1).

<b>Quadro 01 – Breve descrição dos personagens</b>
<b>Edna</b> – estudante do ensino médio, muito esforçada, mas tem dificuldades de entender o conteúdo de Embriologia. Personalidade: calma, curiosa, um pouco atrapalhada, mas tem uma boa capacidade de síntese.
<b>Birdie</b> – o pintinho. Espécie de “fada madrinha” do laboratório, só pode ser enxergado pela Edna. Birdie esclarece os pontos cruciais para o entendimento da embriologia humana, comparando as etapas entre o desenvolvimento humano e das aves – ponte entre embriologia comparada. Birdie tem o temperamento explosivo e bastante agitado, para contrastar com a tranquilidade de Edna.
<b>Pedro</b> – doutorando do laboratório. Possui um vasto conhecimento sobre as técnicas e os processos da biologia do desenvolvimento. É um tutor centrado e competente, mas também um pouco atrapalhado.

### 3.1.3. Produção visual

A produção visual do material didático foi realizada integralmente em formato digital, com o objetivo de garantir maior controle sobre os elementos gráficos, clareza visual e flexibilidade na organização das páginas. Para isso, utilizou-se uma mesa digitalizadora do tipo pen display (Kamvas 12 - Huion), que permite desenhar diretamente na tela, aproximando o processo do desenho tradicional à produção digital (Fig. 07).

**Figura 07:** Utilização do dispositivo tipo *pen display* durante o processo ilustrativo.



O software utilizado para a ilustração foi o Krita (versão 5.2.9), um programa de código aberto amplamente utilizado para criação de quadrinhos e ilustrações digitais. O processo de elaboração das páginas seguiu uma metodologia por camadas, com o objetivo de organizar e facilitar a construção da arte final. As camadas foram organizadas da seguinte forma:

- **Storyboard:** esboço inicial das páginas, com marcação da sequência narrativa, disposição dos quadros e fluxos de leitura;
- **Enquadramento:** definição da posição dos quadros (*frames*) e da composição visual geral;
- **Lineart:** criação dos traços definitivos dos personagens e cenários, com base no storyboard;
- **Arte-final:** aplicação de preenchimento, texturas, sombreamento e elementos de ambientação;
- **Balões de fala:** inserção dos balões com contornos limpos, posicionados conforme o fluxo da leitura da esquerda para a direita;
- **Texto:** digitação dos diálogos e explicações, utilizando fontes legíveis e adequadas ao estilo visual do mangá.

O estilo artístico foi inspirado no mangá japonês, com uso de traços expressivos, variação de planos (close, plano médio, plano geral) e recursos visuais como linhas cinéticas, expressões exageradas e elementos simbólicos, com a finalidade de tornar a narrativa mais envolvente e facilitar a assimilação dos conteúdos científicos por parte do público-alvo. A escolha pelo preto e branco seguiu a estética tradicional dos mangás, mas também teve como objetivo viabilizar a impressão em formatos acessíveis para distribuição.

### **3.2. Sequência didática**

A presente sequência didática foi elaborada com o objetivo de mediar o ensino de conteúdos fundamentais da Embriologia humana, de forma acessível, crítica e integrada ao cotidiano dos estudantes do Ensino Médio. A construção da proposta baseou-se nos princípios do ensino por investigação, priorizando a participação dos alunos na formulação de hipóteses, coleta e análise de dados simulados, bem como na construção de narrativas. Também foram incorporadas metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos e em resolução de problemas, com o intuito de promover maior engajamento e desenvolvimento de competências previstas na BNCC, como a argumentação científica e a responsabilidade socioambiental (BRASIL, 2018).

A sequência foi estruturada em seis aulas de 50 minutos cada, sendo todas pensadas para articular conteúdos e conceitos da Embriologia com o uso de linguagens multimodais, como histórias em quadrinhos no estilo mangá, vídeos, reportagens e dados simulados. Para garantir acessibilidade e identificação cultural com os estudantes, utilizou-se como recurso base o capítulo introdutório do guia mangá autoral, desenvolvido especificamente para esta proposta. O guia foi explorado tanto como material introdutório quanto como inspiração para a produção autoral dos alunos. A seleção e organização das atividades buscou contemplar os eixos de problematização inicial, investigação, sistematização e síntese.

## 4. RESULTADOS

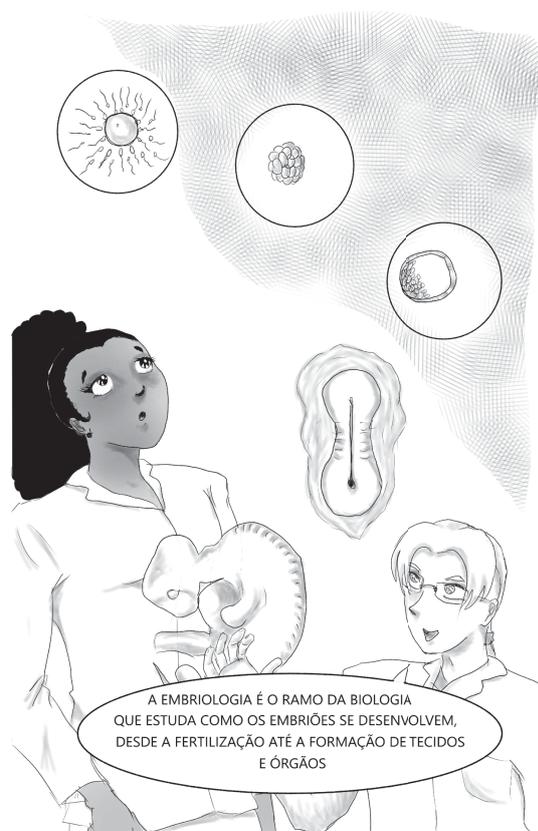
### 4.1. Guia mangá de Embriologia

O mangá apresenta seis capítulos, além de um capítulo introdutório (prólogo). Os temas abordados em cada seção foram escolhidos baseados no conteúdo de Embriologia presente nos livros didáticos de Biologia, do Ensino Médio, e também foram incluídos temas relacionados à saúde, ecologia, genética e evolução.

O prólogo introduz a protagonista da obra, Edna, na universidade. Como ela ainda é aluna do ensino médio e está lá apenas para cumprir um estágio de iniciação científica, fica encantada com o ambiente universitário. A partir de um pequeno acidente com viés cômico, Edna acaba conhecendo os outros personagens da obra, Birdie e Pedro. Na ausência do professor orientador, Pedro assume o papel de tutor de Edna, e é ele quem faz os questionamentos e narra as etapas envolvidas no desenvolvimento embrionário. Esta seção aborda a formação e o encontro dos gametas, a etapa inicial do desenvolvimento (da formação do zigoto à mórula), além das adaptações que ocorrem no organismo materno para receber o embrião (Fig. 08).

O capítulo um, “Os primeiros passos”, traz os personagens no ambiente do laboratório, examinando embriões de ouriço-do-mar. Pensou-se nessa dinâmica devido a esta ser uma atividade recorrente nas aulas práticas do ensino superior de muitas universidades, e pela impossibilidade de se observar as etapas iniciais do desenvolvimento embrionário humano *in vitro*. Os tipos de ovos e a clivagem também foram temas explorados neste capítulo.

**Figura 08:** Descrição da Embriologia, no prólogo do Guia Mangá.



No capítulo dois, “Cada célula em seu devido lugar”, Pedro e Edna discutem sobre a formação da gástrula. Aqui foram descritos brevemente o surgimento dos folhetos embrionários e os movimentos celulares envolvidos neste processo.

No capítulo três, “Fazendo conexões”, Pedro descreve a Edna os padrões observados durante a neurulação. Foram introduzidos conceitos de fechamento do tubo neural, a formação e a importância da crista neural para o desenvolvimento. A relação ecológica entre a gralha azul (*Cyanocorax caeruleus*) e o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) foi trazida como pano de fundo à apresentação do tema. Dessa forma, coevolução, ecologia e comportamento animal convergiram ao se falar de um tema da embriologia (Fig. 09).

**Figura 09:** Conexões com outras áreas da Biologia. Nessa cena, Edna questiona sobre o papel da gralha azul na dispersão das sementes de araucária.



“Anexos importantes” é o título do quarto capítulo. Os anexos embrionários foram apresentados a Edna no laboratório, a partir da observação de um embrião de galinha. Inicialmente é Pedro quem traz as explicações, sendo substituído posteriormente por Bidie. Cada anexo embrionário foi contemplado com a descrição de sua função, incluindo-se a placenta, nos mamíferos placentários.

Em “Receita para se fazer um organismo”, quinto capítulo, o tema abordado foi a organogênese. Os órgãos e estruturas anatômicas originadas a partir de cada folheto embrionário foram trazidos, de modo simplificado. Este capítulo também trouxe o conceito de expressão diferencial dos genes, principal evento relacionado à diferenciação das células durante o desenvolvimento (Fig. 10). Foram utilizadas figuras e analogias no intuito de facilitar a compreensão do tema.

**Figura 10:** Discussão sobre a importância dos genes na diferenciação celular.



O sexto capítulo, “Quando nem tudo sai conforme o esperado”, acendeu o foco nas possibilidades de malformações durante o desenvolvimento. Pedro conta a Edna o episódio clássico da Talidomida, medicamento utilizado por mulheres grávidas nas décadas de 60 e 70 que, atualmente, é sabidamente teratogênico. As causas da teratogênese e os principais teratógenos formaram a pauta de discussão do último capítulo (Fig. 11). Também foi trazida a reflexão da importância da adesão ao tratamento pré-natal e de se evitar o consumo de drogas por mulheres grávidas, visto que essas atitudes podem refletir diretamente no desenvolvimento do embrião e do feto.

**Figura 11:** As personagens discorrem sobre a relação entre o uso de drogas e as causas de malformações.



#### 4.2. Sequência didática

A sequência didática proposta foi estruturada com base na utilização do guia mangá de embriologia como recurso central de aprendizagem, funcionando como gatilho para situações problematizadoras e de construção de conhecimentos científicos. A proposta contempla seis aulas de 50 minutos cada, organizadas de modo a favorecer a mobilização de saberes prévios, a pesquisa, o trabalho em grupo, a leitura crítica e o desenvolvimento de habilidades investigativas e argumentativas (Apêndice 2).

A concepção das atividades partiu de pressupostos de abordagem construtivista e da importância do letramento científico, valorizando a integração

entre diferentes linguagens (científica, gráfica e narrativa) e o diálogo entre ciência, cultura pop e sociedade.

- **Aula 1 - Problematização e levantamento de conhecimentos prévios**

A primeira aula é dedicada ao levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e à problematização inicial. A partir da observação de uma imagem do desenvolvimento embrionário humano, os alunos realizam um exercício de *quick note*, no qual escrevem, em um minuto, tudo o que sabem sobre embriologia. Em seguida, participam de uma roda de conversa mediada pelo professor, compartilhando percepções e formulando hipóteses iniciais sobre o tema.

- **Aula 2 - Leitura do guia mangá e organização dos grupos de pesquisa**

Neste momento, os alunos realizam a leitura orientada do capítulo introdutório do guia mangá, com anotações de dúvidas e impressões pessoais. Em seguida, o professor realiza a explicação dialogada sobre eventos iniciais da embriogênese, como fecundação, clivagem, blastulação e gastrulação, complementando os conceitos trabalhados com um vídeo sobre movimentos celulares morfogenéticos. Ao final da aula, os alunos são organizados em grupos, iniciando o planejamento de uma curta HQ, inspirada no estilo mangá, para representar uma das etapas do desenvolvimento embrionário humano.

- **Aula 3 - Sistematização de conteúdos: organogênese**

A terceira aula é voltada à introdução ao conceito de organogênese e ao estudo dos efeitos de teratógenos. Após a leitura de reportagens sobre casos reais, como o uso da talidomida e outra anomalia embrionária rara, o professor apresenta os conceitos de teratogênese e dos períodos críticos do desenvolvimento. Em seguida, é proposta a resolução de um estudo de caso fictício, envolvendo a “Dismorfexina”, um possível teratógeno presente em cosméticos. Os grupos formulam hipóteses e delineiam estratégias de investigação baseadas no método científico, com base em dados simulados (imagens de embriões afetados, gráficos e tabelas).

- **Aula 4 - Teratógenos e estudo de caso**

Os grupos realizam apresentações curtas com base em suas investigações sobre a “Dismorfexina”. Durante as exposições, o professor mediará uma discussão coletiva sobre os períodos mais vulneráveis do desenvolvimento embrionário, os desafios da comunicação científica e a responsabilidade ética de cientistas e empresas diante de evidências de teratogenicidade.

- **Aula 5 - Produção das HQs**

A quinta aula é dedicada à produção autoral das HQs. Com base nos conhecimentos construídos ao longo da sequência, os alunos devem criar suas histórias visuais representando etapas do desenvolvimento, como a diferenciação neural, a formação de somitos, o desenvolvimento cardíaco etc. Essa atividade visa integrar os conteúdos científicos a elementos narrativos a comunicação de conceitos complexos de forma acessível e criativa.

- **Aula 6 - Conclusão e reflexão crítica**

Na sexta e última aula, os grupos finalizam suas HQs e participam de uma exposição das produções, que pode ser realizada em sala de aula ou em espaço aberto da escola. A aula é encerrada com uma reflexão coletiva sobre os principais aprendizados, as dificuldades enfrentadas e o papel da linguagem artística na mediação do conhecimento científico (quadro 2).

**Quadro 2:** Quadro-resumo da sequência didática

<b>Aula</b>	<b>Objetivos principais</b>	<b>Atividades propostas</b>	<b>Materiais necessários</b>	<b>Produto/Resultado esperado</b>
1	Levantar hipóteses iniciais sobre os desenvolvimento embrionário humano	Observação de imagens ou animações; “quick note”; roda de conversa; registro coletivo de hipóteses	Projektor, lousa, papel e caneta	Levantamento de ideias prévias e formulação de pergunta norteadora
2	Explorar eventos iniciais do desenvolvimento embrionário e introduzir o mangá	Leitura do guia mangá; discussão de dúvidas; exibição de vídeo; explicação dialogada; início do storyboard em grupos	Guia mangá (impresso ou digital), vídeo, papel e lápis/canetas	Planejamento de HQ curta representando fases da embriogênese
3	Compreender a organogênese e os efeitos de teratógenos	Aula dialogada sobre organogênese; leitura de reportagens; apresentação de estudo de caso; investigação em grupos	Reportagens (talidomida e anomalias), dados simulados, lousa	Formulação de hipóteses sobre a ação de teratógenos e planejamento de experimento
4	Apresentar e discutir resultados científicos simulados	Apresentação dos grupos sobre a Dismorfexina; debate ético e científico mediado	Cartazes, slides ou lousa; recursos multimídia (opcional)	Apresentação oral e debate sobre desenvolvimento e ética científica
5	Produzir HQ autoral integrando conhecimentos construídos	Desenvolvimento da HQ em estilo mangá sobre fase do desenvolvimento humano	Papel, lápis nanquim/canetas, guia mangá	Criação de HQ curta com base em eventos da embriogênese
6	Socializar produções e refletir sobre ciência e linguagem	Exposição das HQs; roda de conversa final; reflexão sobre ciência e cultura	Espaço expositivo, HQs produzidas	Socialização dos aprendizados e valorização da produção científica e artística

## 5. DISCUSSÃO

O presente trabalho teve como objetivo criar um recurso didático no formato de mangá, para o ensino de Embriologia no Ensino Médio. A criação do roteiro e dos personagens foi baseada na vivência escolar brasileira, visando-se uma maior identificação e percepção de verossimilhança pelos alunos. A escolha da protagonista como uma garota negra também foi pensada a partir da reflexão sobre a importância de se estimular uma maior presença e representatividade feminina e da população negra no ambiente acadêmico, bem como a escassez de obras originais, como HQs e mangás, com protagonistas negras. A construção da protagonista representa uma decisão estética e política alinhada às reflexões propostas por Caroline (2020) sobre os estudos da negritude em contextos midiáticos. A autora destaca que a midiáticação das representações negras é essencial para desconstruir o racismo estrutural e epistemológico, criando espaços de pertencimento e visibilidade para sujeitos historicamente marginalizados. Este trabalho também contribui para a resignificação das identidades negras nos materiais didáticos e na cultura escolar, ao mesmo tempo em que tensiona o currículo tradicional e os imaginários hegemônicos que costumam invisibilizar esses corpos e trajetórias. Nesse sentido, o guia atua não apenas como ferramenta de ensino da Embriologia, mas também como dispositivo de representação antirracista, valorizando saberes, vivências e expectativas de estudantes negras que historicamente têm sua presença deslegitimada nos espaços acadêmicos (Gomes, 2019; Caroline, 2020).

A incorporação de elementos da cultura pop no contexto educacional tem se mostrado uma estratégia eficaz para promover o engajamento e a aproximação dos estudantes com conteúdos tradicionalmente considerados complexos, como os da Biologia. Nesse sentido, utilizar elementos como mangás e HQs no ensino não é apenas uma escolha estética, mas uma forma de reconhecer e valorizar repertórios dos estudantes (Rocha e Vargas, 2021; Urbano *et al.*, 2023). Urbano *et al.* (2023) destacaram que houve uma ascensão da produção científica latino-americana sobre cultura pop japonesa a partir de 2018, com destaque para o Brasil, mostrando que há legitimidade e interesse crescente por esse tema no meio acadêmico. O grupo

demonstra ainda que o consumo e a produção de mangás estão ligados a práticas de pertencimento e criação de sentido entre jovens latino-americanos, o que reforça a capacidade desse meio de mobilizar afetos e facilitar aprendizagens. O consumo massivo de animes no Brasil tem aumentado significativamente, especialmente após a pandemia de COVID-19. Pode-se afirmar que o mangá é uma linguagem já legitimada no imaginário juvenil, sendo uma ponte eficaz entre conteúdo científico e cultura contemporânea (Pereira da Silva, 2023). No entanto, ainda há resistência à ressignificação da cultura pop no campo acadêmico. Rocha e Vargas (2021) defendem que esse elitismo intelectual deve ser combatido, afirmando que elementos da cultura pop podem e devem ser instrumentos de análise, crítica e aprendizagem significativa, inclusive no contexto escolar.

O uso de HQs em sala de aula pode favorecer a construção de significados e o envolvimento emocional dos alunos com o conteúdo. A inserção de HQs no contexto escolar pode facilitar a aprendizagem ativa e contextualizada, seja devido ao caráter lúdico, quanto ao valor cognitivo que pode estar presente nas obras (Santos e Garcia, 2019). Quando bem elaboradas, as HQs ajudam a reduzir o distanciamento entre os alunos e os textos científicos, promovendo maior engajamento com os conteúdos ensinados (Pires-Rodrigues e Barbosa, 2022). Além de um recurso de leitura, as HQs também podem representar um instrumento de investigação ativa, desafiando os alunos a propor soluções para um determinado problema apresentado na história.

Durante a pandemia de COVID-19, Lima *et al.* (2022) relataram o uso de HQs no ensino remoto emergencial, no contexto da disciplina de Ciências para turmas do 7º ano. Os alunos foram estimulados a compreender, investigar e socializar conceitos relacionados a doenças virais (gripe, dengue, sarampo etc.), relacionando o conteúdo escolar à realidade vivida. A proposta não era apenas consumir o material, mas produzir e reinterpretar a narrativa, tornando os estudantes autores de seus próprios aprendizados. Os alunos demonstraram envolvimento emocional, satisfação com a atividade e capacidade de vincular texto e imagem.

Em um projeto de extensão intitulado *Quimicando*, Liu *et al.* (2020) produziram, junto a alunos do Ensino Médio regular e da Educação de Jovens e Adultos (EJA), HQs autorais para o ensino de química ambiental. Estes trabalhos

mostram que o uso de HQs no ensino pode ser adotado em situações diversas, mesmo no ensino síncrono, e pode ser adequado a públicos de diferentes idades. Comparando-se o presente trabalho aos exemplos mencionados, parte-se da premissa de que os conteúdos científicos, por vezes considerados abstratos ou distantes da realidade dos alunos, podem ser ressignificados por meio de narrativas visuais e lúdicas. No entanto, enquanto a proposta do *Quimicando* se volta à química e a temas ambientais contextualizados por desastres reais, o guia mangá aqui desenvolvido foca na Embriologia, área da biologia que exige alto nível de abstração temporal e espacial. Nesse sentido, o estilo mangá oferece um diferencial ao incorporar elementos estéticos e narrativos característicos, como maior expressividade emocional e dinâmica visual, facilitando a representação de processos morfogênicos ao longo do tempo.

A embriologia humana é descrita como um conteúdo com alto grau de complexidade, devido às mudanças morfológicas e processos evolutivos contínuos. A complexidade deste conteúdo exige abordagens didáticas bem planejadas, com recursos visuais e narrativos que favoreçam a compreensão dos processos tridimensionais e temporais do desenvolvimento humano (Souza *et al.*, 2020). Os mesmos autores apontam ainda que muitos professores do ensino médio tendem a utilizar o livro didático como recurso quase exclusivo, muitas vezes por falta de materiais. Santos *et al.* (2022) fizeram um levantamento junto a licenciandos do curso de Ciências Biológicas, acerca do conteúdo de Embriologia lecionado no curso de formação docente. Os relatos dos alunos indicam que a embriologia é uma área frequentemente negligenciada na educação básica e mal articulada na formação inicial de professores, o que compromete sua transposição didática e o ensino significativo. Muitos licenciandos indicaram que experiências com modelos, jogos e recursos visuais durante a formação foram fundamentais para sua aprendizagem e para sua futura atuação docente. Os autores propõem ainda que o ensino de Embriologia deve ser contextualizado com temas sociais, como gravidez, aborto, uso de drogas, reprodução assistida, e articulado com avanços científicos e tecnológicos. Nesse sentido, Anjos *et al.* (2025) utilizaram a contação de histórias (*storytelling*) como recurso didático ao ensino de Embriologia. Através de uma sequência didática, a embriologia foi apresentada por meio da narrativa de uma

adolescente em situação de vulnerabilidade social, a atividade destacou a importância da dimensão afetiva no processo educativo e mostrou como o storytelling pode estimular a participação dos alunos, estreitando vínculos sociais. O uso de narrativas, aliado a recursos didáticos visuais e modelos tridimensionais, permitiu que os alunos compreendessem melhor etapas como a fecundação, a formação dos anexos embrionários e o desenvolvimento fetal. Dessa forma, o presente trabalho aproxima-se da proposta de Anjos *et al.* ao apostar em recursos narrativos para promover aprendizagem significativa e crítica. No entanto, enquanto o trabalho de Anjos *et al.* é baseado na contação oral e roteirizada de histórias ancoradas na realidade dos estudantes, este estudo propõe a utilização de um guia em formato mangá, uma forma de storytelling visual, que se vale da linguagem gráfica sequencial para representar processos complexos, como a formação embrionária e fetal. Ambos os estudos, portanto, convergem ao demonstrar que a narrativa, seja oral ou gráfica, pode ser uma aliada para aproximar a embriologia da vivência estudantil, fortalecendo o vínculo entre ciência, linguagem e formação cidadã.

Apesar do potencial pedagógico identificado na elaboração do guia mangá para o ensino de Embriologia no Ensino Médio, este trabalho também apresenta algumas limitações. A primeira delas diz respeito à impossibilidade de aplicação prática do material em sala de aula, em virtude de uma paralisação por greve na escola parceira. Tal circunstância impediu a coleta de dados empíricos sobre a recepção, o engajamento e a efetividade do recurso junto aos estudantes, etapa essencial para validar os resultados de propostas didáticas inovadoras (Anjos *et al.*, 2025; Lima *et al.*, 2022). Além disso, devido à necessidade de concisão própria no formato narrativo e gráfico, nem todos os tópicos centrais da Embriologia puderam ser incluídos, o que limita a abrangência do conteúdo abordado. Tópicos como a organogênese detalhada e falhas do desenvolvimento embrionário, por exemplo, foram apenas mencionados de forma introdutória. Essa limitação também é apontada em estudos como o de Santos *et al.* (2021), que analisam a dificuldade de conciliar profundidade conceitual e acessibilidade didática no ensino de conteúdos biológicos complexos. Contudo, tais restrições não diminuem a relevância da proposta, mas indicam caminhos para aprimoramentos futuros, como a expansão do

material em capítulos sequenciais e a realização de oficinas com turmas piloto, de forma a avaliar e ajustar a eficácia pedagógica em contextos reais.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As discussões desenvolvidas ao longo deste trabalho evidenciam que o ensino de Embriologia no Ensino Médio demanda estratégias didáticas inovadoras, sensíveis à complexidade dos conteúdos e às experiências culturais dos estudantes. A criação de um guia mangá autoral buscou responder a esse desafio, utilizando uma linguagem visual e narrativa reconhecida entre jovens para representar os principais processos do desenvolvimento embrionário. A presença de uma protagonista negra e estudante da rede pública reafirma o compromisso com a representatividade e com a promoção de uma ciência mais democrática e inclusiva, conforme discutido em estudos sobre cultura pop, pedagogia antirracista e midiaticização. Ainda que o material não tenha sido aplicado em sala de aula por razões externas à pesquisa, e que alguns conteúdos da embriologia não tenham sido abordados em profundidade, os resultados teóricos e a fundamentação metodológica indicam que este tipo de recurso pode contribuir para a aprendizagem crítica e afetiva das ciências da vida. Como desdobramentos futuros, propõe-se a ampliação da narrativa em novos capítulos temáticos, a aplicação em turmas reais com avaliação de impacto pedagógico, e a integração do material a sequências didáticas interdisciplinares que considerem saúde, cidadania e ciência como dimensões indissociáveis da formação escolar. Assim, acredita-se que o mangá, mais do que um recurso alternativo, pode se consolidar como uma poderosa ferramenta de ensino e transformação.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, F. C. N. de. *O ensino por investigação criando possibilidades para os professores de ciências e biologia em formação inicial a partir da pesquisa-ação*. 2021.
- AGUIAR, M. L. O. et al. Aplicação de modelos didáticos no ensino de biologia: uma estratégia facilitadora no processo de ensino-aprendizagem nos conteúdos de embriologia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 8, p. 3774–3783, 2024.
- ALMEIDA, M. J. B.; NUNES, A. E. S.; SILVA, F. M. P. Monitoria acadêmica no ensino de embriologia humana: um relato de experiência. *Revista Expressão Católica*, v. 12, n. especial, p. 165–171, 2023.
- ALMEIDA, T.; VIEIRA, G. Compreendendo a embriologia sob a luz da evolução. In: \_\_\_\_\_. *Ensino de Biologia: uma perspectiva evolutiva – v. I: Interdisciplinaridade e evolução*. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2021.
- AMESTOY, M. B.; LEITE, L.; TOLENTINO-NETO, L. C. B. D. A inclusão social através do ensino das ciências: um estudo centrado nos currículos brasileiro e português. 2017.
- AMORIM, E. G.; MEDEIROS-NETA, O. M. Uso de tecnologias assistivas no ensino nas ciências da saúde: uma revisão narrativa da literatura. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 7, p. 2584–2601, 2024.
- ANJOS, B. G. dos et al. O storytelling como metodologia facilitadora do aprendizado em embriologia na educação básica. *Revista Ciências & Ideias*, v. 16, n. 1, p. e25162659, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2025.v16.2659>.
- ARAÚJO, C. I. M. A influência do jogo digital em abordagem investigativa para o ensino de biologia no Ensino Médio remoto. Brasília: Universidade de Brasília, 2024.
- BAPTISTA, A. I. S. et al. Mapeamento dos usos do mangá e animê nas pós-graduações stricto sensu brasileiras de Ensino, Educação e Artes – apontamentos e perspectivas. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, v. 18, n. 54, p. 97–116, 2021.
- BARBOSA, R. C. Cidadania em Ciências Naturais e Biologia através da prática da leitura. *fólio – Revista de Letras*, v. 4, n. 2, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_sit\\_e.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit_e.pdf). Acesso em: 13 maio 2023.
- CAROLINE, J. Os estudos da negritude em midiatização. *Revista da ABPN*, v. 12, n. 33, p. 490–507, 2020.

CARVALHO, R. S.; SANTOS, S. X. Explorando as teorias da aprendizagem: da compreensão clássica às abordagens contemporâneas no contexto do ensino de ciências. *Building the Way: Revista do Curso de Letras da UEG*, v. 14, n. 1, p. 103–119, 2024.

COSTA, J. *Curso básico de desenho – mangá*. Barueri, SP: Camelot, 2022. 160 p.

COSTA JÚNIOR, J. F. et al. Metodologias ativas de aprendizagem e a promoção da autonomia do aluno. *Revista Educação, Humanidades e Ciências Sociais*, v. 10, e00092, 2023.

DA SILVA, K. R. P. A estesia do anime japonês e as suas possibilidades no ensino de história. *Revista Discente Ofícios de Clio*, v. 8, n. 14, p. 496–510, 2023.

DIAS, L. M. *Explorando a densidade: uma sequência de ensino investigativo com realidade aumentada e simulações do PhET Colorado*. 2024.

DUARTE, A. C.; SANTOS, L. C. Uso de modelos tridimensionais no ensino superior nas disciplinas de embriologia, citologia, genética e biologia molecular. *Research, Society and Development*, 2022.

FERREIRA, G. M. *Compreendendo a histologia pela análise da morfofuncionalidade da pele por meio de uma sequência didática realizada com alunos do ensino médio*. 2022.

GOMES, N. L. Raça e educação infantil: à procura de justiça. *Revista e-Curriculum*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 1015–1044, 2019. DOI: <https://doi.org/10.23925/1809-3876.2019v17i3p1015-1044>.

GOMES DOS SANTOS, I. et al. O uso de metodologias ativas no ensino de ciências: um estudo de revisão sistemática. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura*, v. 24, n. 3, p. 69–91, 2020.

JORDÃO, G. M.; SILVA, A. R. Metodologias ativas na educação profissional e tecnológica: desenvolvimento integral do estudante. *Revista de Estudos Interdisciplinares*, v. 6, n. 1, p. 1–21, 2024.

LIMA, M. M. P.; BARBOSA, N. N.; SANTANA, I. C. H. História em quadrinhos no ensino de ciências por investigação: uma experiência do programa residência pedagógica, BIO-FACEDI. *Humanidades e Tecnologia (FINOM)*, v. 33, n. 1, p. 171–182, 2022.

LIMA, N. C. F. et al. Proposta metodológica para o ensino e aprendizagem de embriologia utilizando a metodologia ativa Instrução por Pares (IPP). In: *Anais do X Congresso Nacional de Educação*. Campina Grande: Realize Editora, 2024.

LIU, A. S.; SILVA, R. C.; LIMA, L. S. As histórias em quadrinhos como materiais didáticos alternativos no ensino de ciências. *Revista Compartilhar*, v. 4, n. 1, p. 73–78, 2019.

LOPES, M. M.; PLATZER, M. B. O uso de recursos didáticos como estratégia no ensino de Ciências e Biologia. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 16, n. 1, p. 173–182, 2013. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2013.v16i1.54>.

LUZ, J. R. D. et al. O uso de desenhos no estilo mangá como ferramenta didático-pedagógica para o ensino de Bioquímica. In: MONTEIRO, S. A. S. (org.). *Pensando as Licenciaturas 3*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2019.

MACEDO, B. T. C. *O ensino por investigação e o protagonismo estudantil no ensino de biologia: conhecimentos teóricos e práticos sobre as abelhas nativas*. 2024.

MARTINS, L. A. *Intersexualidade na escola: uma proposta de cartilha para docentes de biologia*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2024.

MEDEIROS, R. D. O. et al. Formação docente em metodologias de aprendizagem ativa. *Interface – Comunicação, Saúde, Educação*, v. 26, e210577, 2022.

MELLO, N. N. et al. O caminho do desenvolvimento: uma abordagem lúdica no ensino de genética e embriologia. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 11, n. 2, 2021.

MORAN, J. *Metodologias ativas de bolso: como os alunos podem aprender de forma ativa, simplificada e profunda*. 2021.

MOREIRA, F. G. et al. Guia mangá de estatística: o uso do paradidático no ensino médio. In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campina Grande: Realize, 2023.

MOTOKANE, M.; VERSUTE-STOQUI, F. M.; TRIVELATO, S. L. Características de sequências didáticas promotoras da alfabetização científica no ensino de Biologia. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, n. extra, p. 2421–2424, 2013.

MOUL, R. A. T. M. et al. Ensino-aprendizagem de embriologia sob a luz dos paradigmas da Ciência: uma análise sobre as argumentações de estudantes do ensino médio. In: *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC*. Florianópolis: UFSC, 2017.

OLIVEIRA, A. A. Construção de modelos didáticos para o ensino do desenvolvimento embrionário humano. *Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar*, v. 19, n. 1, 2015.

PANIAGUA, S. K. A. et al. A relação CTSA e formação para a cidadania no discurso dos autores dos livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, n. extra, p. 241–246, 2013.

PEREIRA DA CUNHA, F. C. Aspectos introdutórios do mangá como fonte: da gênese desse impresso até a redução da produção durante a Segunda Guerra Mundial. *Mundo Livre: Revista Multidisciplinar*, v. 4, n. 1, p. 32–46, 2018.

PIRES RODRIGUES, D.; BARBOSA, A. T. Histórias em quadrinhos no ensino de Biologia: dificuldades e possibilidades. *Revista Interdisciplinar em Ensino de Ciências e Matemática*, v. 2, n. 1, p. 59–69, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20873/riecim.v2i1.14679>.

RESENDE, L. G. *Panorama sobre metodologias ativas voltadas ao ensino de física*. 2023.

ROCHA, A. A. da; VARGAS, H. Da cultura de massa ao pop: definições e histórico da cultura pop. *Revista Comunicação Midiática*, v. 16, n. 1, p. 35–45, 2021.

SANTANA DA SILVA, L. Mangás e ensino de História: uma possibilidade de renovação no ensino-aprendizagem do conhecimento histórico. *Regrasp – Revista para Graduandos / IFSP-Câmpus São Paulo*, v. 4, n. 3, p. 87–102, 2019.

SANTOS, L. C.; RIBEIRO, K. S.; PRUDÊNCIO, C. A. V. Desafios no ensino de embriologia: interlocuções entre formação inicial e escola. *Interfaces da Educação*, v. 13, n. 38, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26514/inter.v13i38.4557>.

SANTOS, L. C.; RIBEIRO, K. S.; PRUDÊNCIO, C. A. V. Percepções de licenciandos em Ciências Biológicas quanto ao ensino de embriologia na Educação Básica: dificuldades e estratégias de transposição didática. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 11, n. 7, p. 276–297, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26843/rencima.v11i7.2480>.

SANTOS, V. J. da R. M.; GARCIA, R. N. Quadrinhos: uma breve história, conceitos e utilização no ensino de ciências naturais. *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade*, v. 2, p. 90–100, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14571/brajets.v12.n2.90-100>.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SILVA, L. O. da et al. Mangá *Dr. Stone* como estratégia de atividade lúdica para o ensino de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 9, n. 1, p. 40–55, 2023.

SOUZA, F. O. de et al. A importância de ensinar embriologia humana no Ensino Médio: uma análise de livros didáticos de Biologia recomendados pelo PNLD 2018. *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, v. 12, n. 26, p. 208–225, 2020.

SOUZA, M. L.; FREITAS, D. O cotidiano de educandos trabalhado na prática educativa de professores de biologia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 2, 2004.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 19, p. 795–809, 2013.

TORRES, C. I. O. et al. Uso do anime *Hataraku Saibou (Cells at Work!)* numa proposta metodológica para o ensino de Biologia. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 5, n. 1–2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30691/relus.v5i1-2.2835>.

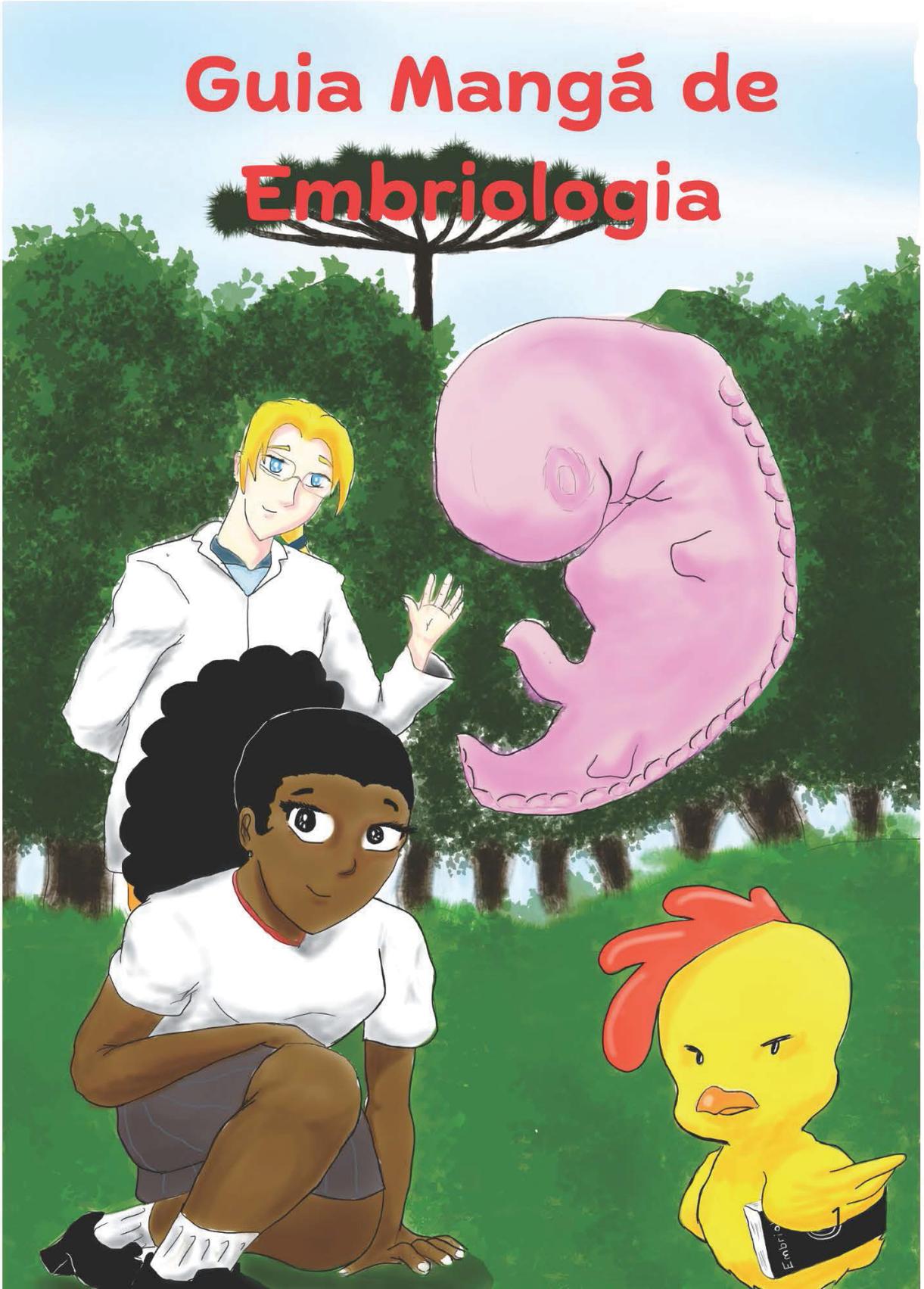
URBANO, K. et al. Mapeando a produção científica sobre cultura pop japonesa na América Latina: uma revisão integrativa da literatura. *Prajna: Revista de Culturas Orientais*, v. 7, p. 55–81, 2023.

ZANONI, A. A. O mangá como arte, história e narrativa: relações entre o “eu” e o “outro”. *Revista Angelus Novus*, v. 16, n. 16, p. 97–114, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-5487.v16i16p1-17>.

## **APÊNDICE 1**

### **Guia Mangá de Embriologia**

# Guia Mangá de Embriologia



# **Guia Mangá de Embriologia**

# **Guia Mangá de Embriologia**

Roteiro e arte: Leandro Gomes da Silva



## Personagens

**Edna:**

Estudante do 3º ano do Ensino Médio, estagiária de iniciação científica no Laboratório de Biologia do Desenvolvimento.

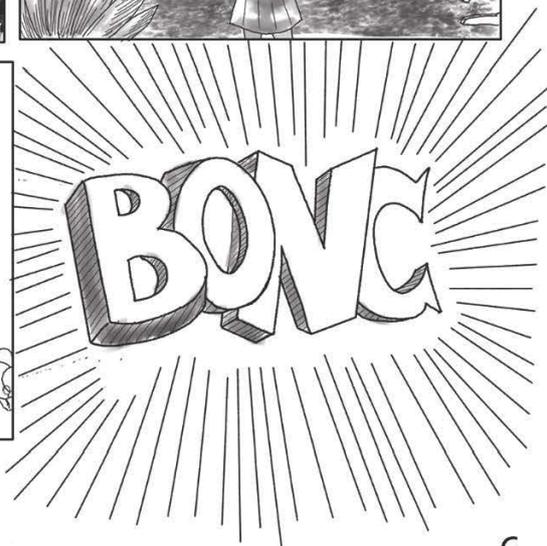
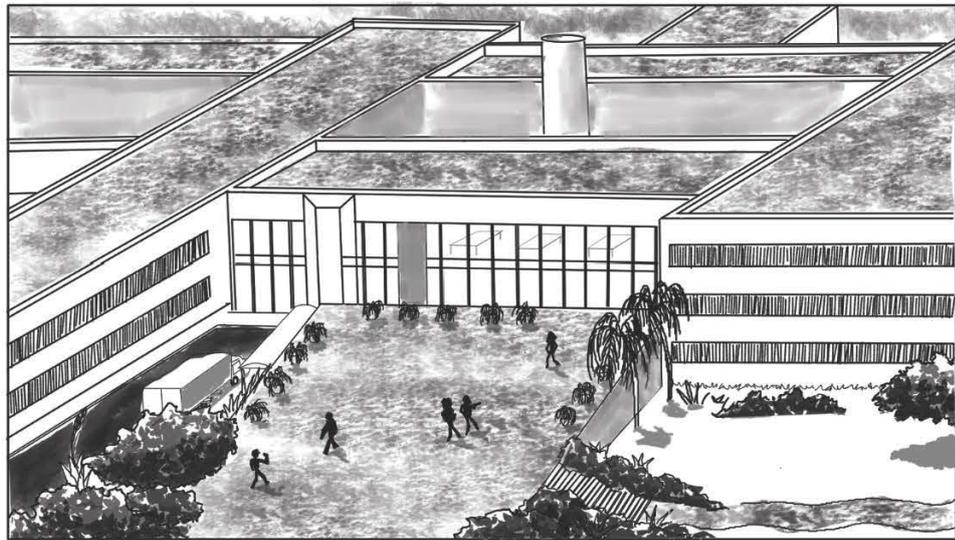
**Pedro:**

Doutorando do mesmo laboratório. É o pesquisador tutor de Edna durante seu estágio.

**Birdie:**

Animal de laboratório, representante do organismo modelo de ave. Seu papel no laboratório ainda é um mistério...















ERR... DESCULPE, LUCAS.  
MAS NÃO ENTRAMOS NO  
LABORATÓRIO ERRADO?

COMO ASSIM?

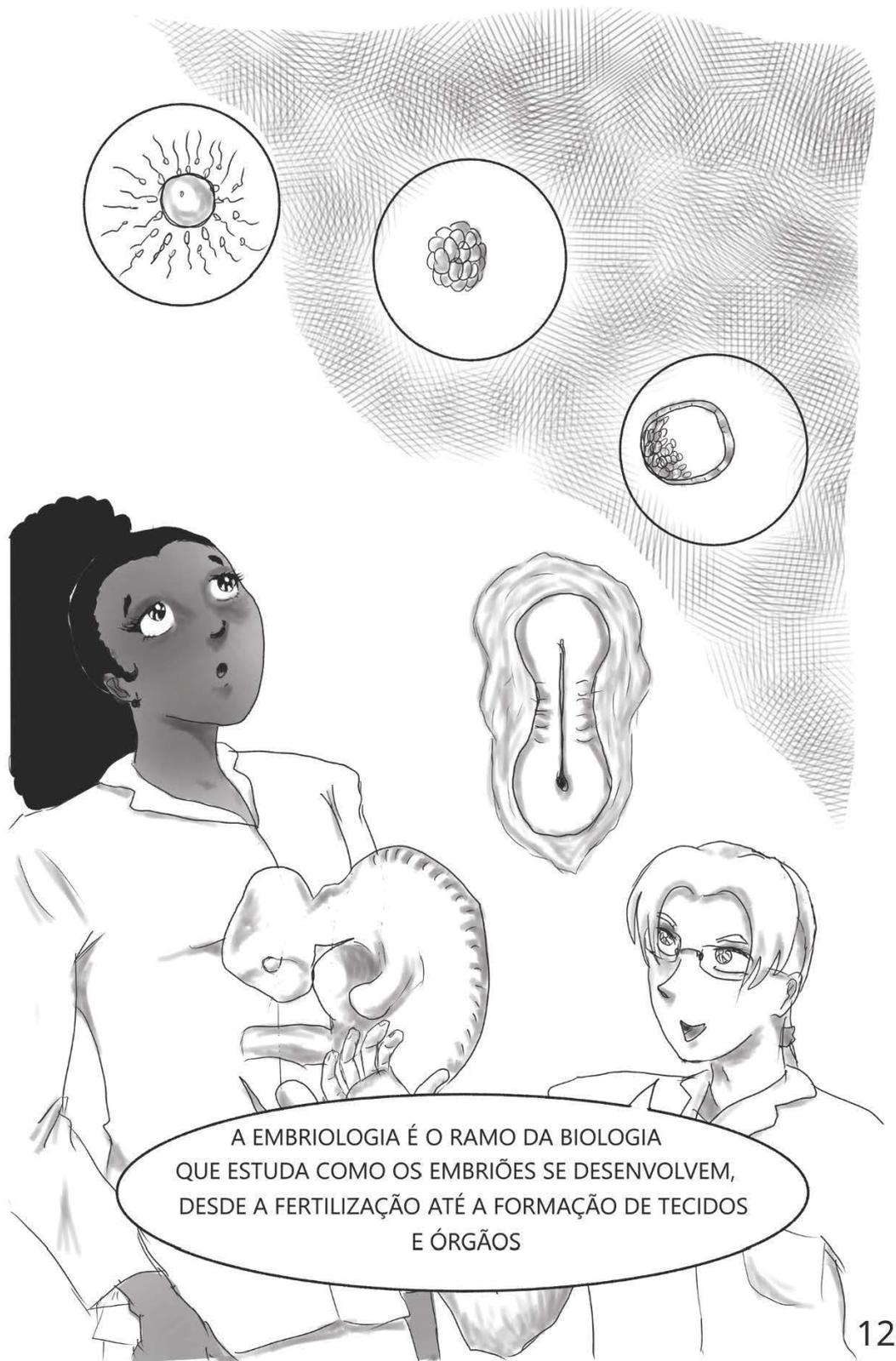
LABORATÓRIO DE  
BIOLOGIA DO  
DESENVOLVIMENTO

NÃO VAMOS AO  
LABORATÓRIO DE  
EMBRIOLOGIA?

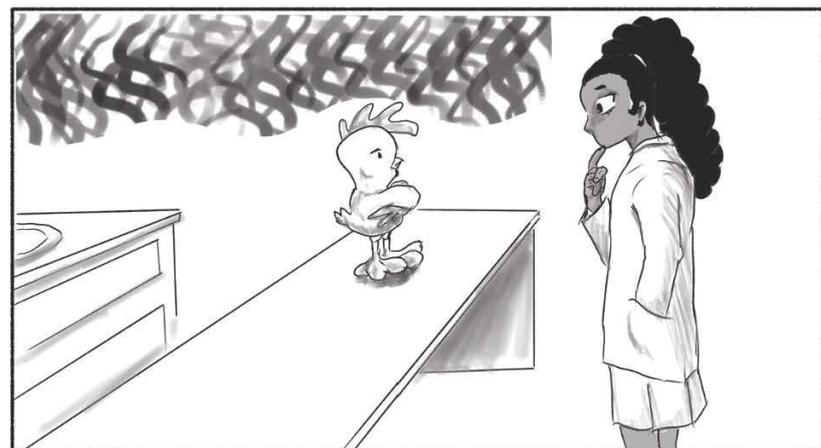


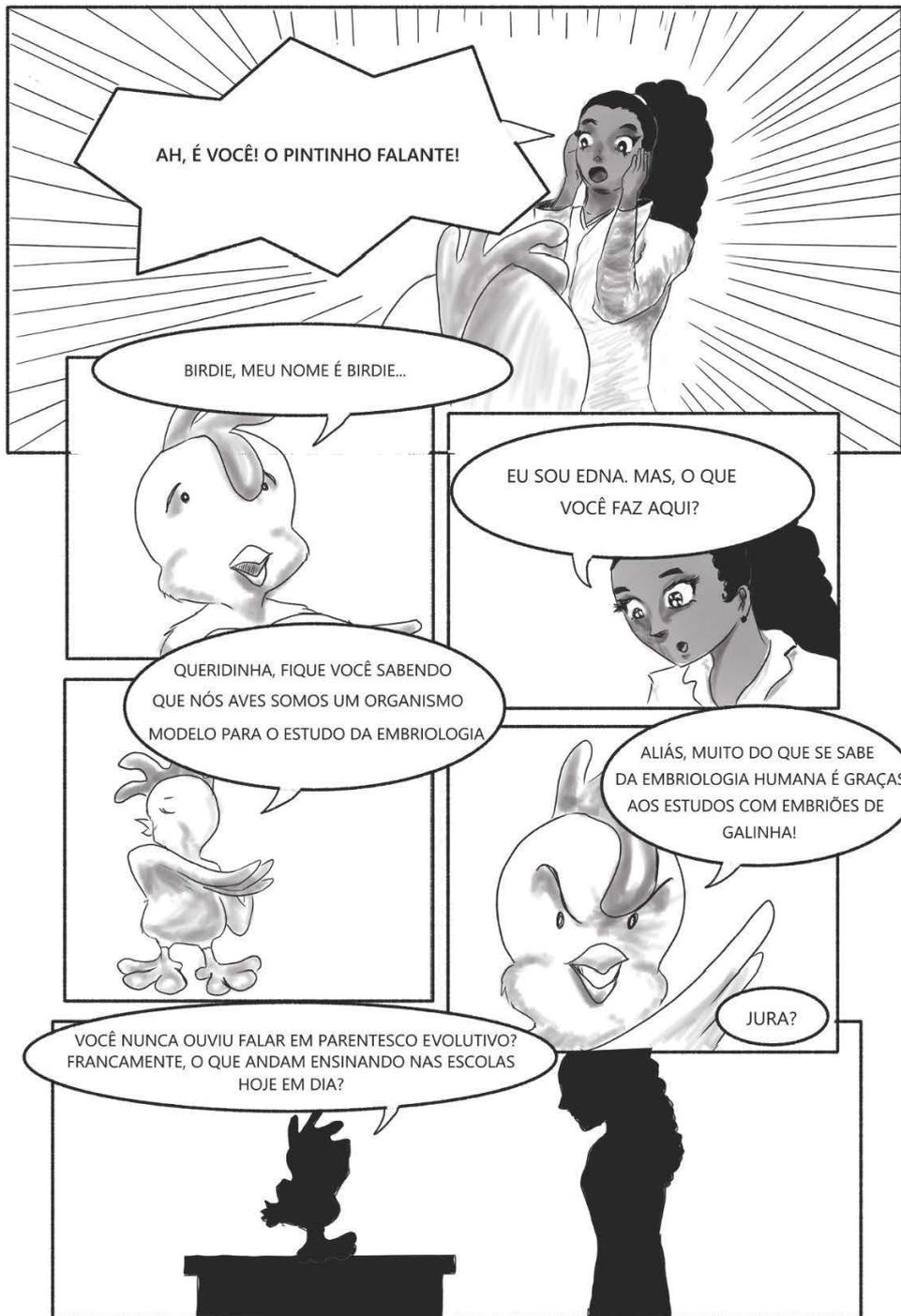
AH SIM, ESSA É UMA DÚVIDA  
BEM COMUM PARA QUEM ESTÁ  
INICIANDO

CHAMOU DE NOVATA  
NA CARA DURA...

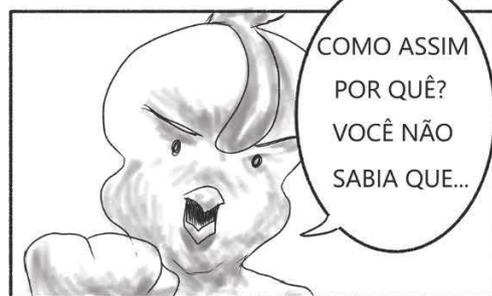










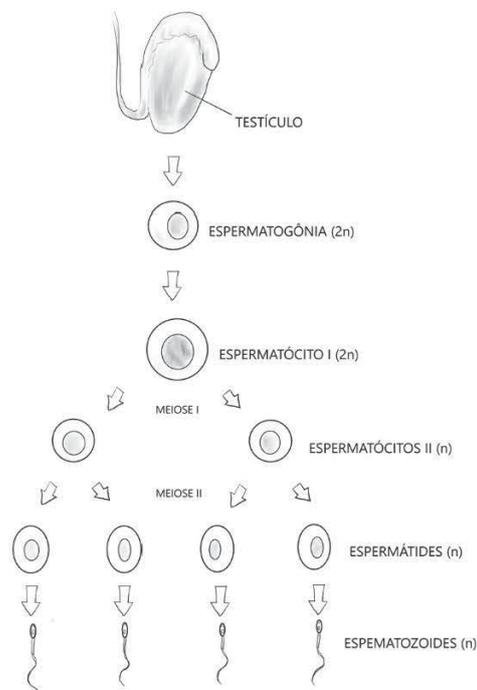


## Gametogênese: a produção dos gametas

A produção de gametas, ou células reprodutivas, ocorre nos testículos no homem e nos ovários na mulher. Durante o processo de espermatogênese nos homens, as células precursoras dos espermatozoides passam por várias divisões celulares para formar espermatozoides maduros. Enquanto isso, durante a ovogênese nas mulheres, as células precursoras dos óvulos passam por um processo de maturação para formar óvulos maduros. Ambos os processos envolvem a redução do número de cromossomos pela metade, garantindo que, quando ocorrer a fecundação, uma nova célula com o número correto de cromossomos seja formada.

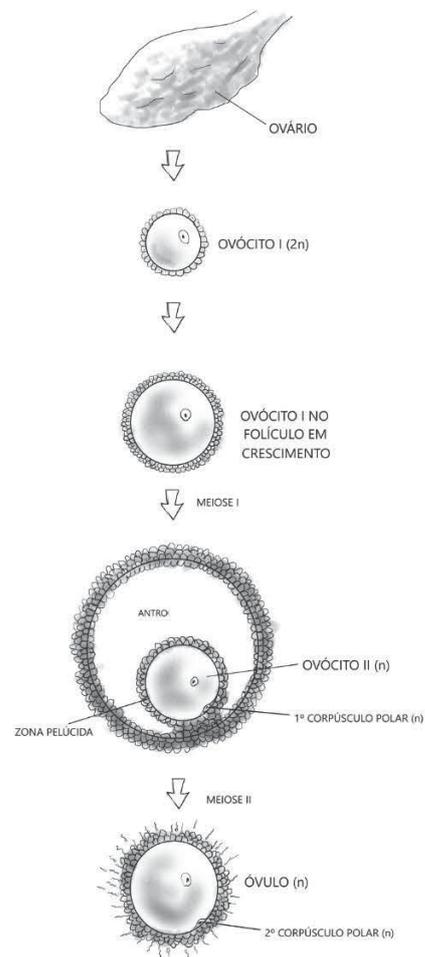
### Espermatogênese

Durante a espermatogênese, as células germinativas nos testículos passam por uma série de divisões celulares para formar espermatozoides. Os espermatozoides imaturos passam por um processo de maturação à medida que avançam através dos túbulos seminíferos. Ao final do processo, os espermatozoides maduros são liberados no ducto deferente e posteriormente misturados com secreções das vesículas seminais e da próstata para formar o sêmen. Cada ejaculação pode conter milhões de espermatozoides, dos quais apenas um será bem-sucedido na fecundação do óvulo.



## Ovogênese

Durante a ovogênese, as células germinativas nos ovários passam por um processo de maturação para formar um óvulo maduro. Ao contrário da espermatogênese, a ovogênese resulta em apenas um óvulo maduro por ciclo menstrual. As células precursoras dos óvulos iniciam o processo de divisão, mas apenas uma das células filhas se tornará um óvulo maduro, enquanto as outras se transformarão em células polares. Esse óvulo maduro é liberado do ovário durante a ovulação e aguarda a possível fertilização pelo espermatozoide.



## Tipos de ovos

Na embriologia, os ovos (ou zigotos) são classificados de acordo com a quantidade e a distribuição do **vitelo** (reserva nutritiva) no citoplasma. Essas características influenciam no desenvolvimento embrionário.

Os principais tipos são:

- **Ovos Oligolécitos (pouco vitelo)**

Possuem pouco vitelo, distribuído de forma homogênea. Como exemplo temos os ovos dos mamíferos (incluindo humanos) e ouriços-do-mar.

- **Ovos Heterolécitos (vitelo moderado e desigual)**

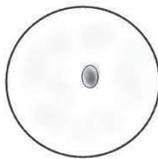
Têm uma quantidade média de vitelo, concentrado em um dos polos (polo vegetativo), enquanto o polo animal tem mais material genético. A clivagem é mais lenta no polo com vitelo. Exemplos: anfíbios.

- **Ovos Telolécitos (muito vitelo)**

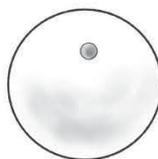
Apresentam enorme quantidade de vitelo, ocupando quase todo o ovo, com o núcleo deslocado para uma pequena região (disco germinativo). O embrião se forma apenas no disco germinativo. Exemplos: peixes ósseos, répteis e aves.

- **Ovos Centrolécitos (vitelo central)**

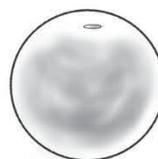
O vitelo fica no centro do ovo, e o citoplasma fica na periferia. A clivagem ocorre apenas na região periférica. Exemplos: ovos de insetos, como a mosca-das-frutas.



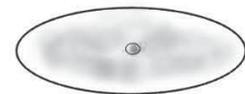
OVO OLIGOLÉCITO



OVO HETEROLÉCITO



OVO TELOLÉCITO

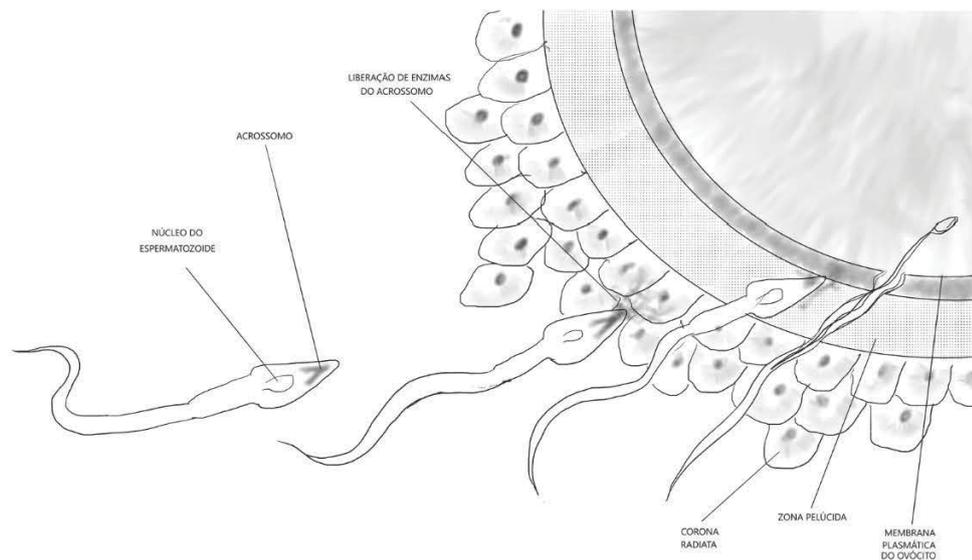


OVO CENTROLÉCITO

### Fecundação: o encontro dos gametas

O encontro dos gametas ocorre no interior das tubas uterinas, onde o espermatozoide é atraído pela liberação de substâncias químicas pelo óvulo. O espermatozoide penetra na camada externa do óvulo e, após a fusão das membranas plasmáticas, ocorre a entrada do espermatozoide no interior do óvulo, desencadeando a reação acrossômica.

Após a penetração do espermatozoide, o óvulo sofre modificações em sua estrutura, bloqueando a entrada de outros espermatozoides. A fusão dos núcleos dos gametas desencadeia a ativação do zigoto e inicia o desenvolvimento embrionário.



# **Capítulo 1**

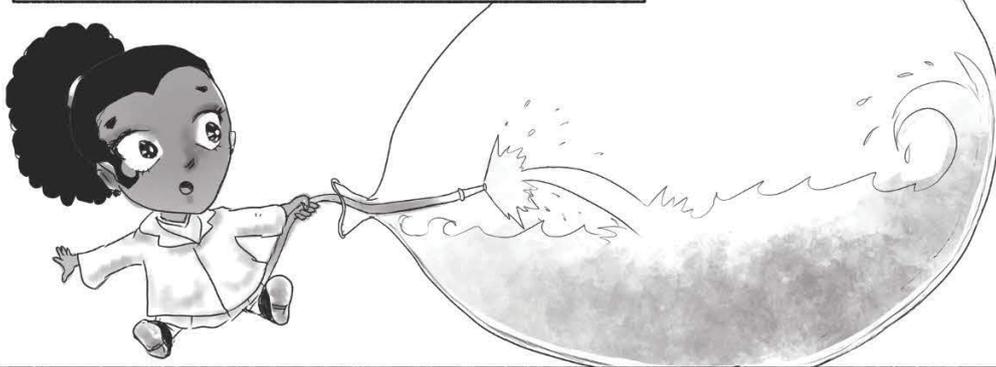
## **Os primeiros passos**

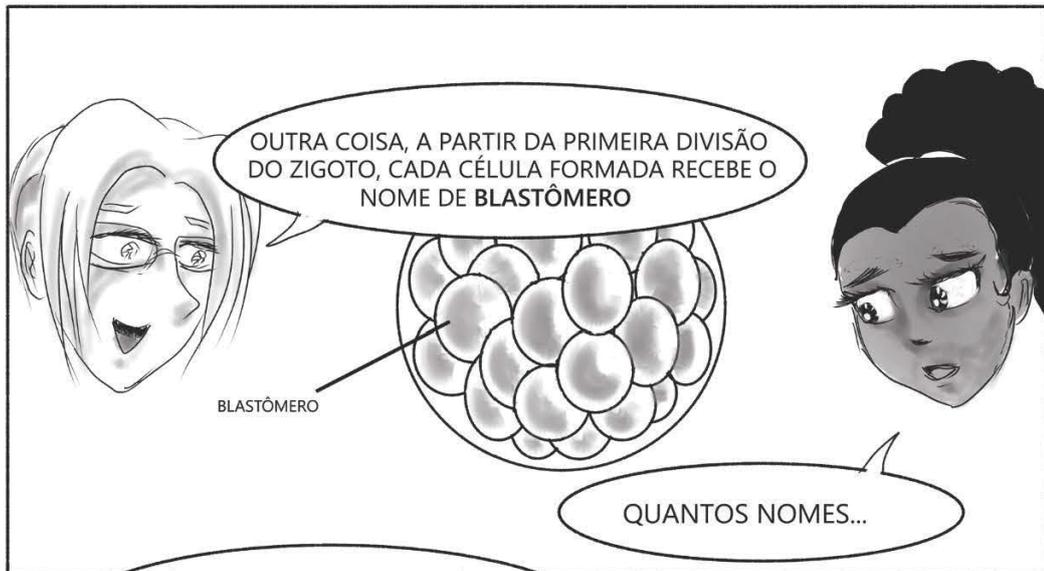






IMAGINE QUE VOCÊ ESTÁ ENCHENDO UM BALÃO COM ÁGUA. À MEDIDA QUE O BALÃO EXPANDE, ELE CRIA UMA CAVIDADE PREENCHIDA PELO LÍQUIDO, ENQUANTO A SUPERFÍCIE DO BALÃO É UMA CAMADA FINA E CONTÍNUA

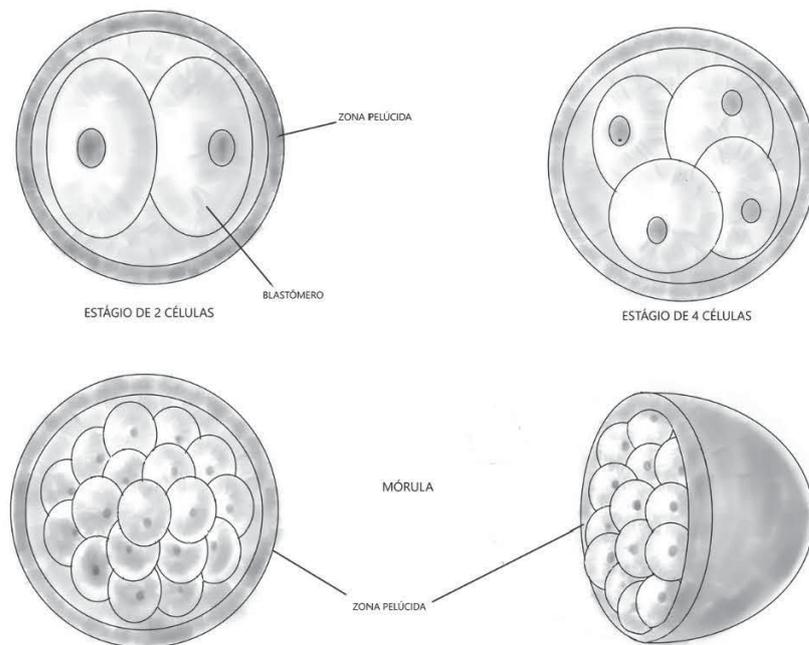






## Desenvolvimento inicial do embrião

Nesta fase inicial do desenvolvimento do embrião, ocorre a segmentação, ou **clivagem**, que é o processo de divisão celular que resulta na formação de células chamadas **blastômeros**. A segmentação começa logo após a fertilização, e as células resultantes da divisão rápida do zigoto formam uma esfera maciça chamada **mórula**.



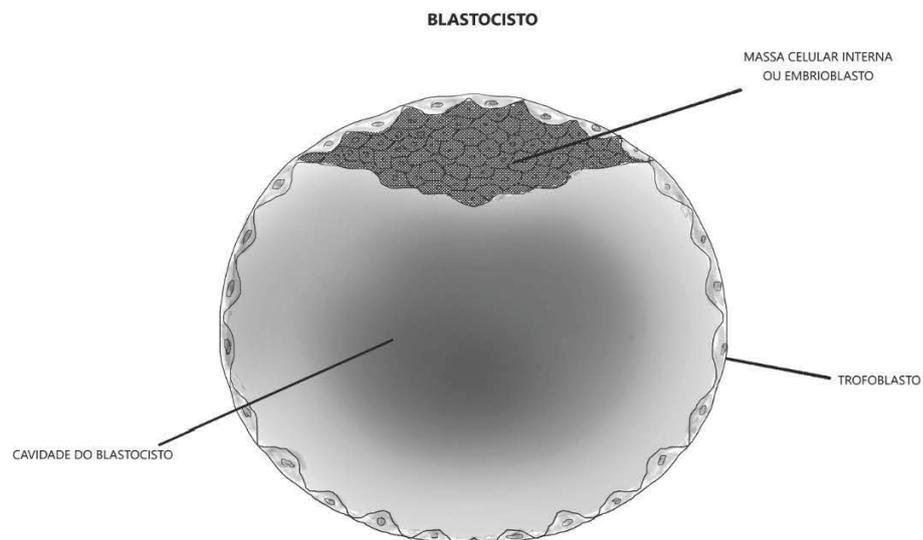
## Blastulação

O ser humano apresenta o ovo com pouca quantidade de vitelo (oligolécito). Seu padrão de clivagem é classificado como **holoblástico** (ocorre em todo o ovo), e rotacional, com divisões assimétricas.

As primeiras clivagens ocorrem no plano meridional e depois no plano equatorial.

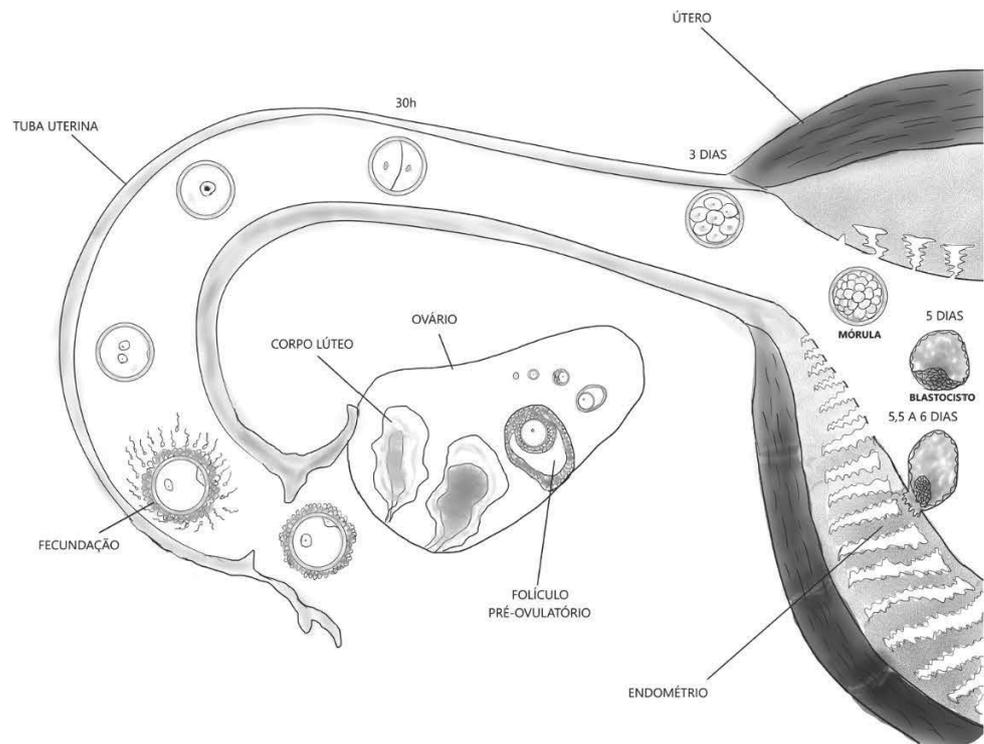
Forma-se uma mórula (aglomerado sólido de células) e, posteriormente, uma **blástula** chamada **blastocisto**.

O blastocisto possui uma cavidade (**blastocelo**) e uma diferenciação em **trofoblasto** (camada externa) e massa celular interna (ou **embrioblasto**), que dará origem ao embrião.



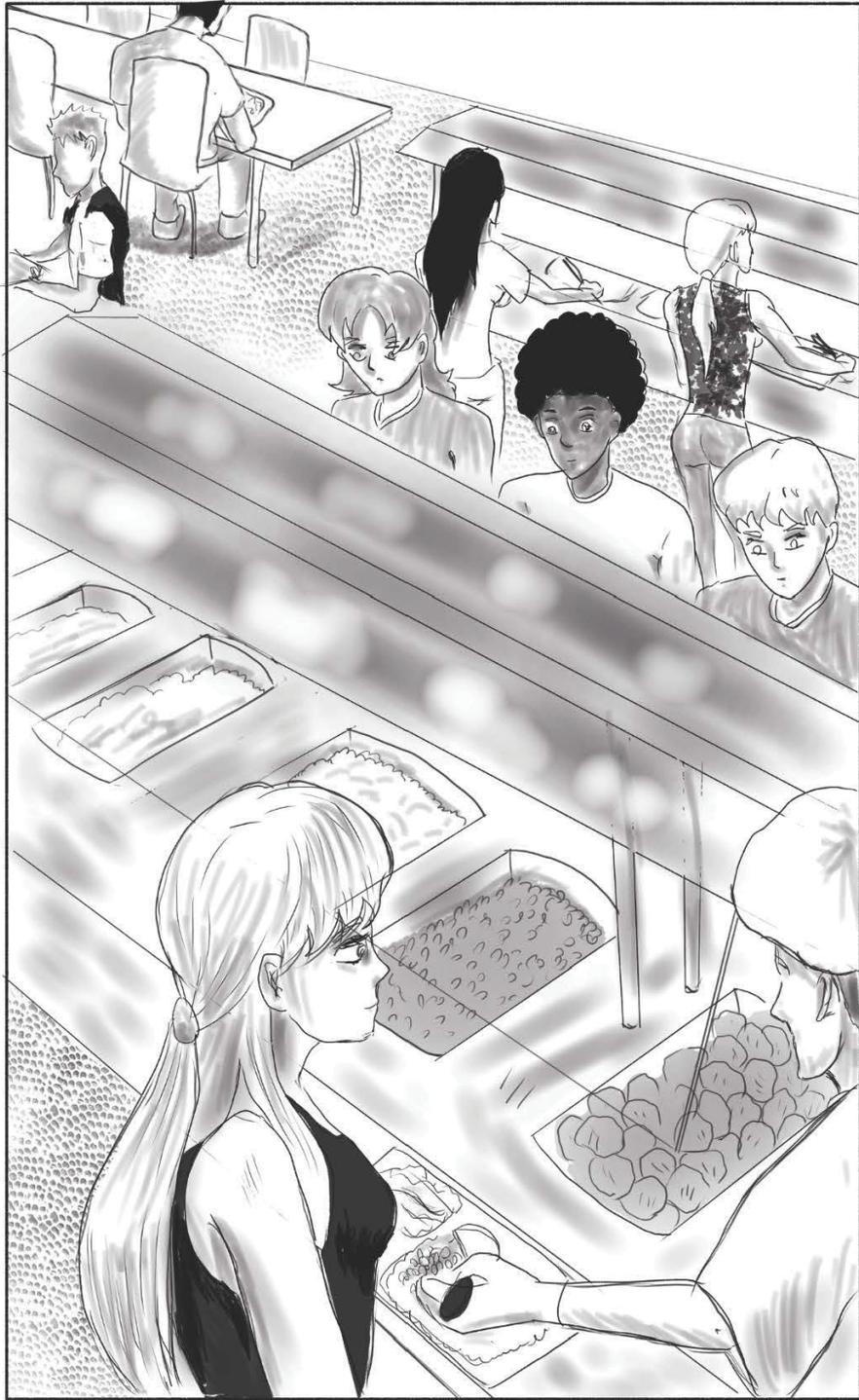
## Implantação e formação da placenta

Durante a implantação (ou **nidação**), o embrião em desenvolvimento se fixa na parede do útero, onde ocorrerá a formação da placenta. Esse processo é essencial para garantir a nutrição e oxigenação do feto ao longo da gestação. A nidação geralmente ocorre cerca de uma semana após a fecundação, e a formação da **placenta** se inicia a partir das **células trofoblásticas** que se diferenciam e se unem às estruturas uterinas. A placenta desempenha um papel crucial no fornecimento de nutrientes necessários para o desenvolvimento do embrião, além de atuar na produção de hormônios que mantêm a gravidez.



## **Capítulo 2**

# **Cada célula em seu devido lugar**









## Gastrulação

A gastrulação é um dos processos mais cruciais do desenvolvimento embrionário, sendo responsável pela formação das camadas germinativas que darão origem a todos os tecidos e órgãos do organismo. Ela ocorre logo após a clivagem e a formação da blástula, sendo um marco na transição do desenvolvimento inicial para a **organogênese**.

### Principais aspectos da gastrulação

#### 1. Formação dos folhetos embrionários

Durante a gastrulação, as células do embrião se reorganizam para formar três camadas principais:

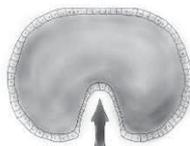
- **Ectoderme:** dará origem ao sistema nervoso e à epiderme.
- **Mesoderme:** formará músculos, ossos, sistema circulatório e outros tecidos conjuntivos.
- **Endoderme:** dará origem ao trato digestivo e órgãos associados, como fígado e pulmões.

#### 2. Movimentos celulares coordenados

A gastrulação envolve movimentos celulares complexos, como:

:

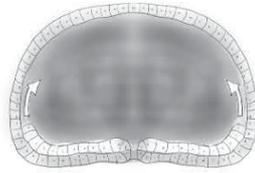
- **Invaginação:** células da superfície se dobram para dentro do embrião.



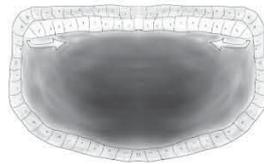
- **Epibolia:** expansão e deslocamento de células superficiais para cobrir o embrião.



- **Involução:** células migram para dentro do embrião, formando camadas internas.



- **Delaminação:** separação de uma camada celular em duas folhas paralelas de células.



- **Ingressão:** migração individual de células para o interior do embrião.



### 3. Estabelecimento do eixo corporal

A gastrulação define os eixos embrionários (anteroposterior, dorsoventral e esquerda-direita), garantindo a correta orientação dos órgãos e estruturas futuras.

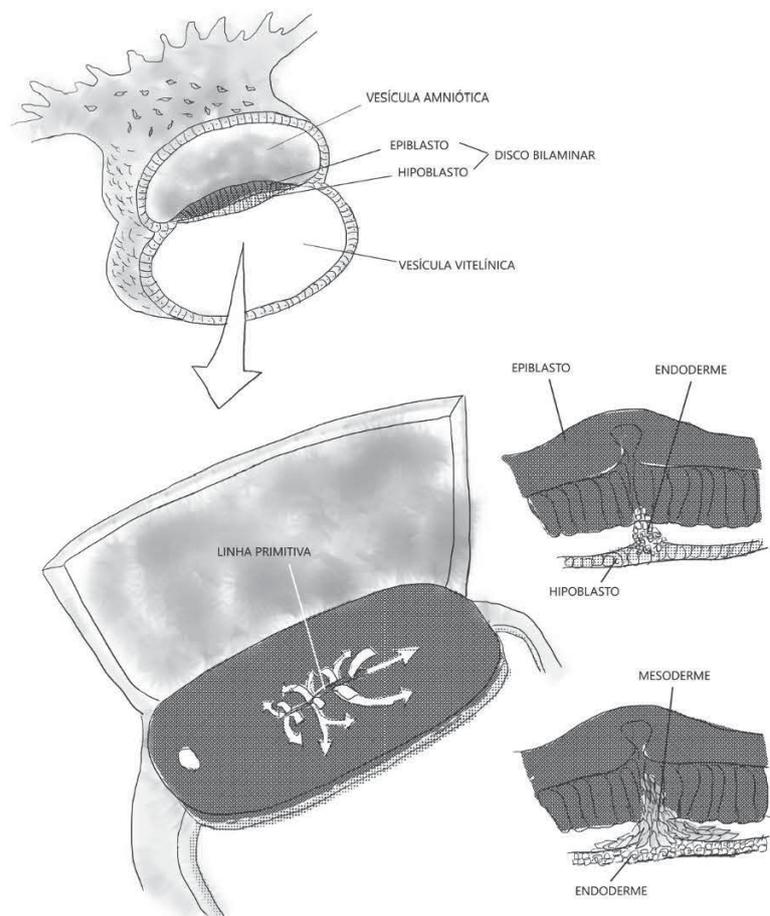
### 4. Indução e diferenciação celular

A reorganização celular expõe grupos de células a diferentes sinais químicos, promovendo a indução de tecidos e determinando seu destino no desenvolvimento.

## Etapas da gastrulação

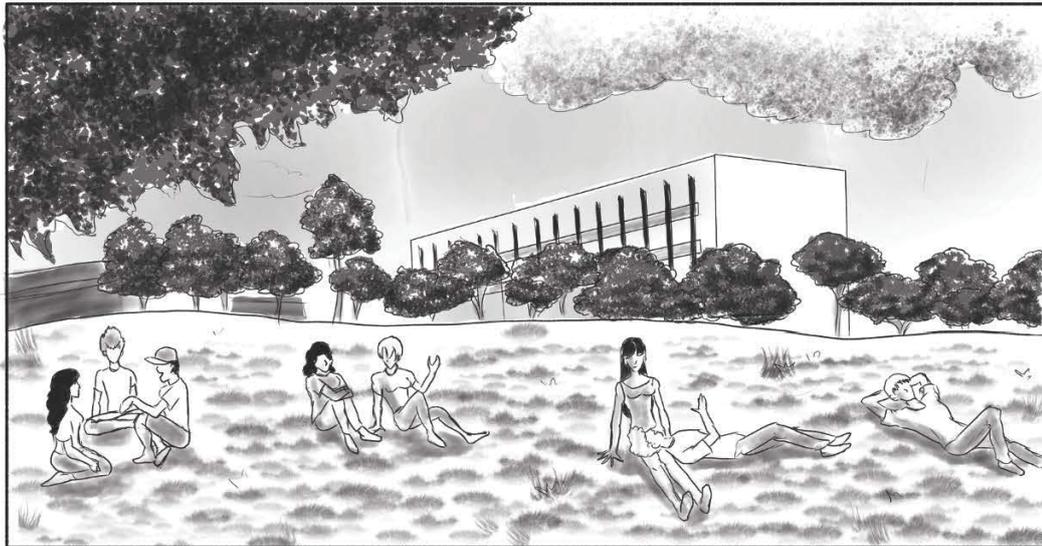
A gastrulação humana ocorre de maneira semelhante à das aves, pois os mamíferos desenvolveram um embrião discoide. As etapas incluem:

- **Formação do disco bilaminar:** o embrião inicial apresenta duas camadas, **epiblasto** e **hipoblasto**.
- **Linha primitiva:** surge no epiblasto e funciona como um local de migração celular.
- **Invaginação e diferenciação celular:** células do epiblasto migram através da linha primitiva e se diferenciam em endoderme e mesoderme.
- **Formação da notocorda:** células ingressam pelo nó primitivo e formam um bastão celular mediano que servirá como eixo de orientação do embrião.



# **Capítulo 3**

## **Fazendo conexões**





\*ORNITÓLOGO: CIENTISTA ESPECIALIZADO NO ESTUDO DE AVES





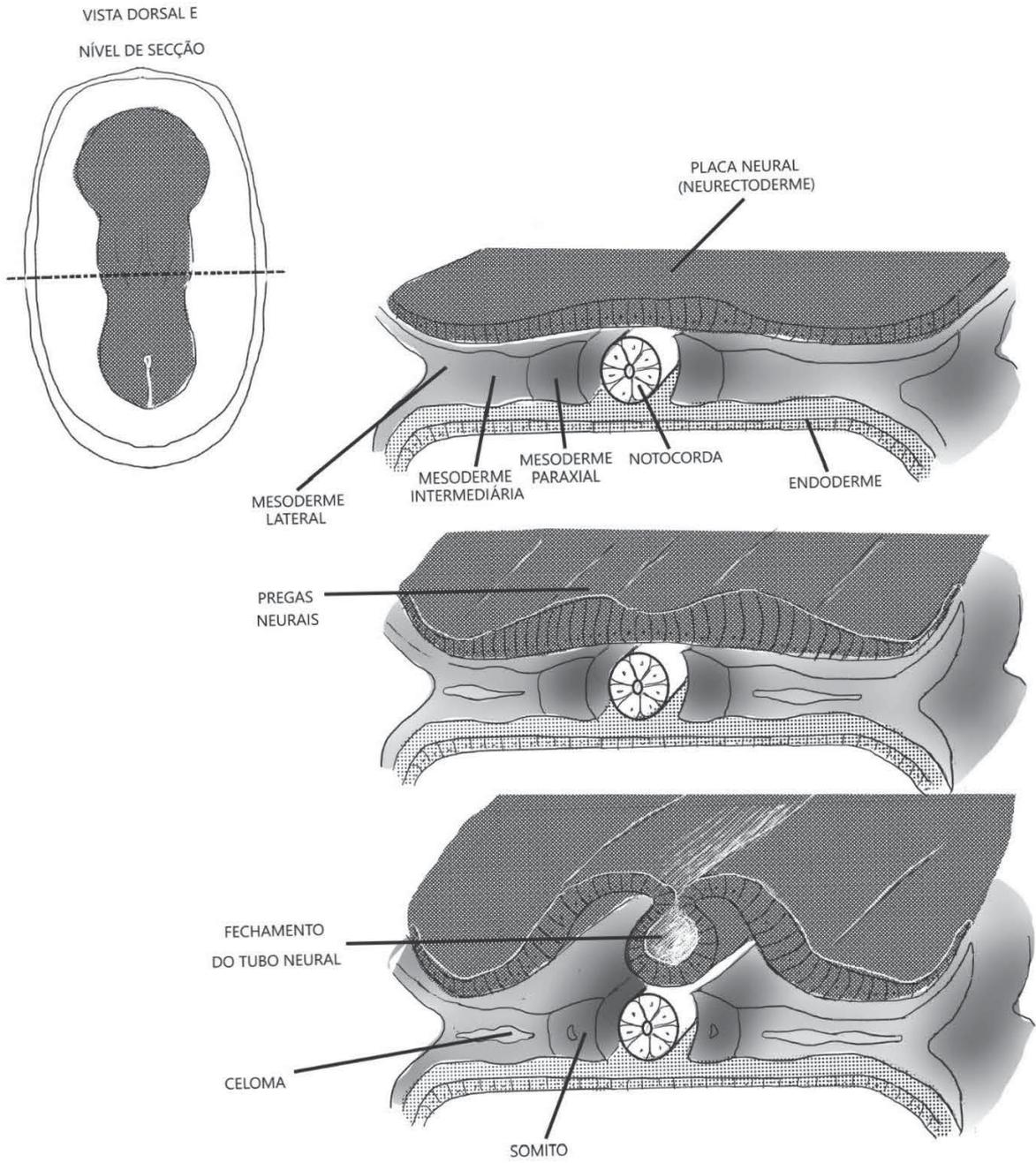
## Neurulação

A neurulação é uma das etapas mais importantes do desenvolvimento embrionário dos vertebrados, pois dá origem ao sistema nervoso central (cérebro e medula espinhal). Esse processo ocorre logo após a gastrulação e envolve mudanças complexas na forma das células e na organização dos tecidos.

A neurulação transforma uma região do embrião chamada **placa neural** em um tubo, conhecido como **tubo neural**. Esse tubo será a base para a formação do cérebro e da medula espinhal. O processo pode ser dividido em duas fases principais:

1. **Neurulação Primária** (em humanos e outros vertebrados superiores)
  - A placa neural (camada de células na ectoderme) começa a se dobrar e formar sulcos.
  - As bordas da placa neural se elevam e se encontram, formando um tubo neural fechado.
  - Esse tubo se separa da ectoderme e se aprofunda no embrião.
2. **Neurulação Secundária** (em algumas regiões do embrião)
  - O tubo neural se forma a partir da condensação e cavitação de células mesenquimais, sem a invaginação típica da neurulação primária.
  - Isso ocorre principalmente na região mais posterior da medula espinhal.

EMBRIÃO DE 19 A 21 DIAS

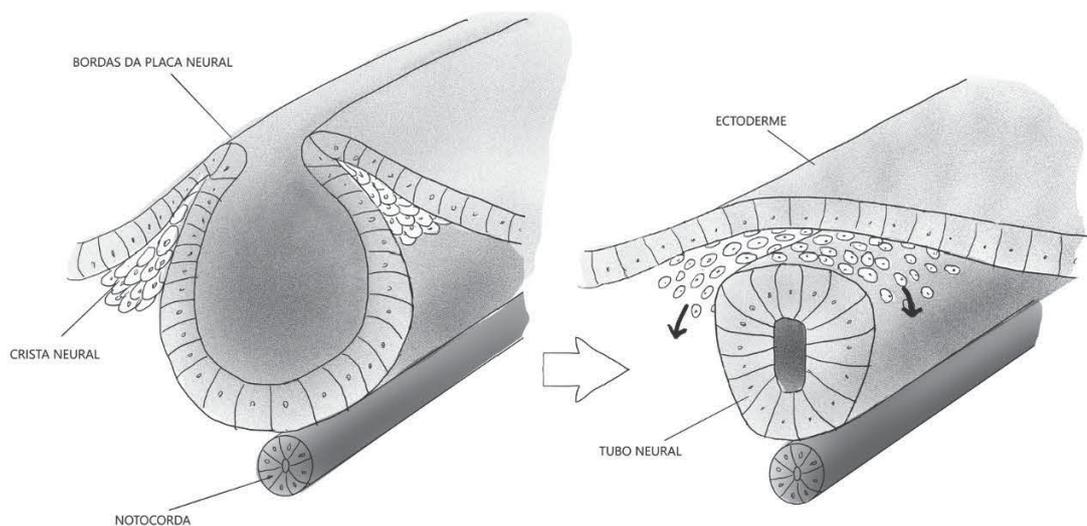


## Crista Neural

A crista neural é uma população de células embrionárias única dos vertebrados, que surge durante a neurulação, a partir do ectoderma neural. Essas células são altamente migratórias e pluripotentes, ou seja, podem se diferenciar em diversos tipos celulares e formar múltiplas estruturas no corpo.

### Como a Crista Neural se forma?

1. **Neurulação:** durante a formação do tubo neural, algumas células na borda da placa neural se destacam.
2. **Indução:** sinais químicos regulam a especialização dessas células.
3. **Migração:** as células da crista neural se desprendem e migram para diferentes partes do embrião.
4. **Diferenciação:** dependendo do local de migração, essas células se tornam neurônios, melanócitos, células ósseas, entre outras.

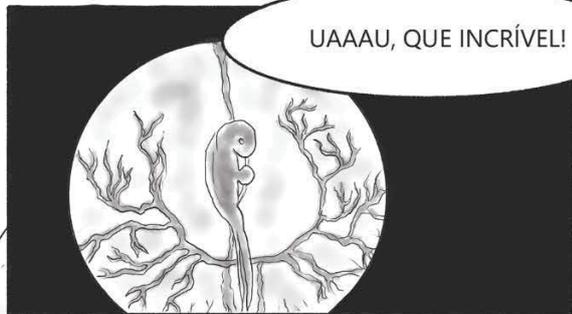


# **Capítulo 4**

## **Anexos importantes**



OLHA, EDNA. DESSA VEZ,  
É UM EMBRIÃO DE GALINHA



UAAAU, QUE INCRÍVEL!



TEM MUITOS VASOS  
SANGUÍNEOS EM  
VOLTA DA GEMA



SIM, NÃO SE ESQUEÇA DE QUE  
A FUNÇÃO DO VITELO É NUTRIR  
O EMBRIÃO

ALIÁS, ESSA ESTRUTURA TODA É O SACO VITELÍNICO. ELA E MAIS OUTRAS COMPÕEM OS ANEXOS EMBRIONÁRIOS.

JUNTAS, ELAS PERMITEM QUE O EMBRIÃO CRESÇA E SE DESENVOLVA

MAS, SE SÃO TÃO IMPORTANTES, POR QUE SÃO CHAMADAS DE ANEXOS?

CASCA

ALBÚMEN

SACO VITELÍNICO

CÓRIO

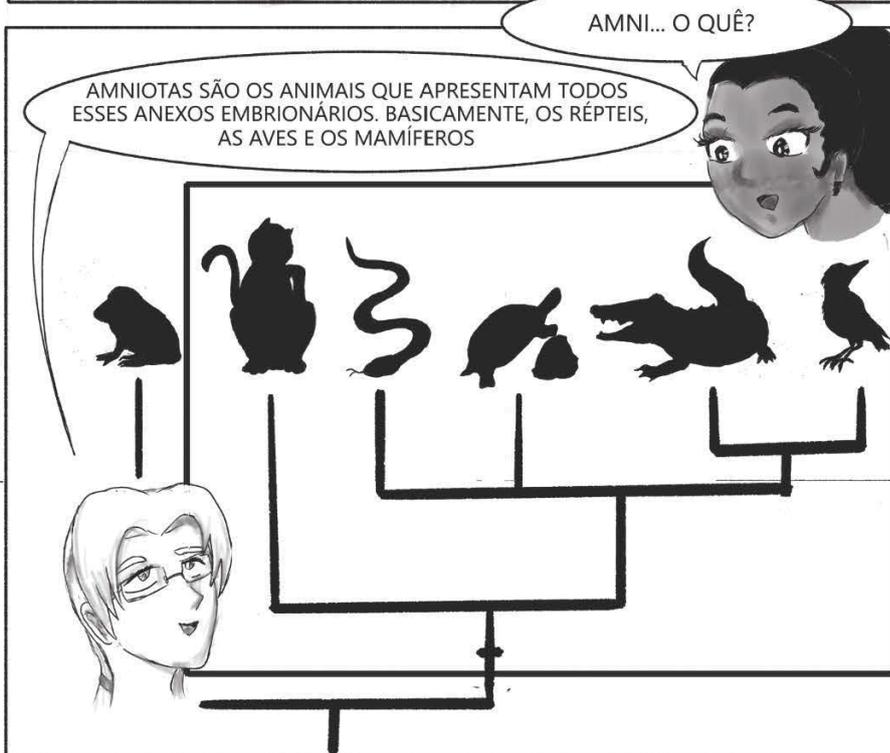
ALANTOIDE

ÂMNIO

EMBRIÃO

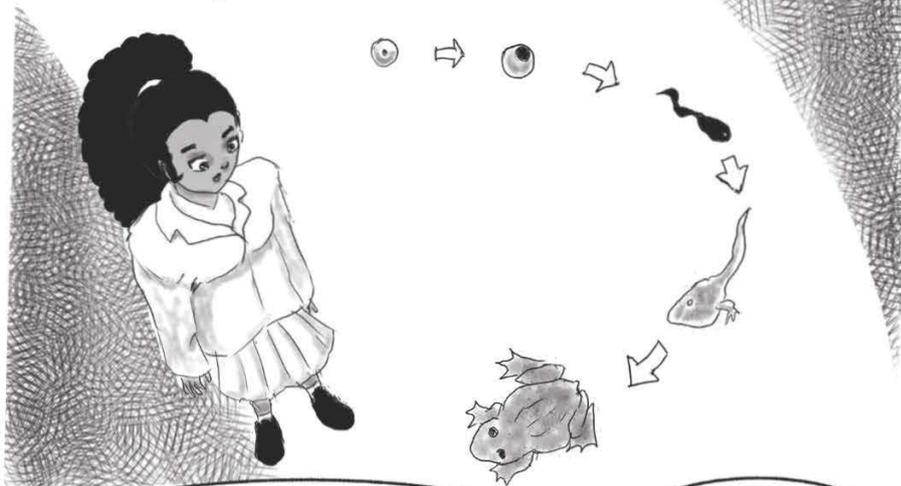
PORQUE ELAS NÃO FAZEM PARTE DO CORPO DO EMBRIÃO, PROPRIAMENTE DITO

SÃO COMO PEQUENAS BOLSAS QUE ARMAZENAM ALGUM TIPO DE SUPRIMENTO PARA O EMBRIÃO





BEM, O OVO DO ANFÍBIO É MOLINHO E FICA NA ÁGUA...







## Anexos embrionários

Os anexos embrionários são estruturas temporárias que se formam durante o desenvolvimento embrionário dos vertebrados amniotas (répteis, aves e mamíferos). Eles não fazem parte do embrião propriamente dito, mas são essenciais para sua nutrição, respiração, proteção e excreção até o nascimento.

Nas aves e répteis, os anexos permitem o desenvolvimento dentro do ovo. Nos mamíferos placentários, alguns anexos se modificam para interagir com a placenta.

Os principais anexos são: saco vitelino, âmnio, cório e alantoide.

### 1. **Saco Vitelino** – armazena nutrientes

- Contém o vitelo, fonte de nutrientes para o embrião.
- Em aves e répteis, é muito grande, pois o embrião depende do vitelo para se desenvolver.
- Em mamíferos placentários, ele é reduzido, pois a placenta assume essa função.
- Também está envolvido na formação das células sanguíneas nos estágios iniciais.

### 2. **Âmnio** – proteção contra choques mecânicos

- Forma uma bolsa cheia de líquido amniótico que envolve o embrião.
- Esse líquido evita desidratação e protege contra impactos mecânicos.
- Permite a movimentação do embrião e evita aderências entre tecidos.
- Em mamíferos, é essencial para o desenvolvimento seguro dentro do útero.

### 3. **Cório** – trocas gasosas e interação com a placenta

- Camada externa que envolve todos os outros anexos.
- Em aves e répteis, ele se une ao alantoide para formar a membrana corioalantóide, que facilita a troca de gases com o ambiente externo.
- Em mamíferos placentários, forma parte da placenta, permitindo a troca de nutrientes e oxigênio entre a mãe e o feto.

### 4. **Alantoide** – excreção e respiração

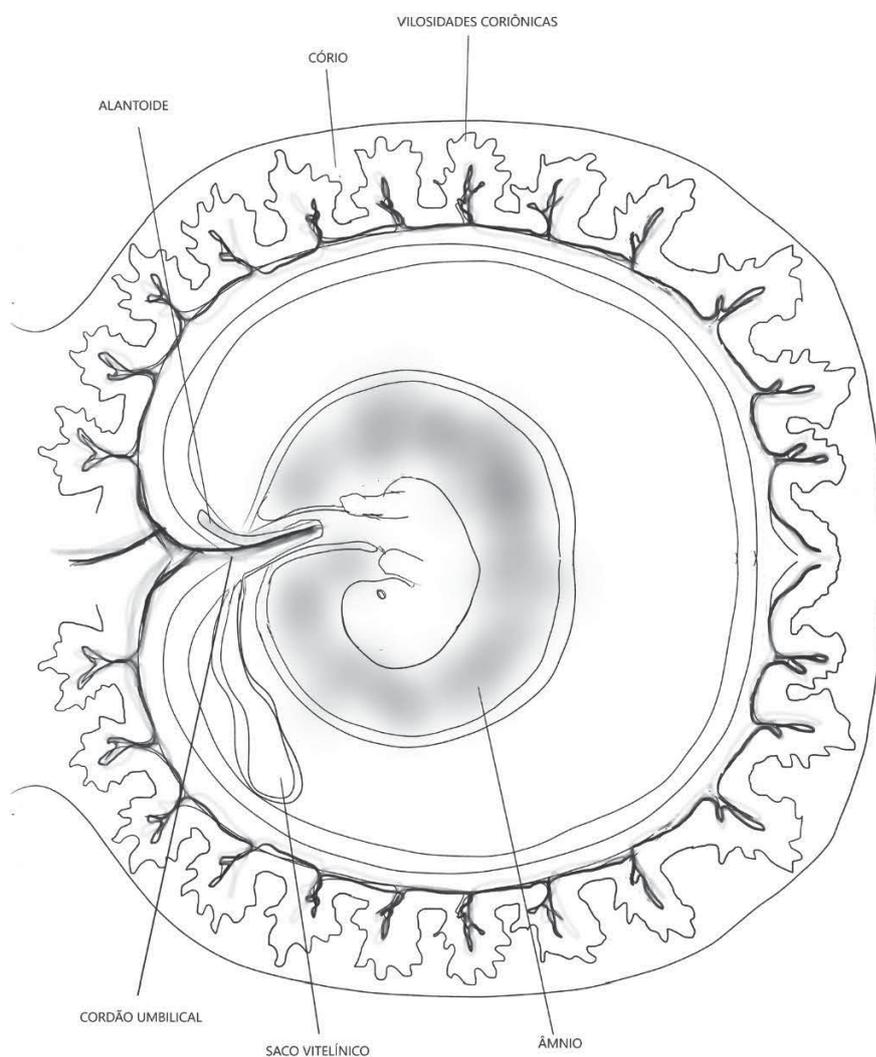
- Atua no armazenamento de resíduos metabólicos do embrião.
- Em aves e répteis, armazena excretas nitrogenadas e participa das trocas gasosas através da casca do ovo.
- Em mamíferos placentários, contribui para a formação dos vasos sanguíneos do cordão umbilical.

## A placenta

A placenta é um anexo exclusivo de mamíferos eutérios (placentários), que se estabelece no corpo da mãe, durante a gravidez. Ela é responsável por fornecer nutrientes e oxigênio ao feto, além de remover resíduos metabólicos.

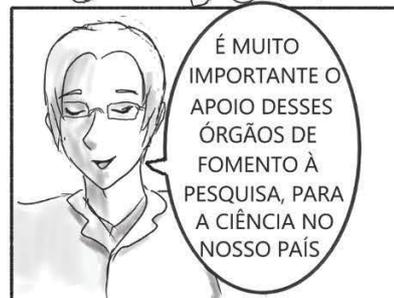
A placenta se desenvolve no útero e se conecta ao bebê através do **cordão umbilical**.

Esquema representando o interior da placenta, com embrião de 2 meses

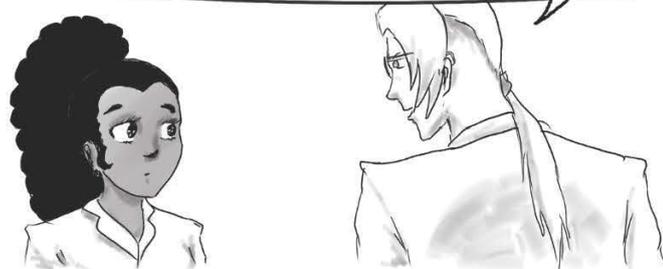


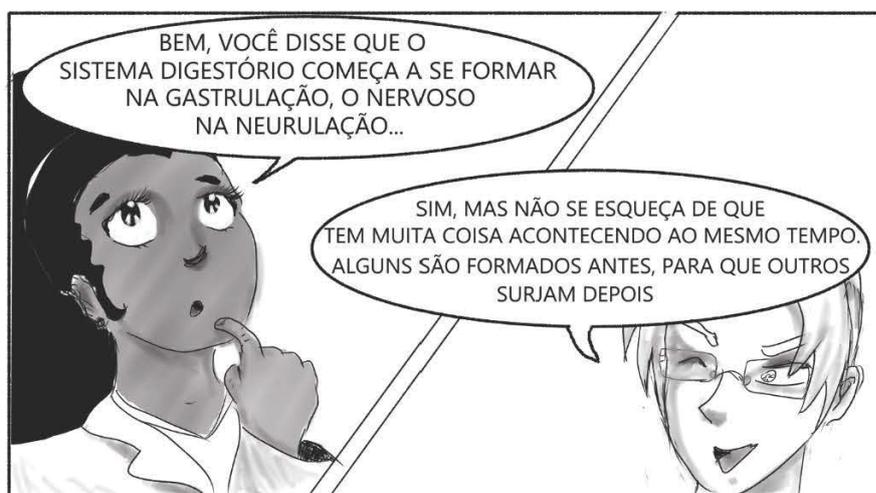
## **Capítulo 5**

# **Receita para se fazer um organismo**

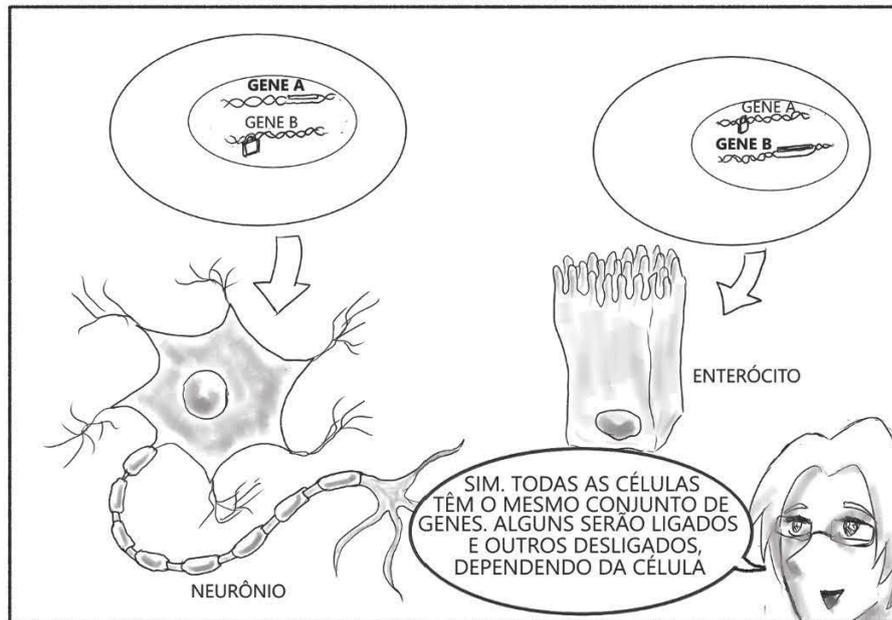


FALANDO EM ÓRGÃOS, COMO E QUANDO CADA ÓRGÃO DO NOSSO CORPO É FORMADO?









## Organogênese

A organogênese é a fase do desenvolvimento embrionário em que os órgãos e sistemas do corpo começam a se formar. Esse processo ocorre logo após a gastrulação e a neurulação, a partir das três camadas germinativas: ectoderme, mesoderme e endoderme.

Inicia-se por volta da 3ª semana de gestação e continua ao longo do desenvolvimento fetal, com os principais órgãos estabelecendo suas bases ainda no período embrionário (até a 8ª semana).

### Os três folhetos embrionários e seus derivados

Cada um dos órgãos do corpo humano tem origem em uma dessas três camadas:

**Ectoderme** (camada externa) – origina estruturas de revestimento e nervosas. O ectoderme é responsável pela formação de estruturas externas e do sistema nervoso, incluindo:

- Sistema nervoso: cérebro, medula espinhal e nervos periféricos (derivados do tubo neural).
- Epiderme e anexos: pele, cabelos, unhas e glândulas cutâneas.
- Órgãos dos sentidos: retina dos olhos, ouvidos e epitélio do nariz.
- Esmalte dos dentes: origina a parte externa dos dentes.

**Mesoderme** (camada intermediária) – origina tecidos conjuntivos e órgãos internos

O mesoderme forma estruturas de sustentação e circulação, incluindo:

- Sistema musculoesquelético: ossos, músculos e cartilagens.
- Sistema circulatório: coração, vasos sanguíneos e células do sangue.
- Sistema excretor e reprodutor: rins, ureteres, ovários, testículos e útero.
- Derme da pele: camada intermediária da pele.

O mesoderme também se divide em três regiões principais:

1. **Mesoderma paraxial:** forma os somitos, que originam músculos esqueléticos, vértebras e derme.
2. **Mesoderma intermediário:** forma rins e gônadas.
3. **Mesoderma lateral:** origina o coração, vasos sanguíneos, pleura, peritônio e músculos lisos.

**Endoderme** (camada interna) – origina órgãos digestivos e respiratórios  
 O endoderme dá origem aos revestimentos internos dos órgãos, incluindo:

- Sistema digestório: epitélio do estômago, intestino, fígado e pâncreas.
- Sistema respiratório: epitélio dos pulmões, traqueia e brônquios.
- Glândulas: fígado, pâncreas, tireoide e paratireoide.

Essa camada também forma estruturas como:

- Epitélio da bexiga e uretra.
- Epitélio das amígdalas e timo, essenciais para o sistema imunológico.

## **Crista Neural**

A crista neural também dá origem a diversas estruturas no corpo humano em formação. Devido a isso, alguns autores sugerem sua classificação como o quarto folheto embrionário.

### **Derivados da crista neural**

#### **Sistema nervoso**

- Neurônios e células da glia do sistema nervoso periférico.
- Gânglios sensoriais e autonômicos (simpático e parassimpático).
- Células da medula suprarrenal, que produzem adrenalina.

#### **Tecido ósseo e cartilaginoso**

- Grande parte do esqueleto craniofacial (mandíbula, ossos da orelha média).
- Cartilagens do arco branquial, que originam partes do rosto e do pescoço.

#### **Células pigmentares**

- Melanócitos, responsáveis pela coloração da pele, cabelos e olhos.

#### **Sistema cardiovascular**

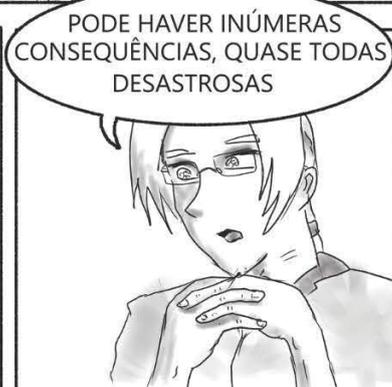
- Contribuem para a formação do coração (como o septo aórtico e pulmonar).

#### **Outras estruturas**

- Células do timo, tireoide e paratireoides.
- Células produtoras de hormônios, como no intestino.

## **Capítulo 6**

**Quando nem tudo sai  
conforme o esperado**









## Teratogênese: quando o desenvolvimento é afetado

A teratogênese é o processo pelo qual agentes externos, chamados **teratógenos**, interferem no desenvolvimento embrionário e causam malformações congênitas. Essas alterações podem ocorrer em qualquer fase do desenvolvimento, mas os efeitos mais severos acontecem durante o período embrionário inicial (3ª a 8ª semana de gestação), quando os órgãos estão se formando.

### Como ocorre a Teratogênese?

Os teratógenos podem afetar o desenvolvimento de várias formas:

- Alterando a proliferação e morte celular → Pode levar a falta ou excesso de tecidos.
- Interrompendo a migração celular → Células podem não chegar ao local correto para formar órgãos.
- Danos ao DNA → Podem causar mutações, impedindo o funcionamento normal das células.
- Deficiência de nutrientes ou oxigênio → Pode levar a crescimento inadequado e falhas no desenvolvimento.

### Principais Teratógenos e seus efeitos

Aqui estão alguns dos teratógenos mais conhecidos e como eles afetam o desenvolvimento embrionário:

#### 1. Drogas e medicamentos

- **Talidomida**: causa focomelia (má formação dos membros), afetando a angiogênese.
- **Álcool (Síndrome Alcoólica Fetal)**: pode causar microcefalia, retardo mental e anomalias faciais.
- **Retinoides** (Vitamina A em excesso, como isotretinoína): afeta o desenvolvimento do coração, cérebro e face.

## 2. Agentes Infeciosos

- **Toxoplasmose:** pode causar microcefalia, calcificações cerebrais e retardo mental.
- **Rubéola:** afeta o coração, olhos e cérebro, levando a surdez, catarata e cardiopatias.
- **Citomegalovírus:** pode levar a microcefalia e surdez.
- **Herpes Simples:** pode causar lesões cerebrais e defeitos oculares.

## 3. Fatores Ambientais

- Radiação (como raios X em excesso): pode causar microcefalia e retardo mental.
- Metais Pesados (como mercúrio e chumbo): podem afetar o desenvolvimento do sistema nervoso central, levando a deficiências cognitivas.

## 4. Deficiências Nutricionais

- Falta de Ácido Fólico: pode causar defeitos no tubo neural, como anencefalia e espinha bífida.
- Deficiência de Iodo: pode afetar o desenvolvimento do cérebro e da tireoide.



## Referências Bibliográficas

Alberts, B. et al., *Molecular biology of the cell*, 5th edition, 2008.

Gilbert, S. F. *Developmental Biology*. Ed. Sinauer, 10th edition, 2014.

Moore, K. L.; Persaud, T.V.N.; Torchia, M. G. *Embriologia Básica*. 10a ed., Guanabara Koogan, 2020.

Sadler, T. W. *Langman Embriologia Médica*. 14a ed., Guanabara Koogan, 2020.

## Sobre o autor

Leandro Gomes da Silva



Formado em Ciências Biológicas - bacharelado e licenciatura - pela UNESP campus de Rlo Claro. Mestre em Ciências - Biologia de Sistemas - pela USP, e Mestre em Ensino de Biologia - ProfBio - Pela UFPR. Professor de Ciências e Biologia desde 2011, atualmente é professor no IFPR e doutorando pelo programa de Biologia Celular e do Desenvolvimento, na UFSC. Apaixonado pela cultura pop oriental (especialmente animes e mangás), artes visuais e música.

## APÊNDICE 2

### Sequência didática - Guia mangá para o estudo da embriologia humana

*A sequência didática a seguir foi elaborada para ser desenvolvida em seis aulas de 50 minutos, com sugestões de tempo para cada atividade. No entanto, reconhecendo a diversidade de contextos escolares — tanto entre regiões quanto entre instituições de uma mesma localidade —, o professor é incentivado a adaptar as propostas conforme sua realidade. Assim, esta sequência pode ser reorganizada em forma de atividades, respeitando o planejamento didático de cada docente.*

#### **Objetivos:**

- Compreender os principais eventos do desenvolvimento embrionário humano.
- Desenvolver o pensamento científico a partir da formulação de hipóteses, investigação e análise de dados.
- Estimular a comunicação científica por meio da criação de produtos narrativos e apresentações em grupo.

**Público alvo:** 2º ou 3º ano do ensino médio

**Nº de aulas sugeridas:** 6 aulas de 50 minutos cada.

**Materiais:** giz e lousa, projetor, computadores/tablets com acesso à internet, cópia do capítulo introdutório do Guia mangá de Embriologia, folhas de sulfite, canetas, materiais para desenho, reportagens impressas ou digitais (talidomida e bebê com cauda - anexos 1 e 2), imagens e gráficos simulados de anomalias (atividade “Dismorfexina”).

**Desenvolvimento:**

## **Aula 1**

### **1.1. Abertura da aula – Imagem provocadora (5 minutos)**

Projete uma imagem ou animação que mostre o desenvolvimento do embrião humano nas suas primeiras fases (por exemplo: blastocisto, gastrulação ou neurulação). Pode-se utilizar vídeos curtos disponíveis online ou imagens do Guia Mangá de Embriologia.

#### **Orientações ao professor:**

- Peça aos alunos que observem atentamente a imagem/vídeo.
- Em seguida, solicite que, individualmente, escrevam o que estão vendo, em poucas palavras ou frases.

### **1.2. Atividade-relâmpago: por que as células mudam de forma? (5 minutos)**

Proponha a seguinte pergunta aos alunos:

**“Por que as células do embrião mudam de forma ao longo do desenvolvimento?”**

#### **Instruções:**

- Os alunos devem registrar sua hipótese no caderno em 1 minuto.
- Em seguida, faça a socialização das respostas com a turma, listando algumas hipóteses no quadro.

Essa etapa tem como função ativar os conhecimentos prévios e estimular o pensamento investigativo.

### **1.3. Apresentação da questão norteadora da sequência didática (3 minutos)**

Leia e destaque no quadro a questão que guiará as próximas aulas:

**“Quais fenômenos estão envolvidos nas etapas do desenvolvimento embrionário humano?”**

Explique que essa pergunta servirá como fio condutor para os conteúdos que serão estudados nas aulas seguintes.

#### **1.4. Introdução ao material didático (15 minutos)**

Distribua o capítulo introdutório do Guia Mangá de Embriologia aos alunos (impresso ou digital).

##### **Orientações ao professor:**

- Explique que o guia utiliza uma narrativa visual para representar os processos do desenvolvimento embrionário, aproximando o conteúdo da linguagem jovem.
- Oriente a leitura silenciosa do primeiro capítulo (ou parte dele, dependendo do tempo disponível).
- Solicite que, durante a leitura, cada aluno registre em seu caderno:
  - a) Dúvidas que surgirem;
  - b) Observações ou percepções que chamaram atenção.

##### **Encerramento (2 minutos):**

Reforce que essas dúvidas e observações serão retomadas e aprofundadas nas próximas aulas. Encerre destacando que compreender o desenvolvimento embrionário nos ajuda a entender como surgem os órgãos, tecidos e até certas doenças desde o início da vida.

## **Aula 2**

### **2.1. Roda de conversa e retomada da leitura (10 minutos)**

##### **Orientações ao professor:**

- Inicie com uma roda de conversa para retomar a leitura iniciada na aula anterior. Pergunte:

*“O que chamou mais atenção no capítulo do Guia Mangá?”*

*“Quais dúvidas surgiram durante a leitura?”*

- Estimule a participação de todos, anotando no quadro as principais ideias e questionamentos dos alunos.

**Em seguida:**

- Dê continuidade à leitura do guia, de preferência em voz alta, em turnos de leitura compartilhada.
- Faça pausas estratégicas para comentar trechos importantes ou esclarecer dúvidas que surgirem.

**2.2. Esclarecimento de conceitos-chave (10 minutos)**

Apresente os principais conceitos relacionados ao início do desenvolvimento embrionário:

- **Fecundação:** união do espermatozoide com o óvulo.
- **Clivagem:** sucessivas divisões celulares que ocorrem logo após a fecundação.
- **Blastulação:** formação da blástula (estrutura esférica com uma cavidade interna).
- **Gastrulação:** fase em que se formam os três folhetos embrionários: ectoderma, mesoderma e endoderma.

**Dica didática:**

Utilize o quadro ou slides com esquemas simples e coloridos. Relacione com cenas do Guia Mangá sempre que possível, para manter a linguagem visual integrada.

**2.3. Vídeo explicativo – Movimentos morfogênicos (10 minutos)**

Apresente o vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=QXFB4cvfrZA>

**Instruções:**

- Avise os alunos para prestarem atenção especialmente nos movimentos celulares que moldam o embrião.

- Faça **pausas durante o vídeo** para explicar termos e garantir a compreensão: epibolia, embolia, ingressão, delaminação, entre outros.

#### **2.4. Atividade criativa em grupo – Criando um storyboard em estilo mangá (20 a 25 minutos)**

##### **Organização:**

- Divida a turma em grupos de 3 a 5 alunos.
- Cada grupo ficará responsável por representar uma fase do desenvolvimento embrionário, entre as já discutidas:
  - Fecundação
  - Clivagem
  - Blastulação
  - Gastrulação
  - Início da neurulação (caso haja mais grupos)

##### **Tarefa do grupo:**

- Produzir um esboço de storyboard (história em quadrinhos simples) no estilo mangá.
- O storyboard deve conter:
  - Personagens com expressões que representem os eventos celulares (ex: uma célula “correndo” para o centro da blástula);
  - Falas ou pensamentos curtos que ajudem a entender o que está acontecendo;
  - Sequência visual clara do processo.

##### **Materiais necessários:**

- Folhas sulfite ou cartolina

- Lápis, canetas coloridas, borrachas

### **Encerramento (5 minutos):**

Peça que os grupos guardem os materiais com cuidado, pois os storyboards poderão ser expostos ou apresentados na próxima aula.

Antecipe que, na próxima etapa, eles irão aprofundar a relação entre os folhetos embrionários e a formação dos sistemas do corpo humano.

## **Aula 3**

### **3.1. Aula expositiva dialogada – O que é organogênese? (15 minutos)**

#### **Orientações ao professor:**

- Inicie com a pergunta:  
**“Vocês se lembram dos folhetos embrionários formados na gastrulação?”**  
 Faça uma breve revisão: ectoderma, mesoderma e endoderma.

- Em seguida, apresente o conceito de **organogênese**:

“É o processo pelo qual os tecidos e órgãos do corpo se formam a partir dos folhetos embrionários.”

#### **Sugestão de abordagem didática:**

- Relacione cada folheto aos principais sistemas e órgãos que ele origina.
- Use um quadro ou esquema visual como o exemplo abaixo:

<b>Folheto embrionário</b>	<b>Órgãos e sistemas derivados</b>
Ectoderma	sistema nervoso, pele, olhos
Mesoderma	ossos, músculos, sistema circulatório, sistema urogenital
Endoderma	revestimento do sistema digestório e

	respiratório
--	--------------

- Incentive perguntas e associe os exemplos ao corpo humano dos próprios alunos.

### 3.2. Leitura crítica – Quando o desenvolvimento dá errado (10 minutos)

#### Distribua duas reportagens:

- Um texto sobre a **talidomida** e seus efeitos em bebês nascidos nas décadas de 1950 e 60.
- Um texto breve sobre o caso de um **bebê com cauda vestigial**, relacionado ao fechamento do tubo neural.

#### Orientações ao professor:

- Divida a turma em duplas ou trios. Cada grupo lê uma das reportagens.
- Após a leitura, faça um breve debate guiado com as perguntas:
  - “O que causou a malformação apresentada?”
  - “Em que fase do desenvolvimento o erro pode ter ocorrido?”
  - “Esses casos ainda podem acontecer hoje?”

### 3.3. Introdução ao conceito de teratígeno (5 minutos)

#### Explique:

“Teratógenos são agentes físicos, químicos ou biológicos que causam alterações no desenvolvimento embrionário, levando a malformações.”

#### Destaque os chamados ‘períodos críticos’ do desenvolvimento:

- Primeiras semanas (especialmente a 3<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup>) são altamente sensíveis.

- A exposição a certos agentes nessa fase pode comprometer a formação de órgãos.

Use uma linha do tempo ilustrativa para mostrar os períodos mais vulneráveis para diferentes sistemas do corpo.

### **3.4. Atividade investigativa em grupo – Caso: *Dismorfexina* (25 minutos)**

Apresente a situação-problema:

*“Uma nova substância, chamada Dismorfexina, foi recentemente incluída em cosméticos. Cientistas suspeitam que ela esteja relacionada a casos de malformações em recém-nascidos.*

*Vocês são a equipe responsável por investigar qual fase do desenvolvimento embrionário foi afetada pela substância.”*

**Divisão da atividade:**

#### **A. Formação dos grupos (3 a 5 alunos)**

#### **B. Cada grupo recebe um estudo de caso fictício com dados simulados.**

Os casos devem trazer pistas como:

- Sintomas ou malformações observadas (ex: ausência de membros, fechamento incompleto do tubo neural, problemas cardíacos).
- Data estimada da exposição da mãe à substância (ex: entre a 4<sup>a</sup> e a 6<sup>a</sup> semana).
- Pequenos gráficos ou esquemas de desenvolvimento afetado.

#### **C. Tarefa do grupo:**

- Interpretar os dados.
- Elaborar **hipóteses sobre a fase afetada do desenvolvimento.**
- Explicar como a Dismorfexina pode ter causado o problema.

**Produto final:**

- Preparar um **cartaz ou slide** com a síntese da investigação.
- O material deve conter:
  - Nome do grupo
  - Hipótese
  - Fase do desenvolvimento afetada
  - Representação (desenho, esquema, infográfico simples)

**3.5. Apresentação e socialização (caso sobre tempo – pode ser iniciada nesta aula ou na próxima)**

Cada grupo apresenta brevemente suas descobertas (2 a 3 minutos por grupo). O professor pode complementar com comentários científicos.

**Encerramento:**

Reforce como o conhecimento da embriologia é essencial para entender certas doenças congênitas e avaliar riscos ambientais e farmacológicos durante a gestação.

Sugira que os alunos reflitam sobre a pergunta:

***“Como o conhecimento científico pode prevenir tragédias como a da talidomida?”***

**Aula 4****4.1. Apresentação dos grupos – Casos investigativos da Dismorfexina (20–25 minutos)****Orientações ao professor:**

- Solicite que cada grupo apresente os resultados de sua investigação sobre a Dismorfexina, conforme preparado na aula anterior.

- Cada apresentação deve ser breve (2 a 3 minutos), com uso de cartaz ou slide.

#### **Critérios sugeridos para cada apresentação:**

- Qual malformação foi observada?
- Em que fase do desenvolvimento o grupo acredita que a substância atuou?
- Quais evidências justificam essa hipótese?
- O que poderia ter sido feito para evitar esse tipo de exposição?

#### **Dica didática:**

Você pode utilizar uma tabela no quadro para registrar os casos apresentados, organizando por tipo de defeito, fase afetada e conclusão dos grupos.

#### **4.2. Discussão guiada – Ciência aplicada e sociedade (20 minutos)**

**Conduza um debate estruturado com base nas seguintes perguntas norteadoras:**

##### **Quais fases do desenvolvimento embrionário são mais vulneráveis?**

- Peça que os alunos retomem os conceitos trabalhados sobre **períodos críticos**.
- Destaque a importância da 3<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> semana, quando ocorre a organogênese.
- Pergunte:  
*“Por que certos agentes só causam problemas se o embrião estiver em um estágio específico?”*

##### **Como comunicar riscos teratogênicos à população?**

- Questione:  
*“De quem é a responsabilidade de informar? Governo? Empresas? Escolas?”*
- Provoque reflexões como:  
*“Informações sobre risco devem estar nos rótulos?”*

*“As pessoas entendem o que significam esses alertas?”*

- Incentive os alunos a sugerirem campanhas de conscientização (cartazes, vídeos, podcasts etc.).

### **Qual é o papel ético da ciência?**

- Proponha perguntas para ampliar a discussão:
  - *“É suficiente descobrir uma substância perigosa, ou é preciso também agir para proteger as pessoas?”*
  - *“Devemos proibir toda nova substância que tenha riscos, mesmo que tenha benefícios?”*
  - *“Como equilibrar o avanço científico com a segurança da população?”*

### **Dica ao professor:**

Valorize diferentes opiniões, incentive a escuta e promova um ambiente de respeito ao debate. Encoraje o uso de argumentos com base científica, conectando a embriologia a questões ético-sociais reais.

### **4.3. Encerramento (5 minutos)**

Finalize com uma síntese das ideias debatidas, reforçando:

- A importância do conhecimento científico para prevenir danos à saúde humana;
- O valor da ética e da responsabilidade no uso de novas tecnologias;
- Como a embriologia se conecta a decisões políticas, sociais e econômicas no mundo real.

### **Sugestão de tarefa complementar (opcional):**

Peça que os alunos produzam uma **mensagem de utilidade pública**, como um aviso de prevenção a riscos teratogênicos (formato livre: cartaz, vídeo, post de rede social).

## Aula 5

### 5.1. Introdução da atividade (5 minutos)

- **Apresente a proposta aos alunos:**
- “Nesta aula, vocês vão começar a criar uma **história em quadrinhos curta, no estilo mangá**, baseada em um processo real do desenvolvimento embrionário humano.  
A ideia é unir criatividade e ciência, transformando conteúdos complexos em narrativas visuais acessíveis.”

#### Destaque:

- O foco deve ser **científico**, mas com **liberdade criativa** para personagens, falas e ambientações.
- A HQ deve **representar corretamente um processo do desenvolvimento embrionário**, como:
  - Formação do tubo neural
  - Diferenciação do sistema nervoso
  - Origem do coração
  - Desenvolvimento dos membros
  - Fechamento do intestino primitivo
  - Entre outros (professor pode apresentar sugestões ou deixar que os grupos escolham)
  -

### 5.2. Organização dos grupos e planejamento do projeto (10 minutos)

#### Orientações ao professor:

- Mantenha os grupos já formados anteriormente ou permita reagrupamentos espontâneos.
- Cada grupo deve:
  - Escolher o **processo embrionário** que será abordado;
  - Fazer um breve **planejamento da narrativa**, com definição de:
    - Personagens (ex: células, tecidos, folhetos)
    - Ambiente (ex: interior do embrião, mundos metafóricos)

- Fases da história (início, conflito, desfecho)

### 5.3. Produção da HQ (25 minutos)

Cada grupo deve iniciar sua história em quadrinhos.

- Utilize folhas A4, cartolina ou cadernos específicos, conforme a disponibilidade.
- Incentive o uso de **recursos visuais estilizados** do mangá:
  - Expressões exageradas
  - Onomatopeias
  - Balões de fala e pensamento
  - Enquadramentos dinâmicos

**Função do professor neste momento:**

- **Circular entre os grupos** para esclarecer dúvidas sobre os processos biológicos.
- Garantir que os eventos científicos estejam sendo **representados corretamente**.
- Sugerir formas de **visualizar processos celulares ou moleculares**, como o uso de metáforas visuais (ex: células "lutando" para formar um órgão, proteínas como "mensageiros", etc.).

### 5.4. Encerramento e expectativas (5 minutos)

Finalize a aula reforçando que:

- A produção continuará na próxima aula (se houver);
- As HQs poderão ser **apresentadas à turma ou expostas na escola**;
- A criatividade será valorizada, **desde que os conteúdos científicos estejam corretos**.

## Aula 6

### 6.1. Finalização das HQs (15 minutos)

#### Orientações ao professor:

- Inicie a aula oferecendo um tempo final para os grupos terminarem os últimos ajustes de suas HQs.
- Relembre os critérios esperados:
  - Clareza na sequência narrativa
  - Correção científica
  - Criatividade visual e textual
  - Uma mensagem científica e/ou social clara
- **Materiais:**  
Papéis, canetas, lápis de cor, régua, borrachas (ou tablets, caso o trabalho seja digital).

### 6.2. Socialização das produções (20–25 minutos)

#### Sugestão 1 – Apresentação em sala:

Cada grupo apresenta sua HQ para a turma, explicando:

- Qual processo do desenvolvimento foi abordado;
- Como ele foi representado na história;
- Qual é a mensagem científica e/ou social transmitida.

#### Sugestão 2 – Exposição na escola:

- Organize um “corredor da embriologia” com os trabalhos fixados em murais, ou uma exposição temática na biblioteca, sala multiuso, ou até online.
- Estimule que outros professores e turmas visitem a exposição.

### 6.3. Reflexão final (10 minutos)

Conduza uma **roda de conversa** ou debate guiado com as seguintes perguntas:

#### O que aprendemos sobre o desenvolvimento humano?

- Incentive os alunos a falarem sobre os processos que mais os surpreenderam ou despertaram curiosidade (gastrulação, neurulação, organogênese etc.).

- Pergunte:  
*“Se vocês fossem explicar esse conteúdo para alguém que nunca estudou embriologia, o que diriam?”*

### **Como a arte pode nos ajudar a entender a ciência?**

- Estimule respostas sobre o papel dos quadrinhos, ilustrações e narrativas visuais como ferramentas de aprendizado.
- Possíveis provocações:
  - *“O que é mais fácil de lembrar: um parágrafo ou uma cena com personagens?”*
  - *“Por que o humor ou a emoção ajudam a fixar um conceito?”*

### **Qual mensagem científica e social a HQ de vocês transmite?**

- Pergunte a cada grupo ou peça que escrevam brevemente essa mensagem no quadro ou em post-its.
- Relacione as produções com temas como: prevenção de teratogênicos, acesso à informação científica, cuidado durante a gestação, ética científica, etc.

### **Avaliação:**

A avaliação pode considerar:

- Clareza conceitual na HQ e nas apresentações.
- Participação nos debates e atividades.
- Capacidade de comunicação científica por meio de linguagens diversas.

### **Referências:**

Vídeo - Da concepção ao nascimento em 5 min:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Dh8OnMFq99Q> (acesso em 05/12/2024).

Vídeo Movimentos Morfogenéticos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=QXFB4cvfrZA> (acesso em 15/04/2024).

Conheça a história da Talidomida, que afetou a vida de milhares de pessoas e que, 60 anos depois, volta a assombrar as vítimas:

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2020/01/conheca-a-historia-da-talidomida-que-afetou-a-vida-de-milhares-de-pessoas-e-que-60-anos-depois-volta-a-assombrar-as-vitimas-ck58a7we2004l01r2ph10h28g.html> (acesso em 15/04/2024).

Brasil Escola – Talidomida: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/talidomida.htm> (acesso em 15/04/2024).

Por que um bebê nasceu com uma cauda de 6 cm no México: <https://revistaforum.com.br/saude/2022/11/29/foto-por-que-um-beb-nasceu-com-uma-cauda-de-cm-no-mexico-127953.html> (acesso em 15/04/2024).

## ANEXOS

### 1. Estudo de caso 1: Talidomida

#### **Conheça a história da talidomida, que afetou a vida de milhares de pessoas e que, 60 anos depois, volta a assombrar as vítimas**

*Pessoas que nasceram com malformação devido ao uso do medicamento que foi muito popular em todo o mundo nos anos 1950 e 1960 estão com as pensões indenizatórias ameaçadas*

Vítimas de malformações causadas pelo uso da talidomida estão apreensivas: no final de outubro, receberam uma carta, em alemão, originada da fundação germânica que há décadas fornece a elas uma pensão vitalícia como forma de “compensar” os danos causados pela droga, originalmente fabricada no país europeu pelo laboratório *Chemie Grünenthal*. Entre os 58 brasileiros beneficiados, quem buscou uma tradução logo se assustou com o conteúdo: a Fundação Contergan para Pessoas com Deficiência (*Conterganstiftung für Behinderte Menschen*, em alemão) informava a intenção de interromper os pagamentos que, para muitas dessas pessoas com deficiência, são a principal – se não a única – fonte de renda.

A talidomida começou a ser comercializada no fim dos anos 1950 como uma “droga mágica” contra náuseas, dores de cabeça e insônia. Era especialmente indicada para gestantes porque combateria o enjoo da gravidez. A marca Contergan foi a primeira do fármaco a ser lançada no mercado e não demorou a se transformar em um dos medicamentos líderes de vendas, sobretudo na Europa e mais ainda no seu país de origem, a Alemanha.

No Brasil, o medicamento era fabricado pelo Instituto Pinheiros, em uma cooperação com a alemã *Chemie Grünenthal*, aqui assumindo o nome Sedalis – depois vendido também com outros nomes, como Sedalis 100, Sedin e Slip.

O problema da droga, anunciada como solução para as náuseas de gestantes, estava justamente no seu uso durante a gravidez: nos primeiros anos de uso, enquanto o laboratório alemão atestava a segurança do medicamento, registrou-se o nascimento de milhares de crianças com múltiplas malformações graves. A principal delas é a focomelia, uma atrofia congênita dos braços e das pernas que faz com que os membros sejam mais curtos e, frequentemente, deformados. Há também casos de malformações nos órgãos internos.



– Sinto muita dor no corpo todo. Vivo sempre acamada. E tenho muita dificuldade para me vestir, colocar uma calça, fechar um zíper, botar um sapato. Fazer comida é complicado. Tenho que contar com a ajuda do meu marido para tudo – revela Maria da Graça Moraes dos Santos, 57 anos (imagem à esquerda).

Moradora de Porto Alegre, a dona de casa recebe a indenização desde 1982: todo mês, a Fundação Contergan envia um valor em euros que Maria retira no banco em reais, com a cotação do dia. Do grupo de mais de 20 pessoas no Rio Grande do Sul que também nasceram com malformações causadas pelo uso da talidomida e foram em busca da pensão, recebendo o aval da instituição alemã, ela foi uma das primeiras a receber a carta.

Inicialmente, não se assustou: com frequência a instituição germânica se corresponde com os brasileiros. Pede provas periódicas de vida – feitas no Consulado Geral da Alemanha em Porto Alegre – ou comprovantes do valor recebido por eles do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), que é depois descontado da pensão paga pela Fundação Contergan, fornecida, em muitos casos, em volume consideravelmente maior.

Mesmo a correspondência ser enviada em alemão não foi tão estranho: ainda que cartas cheguem em inglês ou português, não é raro que venham unicamente na língua oficial do país da instituição. Ao buscar uma tradução, porém, veio o susto. A Fundação Contergan, que há tantos anos paga uma indenização mensal significativa a cada vítima, variando entre 700 euros (R\$ 3.165) até aproximadamente 8 mil euros (R\$ 36.172) – dependendo do grau de malformação de cada um –, queria mesmo interromper o pagamento. O valor é reajustado periodicamente e foi revisto pela última vez em julho de 2017, conforme a instituição.

– Nos sentimos amparados com essa indenização. E contamos que seja vitalícia. Mas parece que estamos sendo defenestrados – lamenta Maria da Graça. [...]

Fonte:

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2020/01/conheca-a-historia-da-talidomida-que-afetou-a-vida-de-milhares-de-pessoas-e-que-60-anos-depois-volta-a-assombrar-as-vitimas-ck58a7we2004l01r2ph10h28g.html> (acesso em 15/04/2024).

## 2. Estudo de caso 2: bebê com cauda

### **Por que um bebê nasceu com uma cauda de 6 cm no México**

*Recém-nascida tinha sensibilidade no local e o movimentava. Caso é bastante incomum, sobretudo pelo tamanho do “órgão”, que foi retirado cirurgicamente*

Um bebê nasceu no estado de Nuevo León, no México, com uma cauda de seis centímetros, um fato extremamente incomum, sobretudo com uma extensão do tipo. O caso foi publicado no *Journal of Pediatric Surgery Case Reports*, periódico científico dedicado a reportar episódios cirúrgicos em crianças.

O relato aponta para uma menina que veio ao mundo num hospital localizado próximo de uma área rural de Nueva León, via cesariana. Seus pais não tinham qualquer problema de saúde e também não mantinham parentesco de sangue. Também não foram achados, no decorrer da pesquisa, qualquer exposição da mãe a substâncias radioativas ou a agentes que possam provocar alterações morfológicas no bebê, os chamados teratógenos.

Os médicos perceberam a estrutura incomum apenas quando a mãe deu à luz e perceberam tratar-se de uma cauda de 5,7 centímetros, para ser preciso, e com um diâmetro de que variava de 3 a 5 milímetros, a depender da extremidade.

Coberta de pele e de pelos bem finos, os profissionais constataram que a criança podia mexê-lo e que também tinha sensibilidade no local, uma vez que fizeram um teste usando uma agulha, que ao espetar suavemente o “órgão” fez com que a recém-nascida chorasse.

Um raio-x também afastou a possibilidade de uma anomalia óssea, já que a cauda não tinha vértebras e era totalmente constituída pelos chamados tecidos moles, como o fibrogorduroso, além de vascularização e ramificações nervosas. Dois meses após o nascimento, a cauda tinha aumentado seu tamanho em 0,8 centímetro, o que fez com que os cirurgiões optassem por removê-la numa operação.

O estudo publicado no *Journal of Pediatric Surgery Case Reports* traz a informação ainda de que esse tipo achado em humanos é raro e, quando ocorre, pode ser classificado de duas formas distintas: caudas verdadeiras e pseudocaudas. A menina tinha uma estrutura do primeiro tipo, quando a cauda é constituída de tecido adiposo, conjuntivo e muscular, mas não contém vértebras ou ossos. Já as pseudocaudas “manifestações superficiais ou cutâneas de anormalidades estruturais subjacentes, como lipomas, teratomas ou ainda prolongamento anormal das vértebras”.

O biólogo e professor Fábio Alexandre de Araújo Nunes, que dá aulas de genética há 30 anos, explicou à **Fórum** como a ocorrência da cauda na criança pode ter ocorrido, em termos de biologia celular.

“A organogênese, que é a formação dos órgãos, no caso dessa criança, não teve detecção de anormalidades ou má formação, já a morfogênese na região sacral apresentou anormalidade no processo mecânico que envolve forças que geram estresse, tensão e movimento das células, que pode ser induzida por fatores genéticos, de acordo com o padrão espacial das células dentro dos tecidos. Alguns genes deletérios podem ter induzido a diferenciação anômala ou proliferação celular, o que gerou a cauda”, explica o biólogo.



Fotos da cauda antes (A e B) e após ser removida por cirurgia (E).

Fonte:

<https://revistaforum.com.br/saude/2022/11/29/foto-por-que-um-beb-nasceu-com-uma-cauda-de-cm-no-mexico-127953.html> (acesso em 15/04/2024).

### 3. Estudos de caso envolvendo o uso da “*Dismorfexina*”

#### Estudo de Caso 1

Alguns bebês apresentaram problemas na coluna, nascendo com uma abertura na região lombar. As mães haviam usado o cosmético por alguns meses, mas pararam o uso logo após descobrirem a gravidez.

Processo afetado: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

#### Estudo de Caso 2

Bebês nasceram com assimetria corporal (lados do corpo diferentes) e órgãos fora do lugar esperado. As mães usaram o cosmético antes e nas primeiras semanas da gestação, interrompendo o uso após descobrirem a gravidez.

Processo afetado: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

#### Estudo de Caso 3

Alguns recém-nascidos apresentaram deformações no rosto e problemas cardíacos. As mães relataram uso contínuo do cosmético nos meses anteriores e nas primeiras semanas da gestação, parando após o teste positivo.

Processo afetado: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

**Estudo de Caso 4**

Bebês nasceram com fígado pequeno e pulmões com má formação. Suas mães continuaram usando o cosmético por cerca de dois meses após descobrirem a gravidez.

Processo afetado: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

**Estudo de Caso 5**

Um grupo de bebês apresentou baixo peso e microcefalia (cabeça menor do que o esperado). As mães usaram o cosmético durante toda a gravidez.

Processo afetado: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

**GABARITO PARA O PROFESSOR:**

**Caso 1 Neurulação - A coluna e o cérebro se formam no início da gestação; problemas indicam falha no tubo neural.**

**Caso 2 Gastrulação - Assimetria corporal e órgãos mal posicionados sugerem falha na organização inicial do corpo.**

**Caso 3 Migração Celular - Problemas na face e coração indicam falha no movimento das células que formam essas estruturas.**

**Caso 4 Organogênese - Fígado e pulmões se formam na fase de formação dos órgãos; uso até o 2º mês é compatível com isso.**

**Caso 5 Proliferação Celular - Crescimento prejudicado e microcefalia mostram que as células não proliferaram como deveriam.**

