



Livro em *Pop-Up* como ferramenta de Ensino: Compreensão dos Camundongos GFP

*Pâmala Évelin Pires Cedro¹; Camila Pachêco Gomes²; Alana Caise dos Anjos Miranda³;
Laize Tomazi³; Leandro Martins de Freitas⁴; Patricia Belini Nishiyama⁵*

Resumo: Metodologias de ensino-aprendizagem são constantemente discutidas entre os profissionais da educação. Ademais, conteúdos de cunho científico merecem atenção por serem mais difíceis de serem assimilados pelos alunos. Para tais conteúdos, métodos de transposição didática são requisitados. Este estudo apresenta uma proposta de material didático lúdico para a compreensão da proteína verde fluorescente (GFP), importante do ponto de vista científico. Um livro em formato pop-up é apresentado como ferramenta de ensino, para a compreensão dos camundongos GFP. Acredita-se que este instrumento seja capaz de instigar os alunos à voltarem sua atenção ao conteúdo, além de facilitar a compreensão.

Palavras-chave: Transposição didática; Materiais didáticos; Livro em pop-up. Proteína verde fluorescente.

Pop-Up Book as a Teaching Tool: Understanding GFP Mice

Abstract: Teaching-learning methodologies are constantly discussed among education professionals. Moreover, scientific content deserves attention because it is more difficult for students to assimilate. For such content, didactic transposition methods are required. This study presents a proposal of playful educational material for the understanding of green fluorescent protein (GFP), important from the scientific point of view. A pop-up book is presented as a teaching tool for understanding GFP mice. This instrument is believed to be able to prompt students to turn their attention to content, as well as to facilitate understanding.

Keywords: Didactic transposition; Teaching materials; Book in popup. Fluorescent green protein.

Introdução

A sala de aula é um ambiente de interlocução e desenvolvimento de saberes e sentidos, trata-se de um espaço pelo qual os significados e experiências transitam. Ao longo dos anos, têm-se aumentado a preocupação não só em promover o acesso à educação e sua qualidade, idealizando e estabelecendo metodologias de ensino para o desenvolvimento pleno do sujeito.

¹ Biotecnologista, Especialista, Universidade Federal da Bahia, pamalaevelinpires@hotmail.com, Vitória da Conquista, Bahia – Brasil;

² Biotecnologista, Universidade Federal da Bahia – UFBA, mylla.gomes@yahoo.com.br, Vitória da Conquista, Bahia – Brasil;

³ Biotecnologista, Universidade Federal da Bahia - UFBA, alana.miranda@hotmail.com, Vitória da Conquista, Bahia – Brasil;

⁴ Bióloga, Doutora, Universidade Federal da Bahia – UFBA, laizetomazi@yahoo.com.br, Vitória da Conquista, Bahia – Brasil;

⁵ Doutor, Universidade Federal da Bahia – UFBA, leandromartinsdefreitas@gmail.com, Vitória da Conquista, Bahia – Brasil;

⁶ Doutora, Universidade Federal da Bahia – UFBA, profpatriciabelini@gmail.com, Vitória da Conquista, Bahia – Brasil.

Compreendendo a sala de aula como um espaço de produção de sentido, é importante refletir acerca do sentido em que determinado tema ou objeto de estudo terá para os alunos (AQUINORD e ARAUJO, 2013). Não basta apenas transmitir o conteúdo, mas sim fomentar a aprendizagem.

Conteúdos científicos muitas vezes não são compreendidos em sala de aula por conta de sua complexidade (MARTINS, 2014). Com isso, métodos de transposição didática são necessários e permitem que o professor elabore ações que visa trabalhar os saberes científicos, tornando-os ensináveis, exercitáveis e passíveis de avaliação no conjunto de sua turma, através de metodologias e sistema de comunicação que se apresentem viável na construção do saber.

Este estudo apresenta os livros em *pop-up* como uma proposta pedagógica de transposição didática. O livro em *pop-up* é aqui proposto para a compreensão de como são obtidos camundongos GFP (do inglês “*Green Fluorescent Protein*”). Esta atividade consiste em um dinamizador da aprendizagem, por proporcionar aos estudantes uma experiência imersiva de leitura por meio da estética; utilizando a interação entre a arte e a ciência na construção do conhecimento científico. No que diz respeito à arte, o livro explora o potencial pedagógico *pop-up*, implicando em leitura lúdica sobre o assunto abordado. Na ciência, o livro possibilita a aproximação dos estudantes com o mundo científico.

A proteína verde fluorescente (GFP) é produzida naturalmente por águas-vivas do gênero *Aequorea*. Os cientistas isolaram e clonaram o gene responsável pela sua produção o que permite a expressão em outros organismos. A característica de fluorescência e a viabilidade da produção da GFP a tornou um marcador biológico eficiente e comum em pesquisas.

A GFP é utilizada com frequência na produção de organismos geneticamente modificados em diferentes espécies, principalmente em ratos e camundongos. A GFP não só é fluorescente e pequena, como também não possui efeitos negativos para a célula onde é produzida. Devido as características mencionadas, o gene da GFP tornou-se um importante marcador de expressão gênica em células, tecidos e organismos inteiros (Viviani & Bechara, 2008). Esta proteína, produzida em larga escala por engenharia genética, é considerada o gene repórter mais utilizado em pesquisas biotecnológicas.

O objetivo deste trabalho é integrar conteúdos da engenharia genética em um modelo didático, visando transpor o conhecimento científico de forma simplificada, favorecendo os processos de ensino-aprendizagem, facilitando a aquisição dos saberes.

Metodologia

Construção do Livro *Pop-up* sobre os Camundongos GFP

Com o intuito de conectar os estudantes ao novo material, o livro foi desenvolvido através de uma engenharia de papéis e muitas cores para que se tornasse atraente, estimulante e questionador.

O livro foi confeccionado utilizando dois tipos de papéis: folha Canson branca A3 (297 mm x 420 mm) gramatura 224 g/m², e para a capa o papel Paraná A3 (297 mm x 420 mm) gramatura 520 g/m². Os seguintes materiais foram empregados para a construção:

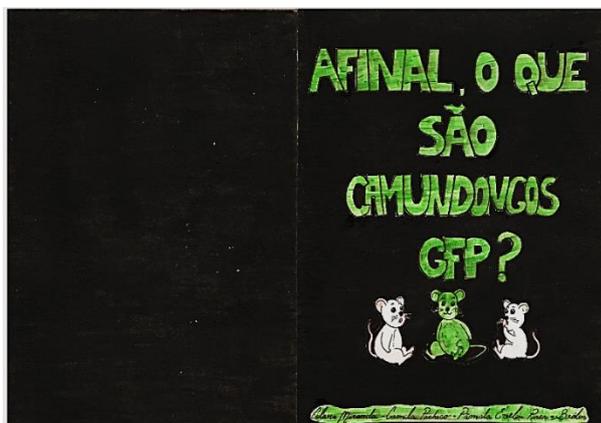
- (i) Para elaboração dos desenhos: papel, caneta esferográfica, caneta nanquim de ponta 0.8 e 0.2, lápis de cor, tinta aquarela, tinta guache, pincel e régua;
- (ii) Para os recortes dos desenhos: tesoura e estilete;
- (iii) Para ligar os elementos (construídos separadamente) às folhas do livro: cola bastão, cola de isopor e linha de costura.

Para possibilitar animação das imagens, as páginas foram construídas com figuras sobrepostas e vazadas (com recortes).

Passo a passo ilustrado

Capa

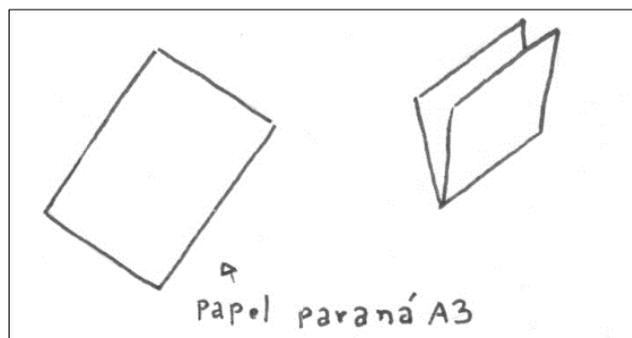
Figura 1. Capa do livro *pop-up* “Afinal, o que são camundongos GFP?”



Para a confecção da capa e para dar destaque ao verde fluorescente abordado na história um fundo preto foi escolhido para a capa. As orientações seguem abaixo:

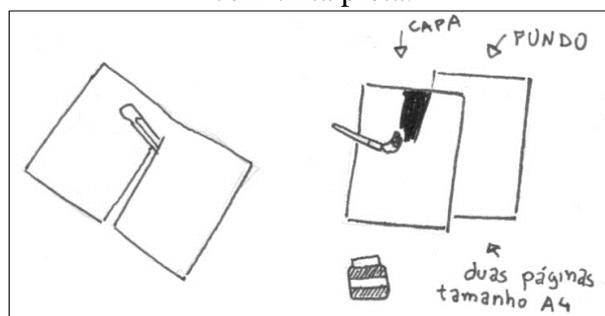
Dobre ao meio o papel Paraná, que possui uma gramatura maior (Figura 1a).

Figura 1a. Dobramento do papel Paraná A3.



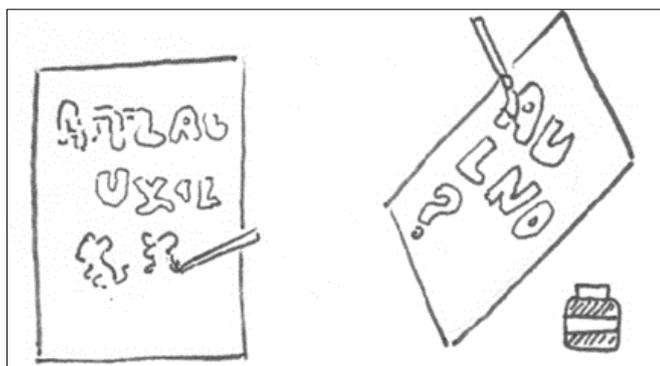
Com o auxílio do estilete separe as duas metades e depois pinte-as com tinta guache na cor preta com auxílio do pincel (Fig. 1b).

Figura 1b. Confecção da capa e fundo do livro. Separação das folhas com o estilete e pintura com tinta preta.



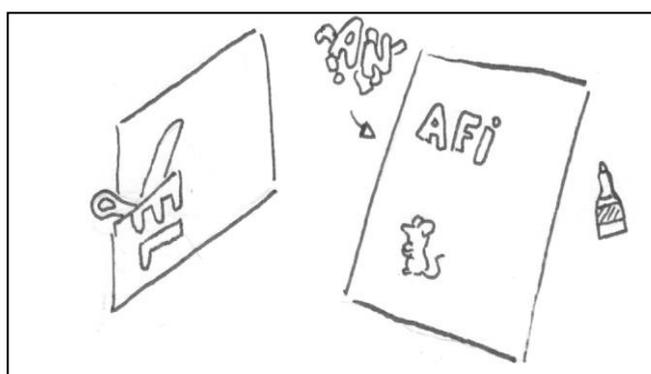
Em uma folha de papel canson desenhe as letras que compõem a capa. São elas: AFINAL, O QUE SÃO CAMUNDONGOS GFP? Use o lápis para desenhá-las e a tinta guache para pintá-las de verde. Desenhe também três camundongos que estarão na capa. Dois deles deixe em cor branca e o outro pinte com tinta guache de cor verde (Figura 1c).

Figura 1c. Produção e pintura das letras do título e dos desenhos do livro.



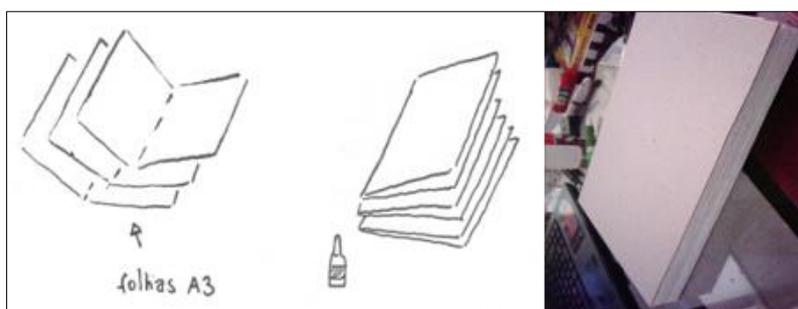
Recorte tudo com a tesoura e use a cola para fixá-los na capa assim que a tinta preta secar, conforme Figura 1d e Figura 1.

Figura 1d. Montagem da capa.



Separe algumas folhas de papel canson e dobre-as ao meio. Junte-as com cola e aguarde secar. Elas formarão o esqueleto do livro (Figura 1e).

Figura 1e. Construção do esqueleto do livro.



Cole a capa ao esqueleto e no verso da capa desenhe uma linha sinuosa e pontilhada com caneta. Escreva as informações sobre o livro com o nome dos alunos, professores, escola, etc. (**Figura 1f**). No rodapé dessas páginas, desenhe um camundongo próximo a um pedaço de queijo unidos por uma linha tracejada (**Figura 2**).

Figura 1f. Ilustração para a identificação dos autores do livro.

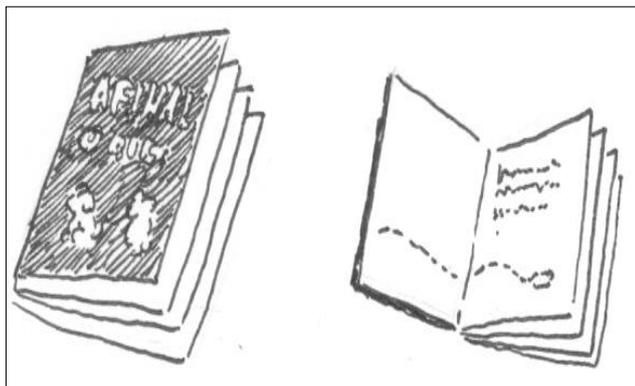
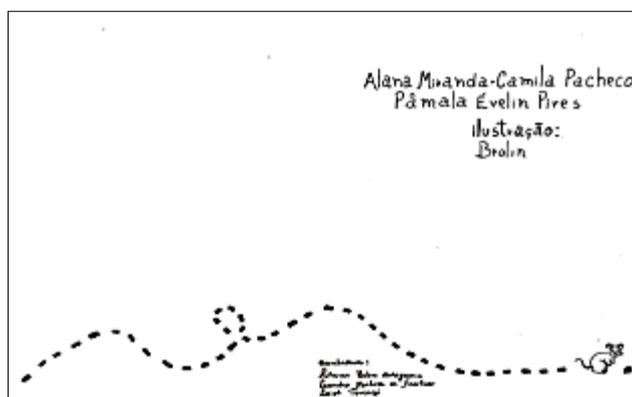


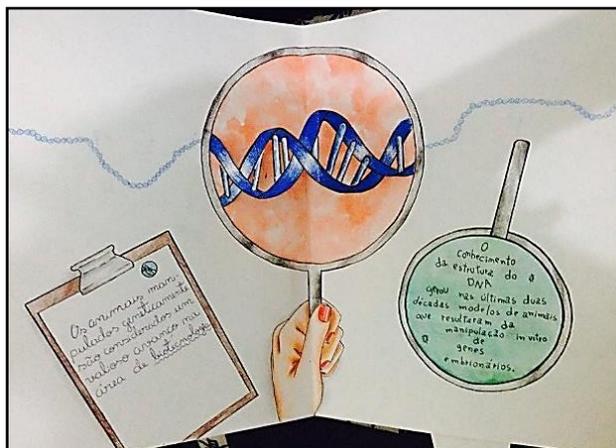
Figura 2. Identificação dos autores no livro



Páginas 2 e 3

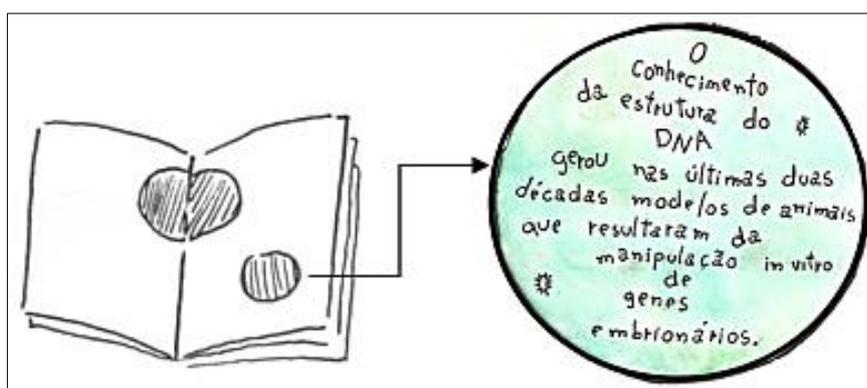
Nestas páginas, serão demonstradas a estrutura do DNA de forma lúdica, a partir do desenho de uma lupa aumentando a estrutura (**Figura 3**), com o objetivo de introduzir a importância do conhecimento da estrutura do DNA, para a manipulação *in vitro* de genes.

Figura 3. Páginas 2 e 3 do livro *pop up* “Afinal, o que são camundongos GFP?”



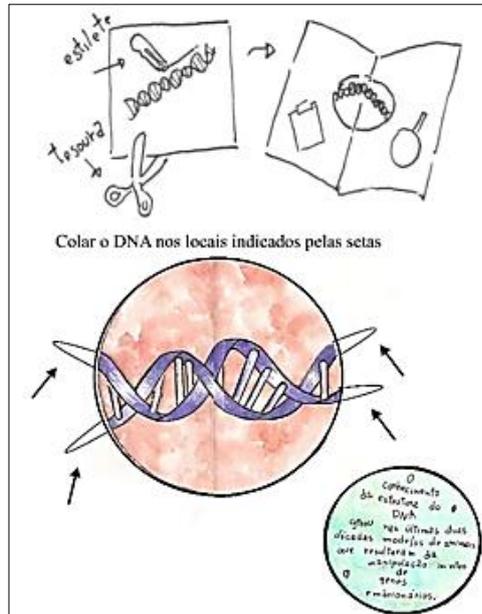
No centro das páginas, na porção superior, desenhe um círculo grande com 16cm de diâmetro e pinte o interior com tinta aquarela laranja. No canto inferior da página 3, desenhe um círculo com 10cm de diâmetro e pinte o interior com tinta aquarela verde. No interior deste pequeno círculo escreva o seguinte texto: “*O conhecimento da estrutura do DNA gerou nas últimas duas décadas modelos de animais que resultaram da manipulação in vitro de genes embrionários.*” (Figura 3a).

Figura 3a. Localização dos círculos e texto escrito.



Desenhe a estrutura do DNA utilizando lápis de cor e caneta nanquim em uma folha de papel canson. Recorte-a com o estilete e faça uma dobradura para que ela se projete para frente quando o livro for movimentado. Cole a estrutura da dupla hélice do DNA pelas extremidades, entre as páginas 2 e 3, conforme indicado na figura abaixo (Figura 3b).

Figura 3b. Demonstração da montagem do DNA.



Para a finalizar a montagem destas páginas utilize uma folha de papel canson dobrada ao meio, faça dois círculos vazados com posição e diâmetros correspondentes ao esquema da **Figura 3c**. Além dos círculos vazados, no canto inferior esquerdo da página 2, desenhe uma prancheta com as seguintes medidas: 13,5 cm x 9,5 cm. No interior escreva: “*Os animais manipulados geneticamente são considerados um valioso avanço na área de biotecnologia*”.

Figura 3c. Orientação para a construção dos círculos vazados (lupas) e posição da prancheta.



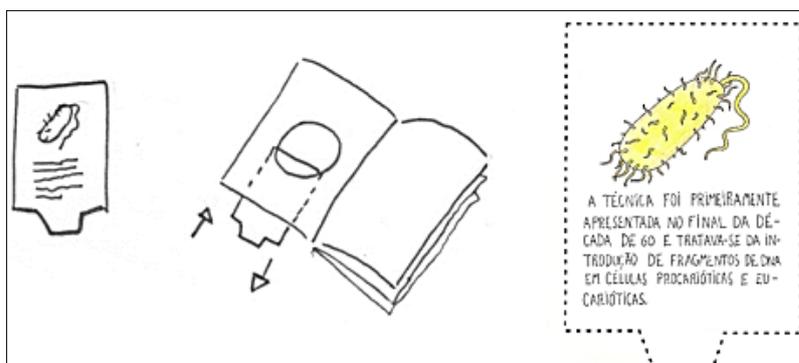
Cole o papel canson dobrado com os círculos vazados no livro. Haverá agora dois círculos coloridos que ilustrarão duas lupas e a área colorida será a área aumentada pela visão da lente da lupa. Ilustre uma mão segurando a lupa do centro.

Páginas 4 e 5

Para a construção das páginas 4 e 5 será empregada a técnica de folhas sobrepostas, etapa que exigirá atenção.

Em uma folha de tamanho A4, recorte um retângulo com o desenho de uma bactéria e escreva o texto: “A técnica foi primeiramente apresentada ao final da década de 60 e tratava-se da introdução de fragmentos de DNA em células procarióticas e eucarióticas”. O retângulo deverá ser recortado conforme o pontilhado indicado na figura abaixo (Figura 4a).

Figura 4a. Demonstração da construção da visão externa da célula procariótica.



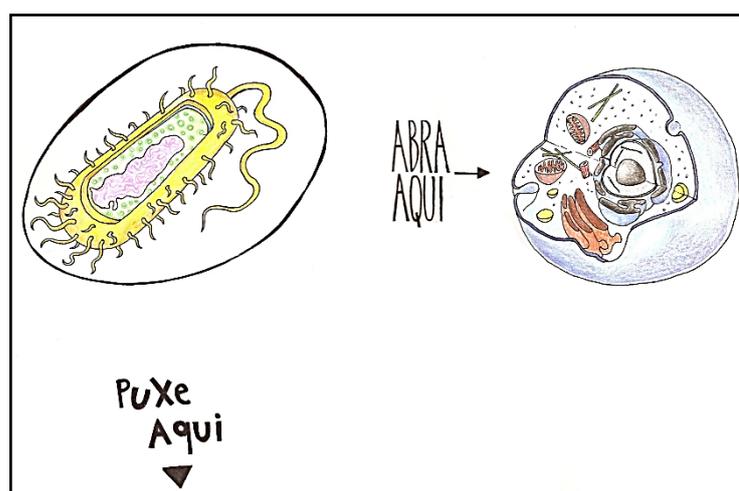
Construa um retângulo e, em um dos lados desenhe a estrutura externa da célula eucariótica. No verso escreva o texto: “Hoje em dia, a manipulação genética gera animais que tiveram genes adicionados, (transgênicos pós adição) retirados (knock out) ou modificados (knocking in e kinockout condicional), alterações estas que afetam todas as células do organismo possibilitando uma análise biológica da proteína cujos genes foram manipulados” (Figura 4b).

Figura 4b. Demonstração da construção da visão externa da célula eucariótica.



Dobre uma folha de papel canson ao meio. No centro do lado esquerdo da folha, equivalente à página 4 desenhe uma bactéria, evidenciando suas características internas. No centro da página 5, desenhe uma célula eucariótica com todos os detalhes de seu interior. Cole esta página sobre as folhas 4 e 5 do esqueleto do livro, da seguinte forma: a página 5 deverá ser colada completamente, enquanto que a página 4 será colada apenas nas extremidades esquerda, direita e superior (Figura 4c). A margem inferior deverá ser colada parcialmente, deixando uma largura de tamanho correspondente ao do retângulo com o desenho da bactéria mencionado na Figura 4a.

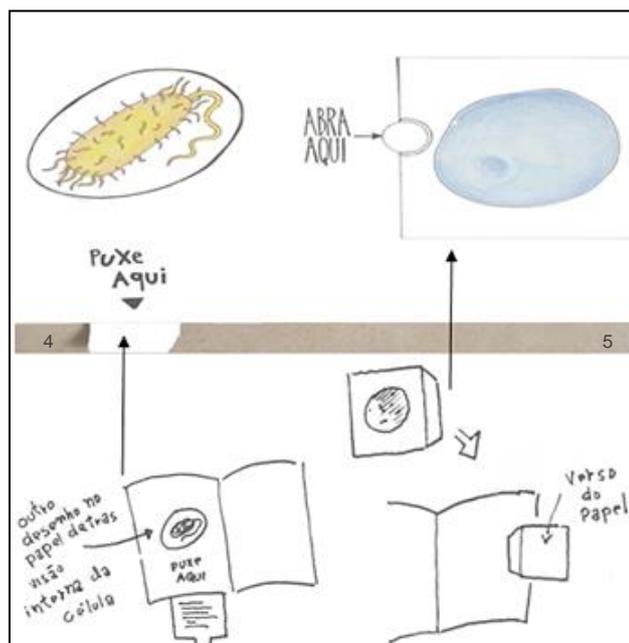
Figura 4c. Desenhos das células procariótica e eucariótica visão interna.



Para a montagem final das páginas, insira o retângulo contendo o desenho da bactéria no espaço deixado na página 4, de forma que ao puxar o retângulo seja possível visualizar a

parte interna da bactéria. Em seguida, cole apenas a extremidade direita do retângulo contendo o desenho da célula eucariótica sobre a figura da página 5. Para que ele possa ser aberto de forma semelhante à uma porta (Figura 4d).

Figura 4d. Montagem das células no esqueleto do livro.



Página 6 e 7

A proposta para as páginas 6 e 7 é representar um ambiente de pesquisa, o laboratório (Figura 5).

Nesta etapa, as folhas 6 e 7 do esqueleto do livro serão utilizadas. Desenhe e pinte imagens de elementos de laboratório, como microscópio, proveta e balão volumétrico na lateral direita da página 7. A seguir, utilize uma folha de papel Canson alvulsa e na região central, conforme indicado na Figura 5a desenhe uma mão segurando uma pipeta. É desejável que a ilustração das páginas sejam em aquarela. Recorte conforme o tracejado indicado na figura e cole esta página sobre a página 7 do esqueleto do livro. Na página 6 adicione textos explicativos sobre a técnica, à esquerda: *“Uma das ferramentas científicas mais úteis desenvolvidas nos últimos anos foi a chamada GFP (Green Fluorescent Protein) ou em português a proteína verde fluorescente”*. À direita escreva: *“A aplicação da técnica tem permitido a produção de transgênicos em diferentes espécies principalmente em ratos e camundongos”* (Figura 5c).

Desenhe a estrutura da GFP, utilize lápis de cor para colorir, recorte-a (Figura 5b) e cole-a na região correspondente a ponta da pipeta.

Os cortes e as dobraduras causarão o efeito e as projeções em *pop-up* desejadas, com algumas imagens saltando do papel no momento em que o livro é aberto (fig. 5).

Figura 5. Ambiente laboratorial retratado nas páginas 6 e 7 do livro.



Figura 5a. Recorte da pipeta da página 6 do livro.

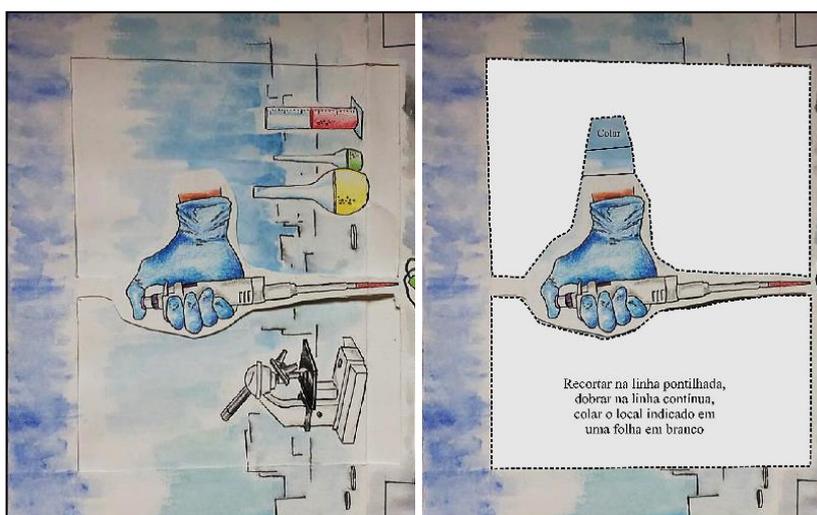


Figura 5b. Estrutura da molécula da GFP.

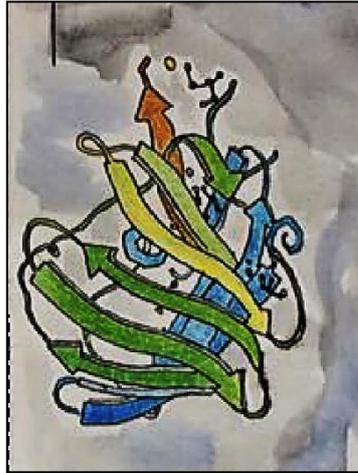


Figura 5c. Localização dos textos.



Páginas 8 e 9

Nestas páginas serão utilizados desenhos e frases vazadas. Pinte com tinta preta toda a página 8 (verso da página 7). Em uma folha avulsa de papel canson escreva: “*Camundongo verde? Como isso é possível?*” e desenhe a figura de um camundongo verde. Ambos serão colados na página 8 conforme Figura 6a após secagem da tinta.

A página 9 apresenta a origem da proteína GFP (Figura 6). Para isso, exibiu-se o fundo do mar empregando a engenharia do papel para configurar o movimento das ondas e para revelar didaticamente de onde é extraída a GFP, a partir da água viva *Aequorea victoria* (Figura

6b).

Para a montagem da página, utilize metade da folha de papel canson, pinte-a em aquarela para representar o fundo do mar. Cole-a sobre a página somente pelas bordas deixando três espaços livres, dois na lateral esquerda e um na parte inferior da página (**Figura 6c**). No centro superior da página escreva a frase: “*Essa história começa no fundo do mar*”. Utilizando metade de uma folha de papel canson construa três retângulos, dois de 17 cm x 3 cm, um deles com a frase: “*é capaz de produzir a luz verde fluorescente*” e o outro com desenho de ondas que serão encaixadas nos espaços vagos da lateral esquerda. Construa um retângulo com 9,5 cm x 8 cm com o desenho de uma água viva fluorescente (Figura 6c), o qual será encaixado no espaço vago da parte inferior da página. O resultado é observado na Figura 6.

Figura 6. Páginas 8 e 9 do livro do livro *pop-up* “*Afinal, o que são camundongos GFP?*”



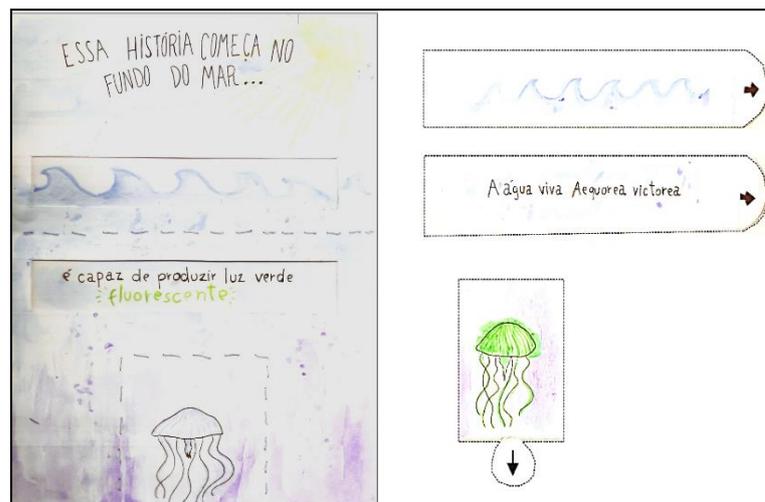
Figura 6a. Construção da página 8.



Figura 6b. Ilustração do fundo do mar.



Figura 6c. Montagem da página 9.



Páginas 10 e 11

Para retratar o isolamento do gene responsável pela fluorescência, as páginas 10 e 11 (Figura 7) esquematizarão desenhos em *pop-up* com a estrutura do DNA e uma tesoura, simulando de forma lúdica uma enzima de restrição (Figura 7a). Pinte as páginas 10 e 11 do esqueleto do livro com lápis de cor ou tinta guache. Na porção inferior da página 10, escreva a frase: “O DNA da água viva é extraído” e na página 11 insira o texto: “Isola-se o gene responsável pela fluorescência”. Em seguida, utilizando metade de uma folha de papel canson

desenhe a tesoura e a fita de DNA, recorte-os e insira nas páginas conforme Figura 7b.

Ao colar a molécula de DNA, certifique-se de que uma extremidade fique na página 10 e a outra na página 11. Na página 11 será inserida a tesoura, colada em um pedaço de papel dobrado semelhante a uma sanfona, indicado pela seta (Figura 7b), dando a impressão de que a tesoura se projeta quando o livro é aberto.

Figura 7. Páginas 10 e 11 do livro quando aberto. A estrutura do DNA e a tesoura saltam do livro.



Figura 7a. Ilustração da estrutura do DNA e de uma tesoura representado uma enzima de restrição.

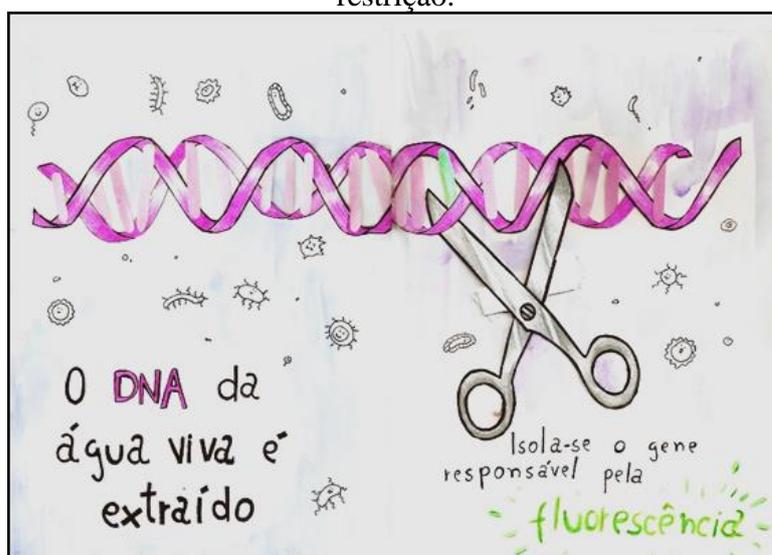
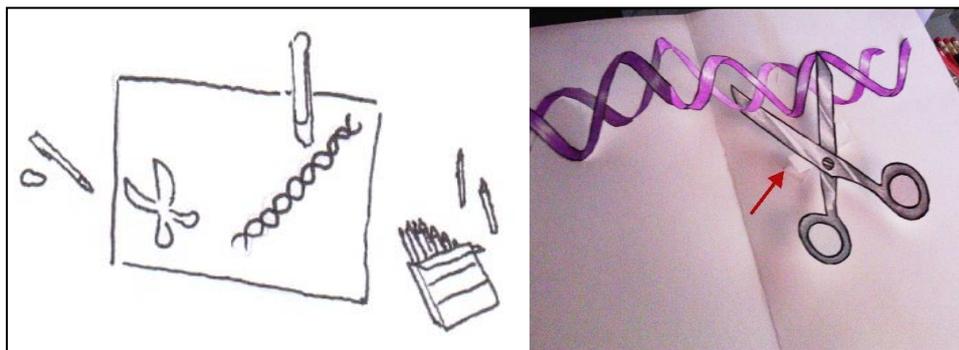


Figura 7b. Construção da dupla hélice do DNA e efeito 3D da tesoura.



Páginas 12 e 13

As páginas 12 e 13 demonstram a inserção do gene em células eucarióticas (Figura 8). Utilize metade de uma folha de papel canson para desenhar, colorir e recortar uma mórula, destacando uma das células com cor verde, diferente das demais para que indique em a célula que o gene fluorescente foi inserido (Figura 8a).

Em uma folha avulsa de papel canson dobrada, desenhe e recorte na porção central um quadrado (16 cm²). Ainda nesta folha, redija textos sobre a formação de um embrião transgênico. Na página 12 escreva: “*O gene da água viva é inserido em um embrião de camundongo*”, e na página 13: “*Assim, temos um embrião transgênico*”. Use os conhecimentos e criatividade (Figura 8b). Cole a folha de papel canson avulsa sobre as folhas 11 e 12 do esqueleto do livro. Em seguida, pinte o interior do quadrado, preferencialmente da mesma cor utilizada para colorir a maioria das células da mórula. Cole a mórula neste espaço, pelas extremidades, para que mantenha a impressão de uma imagem tridimensional da mórula quando o livro for aberto (Figura 8c e Figura 8).

Figura 8. Páginas 12 e 13 do livro do livro *pop-up* “Afinal, o que são camundongos GFP?”



Figura 8a. Esquema da construção da página com a mórula.

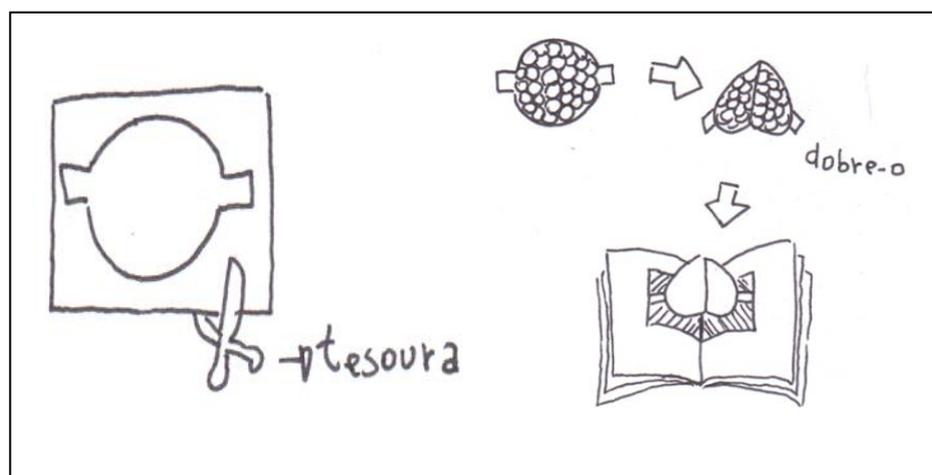


Figura 8b. Ilustra os textos escritos nas páginas 12 e 13.

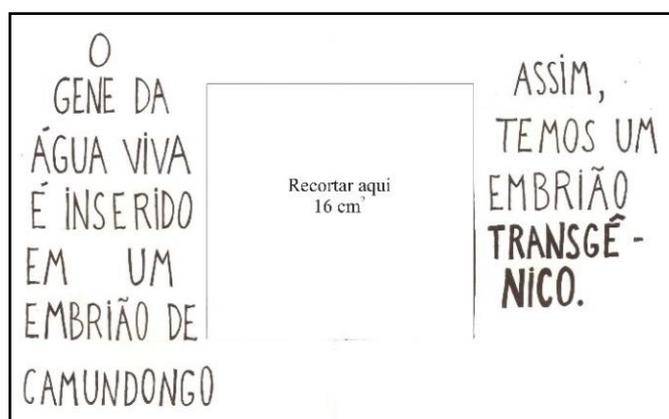
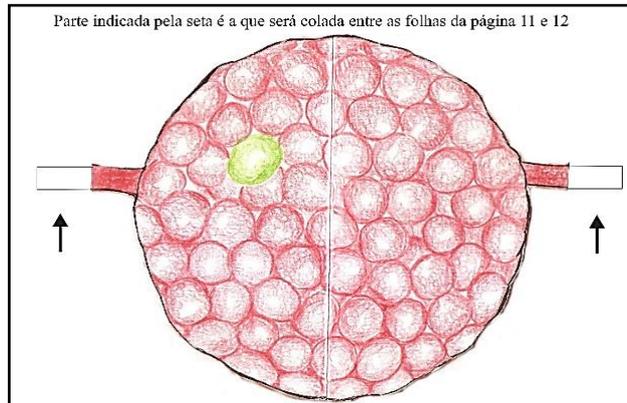


Figura 8c. Esquema para inserção da mórula nas páginas 12 e 13.



Páginas 14 e 15

As páginas 14 e 15 (Figura 9) retratam a implantação do embrião no útero de um camundongo. Para isso, desenhe e recorte um quadrado (16 cm²) no centro de uma folha de papel canson avulsa. Cole-a sobre as páginas 14 e 15 do esqueleto do livro. Em outra folha, ilustre um camundongo fêmea grávida, recorte e cole-a pelas extremidades no quadrado inserido anteriormente no esqueleto. Na página 14 desenhe uma mórula e uma seta pontilhada que a ligue à barriga do camundongo. Por fim, entre as páginas 14 e 15 escreva: “O embrião é implantado no útero de uma fêmea normal (Figura 9b).

Figura 9. Páginas 14 e 15 do livro do livro *pop-up* “Afiml, o que são camundongos GFP?”.



Figura 9a. Ilustração da construção do camundongo fêmea.

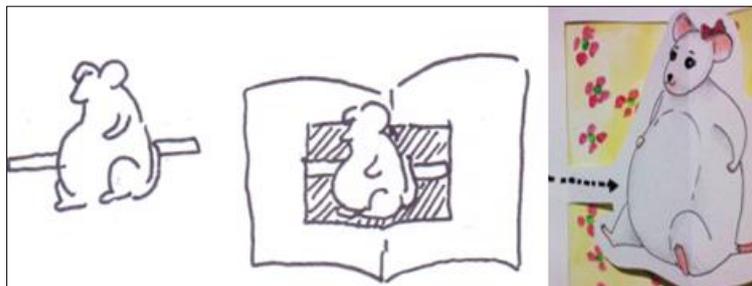
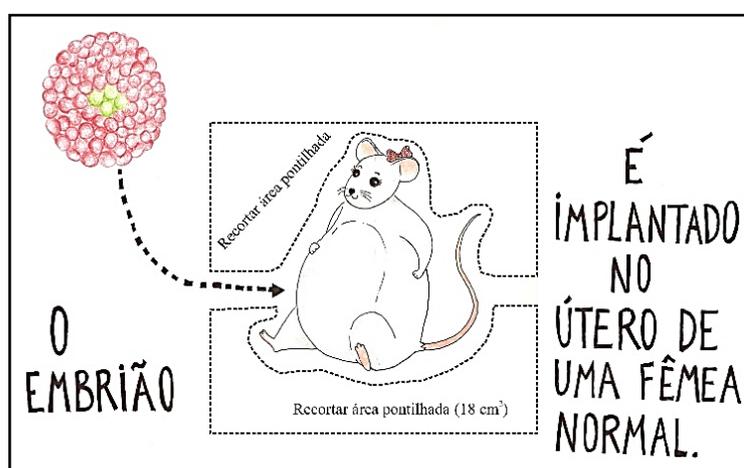


Figura 9b. Ilustração dos textos e da mórula.



Páginas 16 e 17

As páginas 16 e 17 exibem o nascimento do camundongo com a proteína (**Figura 10**). Para isso, na página 16 desenha um camundongo adulto e um recém-nascido e escreva: “*Nasce o camundongo transgênico*” (**Figura 10a**). Na página 17, cole letras que componham a frase: “*Ué ele não é verde?*” (**Figura 10b**), para dar o efeito da projeção das letras quando o livro for aberto.

Figura 10. Páginas 16 e 17 do livro do livro *pop-up* “Afinal, o que são camundongos GFP?”



Figura 10a. Ilustração do nascimento do camundongo transgênico.

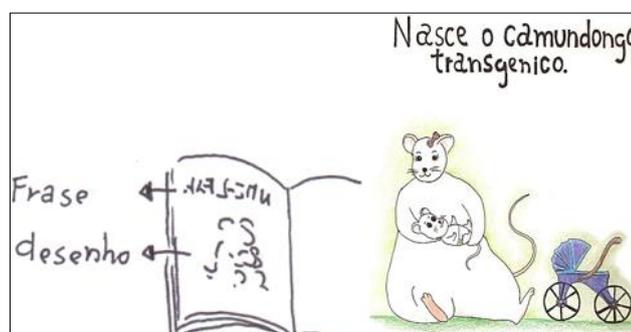


Figura 10b. Montagem da página 17.



Páginas 18 e 19

O questionamento da página anterior, será respondido na página 18 com o texto: “A cor verde aparece quando utiliza-se: ILUMINAÇÃO ESPECIAL”. Ilustre um camundongo GFP

em iluminação especial, a qual é necessária para que este emita a fluorescência (Figura 11a). Na página 19 o assunto é concluído com um texto abordando a importância da GFP, como um marcador de expressão genética em células e tecidos. Escreva: “A grande vantagem da GFP é que não só é fluorescente e pequena, como não possui quaisquer efeitos negativos na célula de introdução. Devido as suas propriedades fluorescentes, o gene da GFP tornou-se um importante marcador de expressão genética em células e tecidos. Com o auxílio dessa proteína pode-se investigar o comportamento das células e marcar tecidos, embriões e células-tronco, o que a tornou o gene repórter mais utilizado em pesquisas biotecnológicas.” (Figura 11b). Na parte inferior da página ilustre um camundongo junto à palavra “FIM”, encerrando o livro (Figura 11).

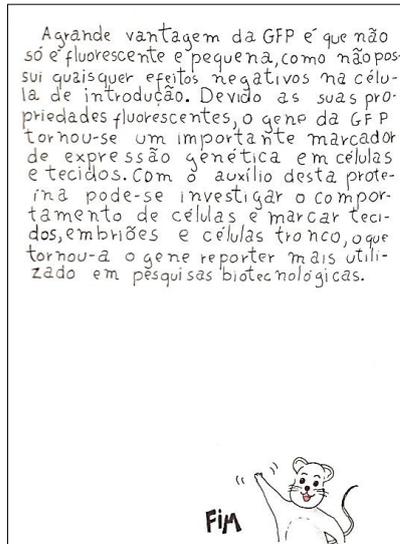
Figura 11. Páginas 18 e 19 do livro do livro *pop-up* “Afinal, o que são camundongos GFP?”.



Figura 11a. Construção da página 18.



Figura 11b. Ilustração do fim do livro, referente a página 19.



Considerações Finais

O modelo de material didático proposto une arte e ciência para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais leve e produtivo. A produção de livros em *pop-up* é uma atividade que permite ao professor apresentar um novo cenário, para o aprendizado de técnicas moleculares básicas, utilizando a temática de inserção da proteína verde fluorescente em camundongos geneticamente modificados e sua aplicação como marcador molecular.

Os livros em *pop-up* permitem fazer uma contextualização da aprendizagem no que envolve conceitos e práticas de conteúdos a que se pretende transmitir, aumentando o entusiasmo dos estudantes na busca por conhecimento.

A transposição didática envolve o saber do sábio, aquele elaborado pelo cientista, o saber ensinar, a qual está relacionado com os professores, sua didática e a práticas de condução em sala de aula e o saber ensinado, aquilo que foi absorvido pelo aluno após as transposições e adaptações feitas pelos professores. Nesse sentido, compreendendo a complexidade em transmitir assuntos científicos em sala de aula, esse tipo de abordagem atua como um excelente modelo de transposição didática, pois permite de forma práticas e dinâmica a construção do aprendizado.

Referências

AQUINORD, Eliane Cristina Gallo; ARAUJO, Elisabeth Adorno de. Lugar-escola: espaços educativos. **Rev.Mal-Estar Subj**, Fortaleza , v. 13, n. 1-2, p. 221-248, jun. 2013.

MARTINS, João Batista. A formação de professores no âmbito da abordagem multirreferencial. **Psicol. Esc. Educ.**, Maringá , v. 18, n. 3, p. 467-476, Dec. 2014 .

VIVIANI, Vadim R.; BECHARA, Etelvino JH. Um prêmio Nobel por uma proteína brilhante. **Química Nova na Escola, São Paulo**, n. 30, p. 24-26, 2008. Disponível em: < http://www.cienciamao.usp.br/dados/qne/_atualidadesemquimicaumpr.artigoCompleto.pdf >.

Como citar este artigo (Formato ABNT):

CEDRO, Pâmala Évelin Pires; GOMES, Camila Pachêco; MIRANDA, Alana Caise dos Anjos; TOMAZI, Laize; FREITAS, Leandro Martins de; NISHIYAMA, Patricia Belini. Livro em Pop-Up como ferramenta de Ensino: Compreensão dos Camundongos GFP. **Id on Line Rev.Mult. Psic.**, Dezembro/2019, vol.13, n.48, p. 772-795. ISSN: 1981-1179.

Recebido: 24/11/2019

Aceito: 04/12/2019