



ESTRUTURA DO DNA EM ORIGAMI - POSSIBILIDADES DIDÁTICAS

Lenira M. N. Sepel e Elgion L. S. Loreto*

Departamento de Biologia; Universidade Federal de Santa Maria.

Autor para correspondência.

Departamento de Biologia; Prédio 16; Campus - Universidade Federal de Santa Maria; CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. eMail: elgion@base.ufsm.br.

Palavras-chave: material didático, modelos tridimensionais, estrutura do DNA.

Resumo

Apresentamos sugestões para o emprego didático de modelos tridimensionais da molécula de DNA feitos pela técnica do origami. O grande potencial didático desses modelos reside no fato de apresentar uma atividade desafiadora e envolvente, requerendo materiais muito baratos. Por meio do modelo os alunos podem visualizar e discutir as principais características da estrutura secundária da molécula de DNA como, por exemplo, a dupla hélice, o anti-paralelismo das fitas, o emparelhamento das bases, a cadeia açúcar-fosfato hidrofílica localizada na fase externa da molécula, a posição interna das bases, entre outras.

Introdução

A dupla hélice do DNA é provavelmente a estrutura molecular mais representada na atualidade, tem sido utilizada como apelo para vendas em rótulos e em comerciais de vários produtos, tem sido apresentada como ícone de ciência, desenvolvimento e modernidade nos mais diversos eventos (na abertura dos jogos olímpicos, em alegorias de desfiles de carnaval).

Assim como o emprego de modelos tridimensionais foi fundamental no processo de descoberta da estrutura da molécula do DNA (Watson, 1987), a apresentação dessa estrutura sob forma de modelo nos diferentes níveis de ensino é um agente facilitador para a compreensão de vários fenômenos relacionados ao funcionamento do DNA.

Algumas características da molécula de DNA são facilmente representadas em figuras e outras exigem esquemas mais elaborados e maior esforço de abstração. Espera-se que a apresentação de modelos tridimensionais facilite não só a compreensão da estrutura como também a posterior interpretação de figuras, permitindo que o aluno reconheça com maior facilidade as situações relacionadas ao funcionamento celular que envolvem complementariedade e antiparalelismo da fitas do DNA, a existência dos sulcos e as possibilidades de mudanças nos parâmetros relacionados com a torção da molécula.

Os benefícios didáticos da apresentação de modelos são amplamente reconhecidos. Existem, para comercialização, excelentes modelos da molécula de DNA construídos com diferentes materiais e com diferentes possibilidades de aplicação em salas de aula. Porém, os modelos comercializados, na maioria das vezes, são muito caros. Como alternativa, existem propostas para a construção de modelos didáticos da molécula de DNA empregando diversos materiais acessíveis (p. ex.: ver Loreto e Sepel 2003). Esses modelos, contudo, envolvem tempo para preparação e exigem do executor habilidades especiais, o que também limita a aplicação.

Em 1995, Yen, T. propôs um modelo de DNA usando a milenar arte japonesa do Origami e o site www.dnai.org apresenta instruções simplificadas a partir dessa idéia. Com a intenção de divulgar este material, com fantástico potencial didático para professores de Biologia, traduzimos e adaptamos as informações que estão no site. As instruções de como fazer o origami foram detalhadas e uma série de fotos apresentando o processo passo a passo foi produzida (para ver, [clique aqui- arquivo: origami de DNA.pdf](#)). Para tornar o modelo mais didático ainda, introduzimos algumas modificações no material original: a identificação das bases nitrogenadas foi transferida para “dentro” da dupla hélice e o esqueleto fosfodiéster, com a orientação antiparalela, foi colocado nas laterais.

No presente trabalho, propomos atividades didáticas que podem facilitar o ensino da estrutura da molécula de DNA empregando o modelo de DNA em origami. Acreditamos que esse material é extremamente promissor em sala de aula tendo como principais vantagens: i) ser um método ativo de aprendizagem, capaz de envolver todos os participantes simultaneamente na mesma tarefa; ii) ser extremamente barato, e de execução rápida, permitindo que

cada aluno possa fazer o seu próprio modelo; iii) permitir a visualização e discussão das principais características da molécula de DNA e também explorar alguns aspectos de funcionamento.

Utilização do Modelo em Sala de Aula

As principais características da molécula de DNA que podem ser exploradas com esse modelo são:

1- polímero formado por duas cadeias em dupla hélice com enrolamento para a direita;

2- Esqueleto hidrofílico composto por desoxirribose e fosfato no exterior da molécula (esqueleto açúcar-fosfato);

3- Bases nitrogenadas (hidrofóbicas) para o interior da molécula;

4- Emparelhamentos específicos das bases em função do número de pontes de hidrogênio entre as bases: Adenina sempre emparelha com Timina, formando duas pontes de hidrogênio e Citosina sempre emparelha com Guanina com três pontes de hidrogênio.

5- As fitas são anti-paralelas. Enquanto uma fita está em sentido 5' – 3' a outra está no sentido 3' - 5'.

Sugerimos que o modelo em origami seja utilizado após a apresentação dessas características e que o aluno seja estimulado a reconhecer no modelo a organização polimérica, identificando quais são os monômeros e revisando os diferentes açúcares e bases que podem fazer parte dos nucleotídeos.

Para que o modelo possa ser bem explorado, o ideal é que o aluno tenha bem claro o significado das representações (composição do nucleotídeo e formação do esqueleto fosfodiéster) para conseguir identificar, no modelo (Figura 1), como e onde estarão representadas.

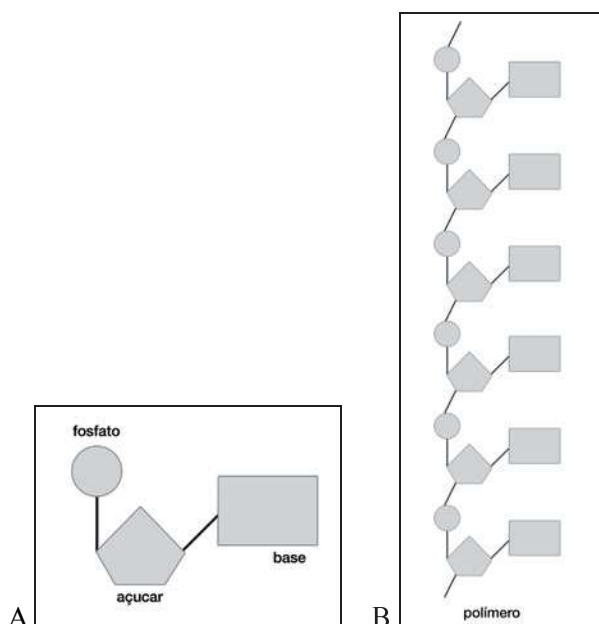


Figura 1 – A) representação esquemática de um nucleotídeo com o grupo fosfato, o açúcar e a base nitrogenada; B) representação esquemática de uma fita do DNA formada pela união de vários nucleotídeos.

Primeira atividade: Apresentação do modelo e revisão da estrutura de dupla-hélice e pareamento das bases.

Nessa fase inicial é importante destacar que, diferentes das representações bidimensionais, em que as fitas complementares do DNA são representadas com as bases emparelhadas de modo direto (A em uma linha corresponde a T na outra linha), no modelo para dobradura os emparelhamentos aparecem em linhas diagonais (a adenina de uma fita tem seu par na outra fita em uma posição imediatamente acima ou abaixo, em linha diagonal).

i) Distribua aos alunos uma folha de papel impresso com o modelo descrito na figura (para modelo clique [aqui](#) [arquivo: modP&B.pdf](#)) e auxilie os alunos a identificar como a dupla fita está representada: uma fita corresponde à coluna do modelo marcada pela seta vermelha e a outra fita corresponde à indicada pela seta azul (Figura 2).

ii) É necessário explicar que, para o modelo em origami (e só em função das dobras que serão executadas), a dupla fita é representada duas vezes (a coluna sinalizada pela seta verde é uma “imagem real invertida”).

iii) Para que o conceito de complementariedade das bases (A-T; C-G) fique evidente e seja associado ao número de pontes de hidrogênio que se estabelece entre as moléculas (três entre G e C) e (duas entre A e T), o aluno deve reconhecer que, no modelo, as pontes de hidrogênio são representadas através das linhas diagonais que unem as bases complementares.

iv) Apenas algumas bases estão representadas pelas letras correspondentes no modelo. A sugestão é que o aluno complete os pares, usando as regras do emparelhamento e marcando também a presença das pontes de hidrogênio com linhas ligando as bases (ver Figura 2- B). Nessa etapa é possível revisar os conceitos relacionados com a complementariedade das fitas e destacar a importância dessa característica para os processos de transmissão de informação na replicação e na transcrição.

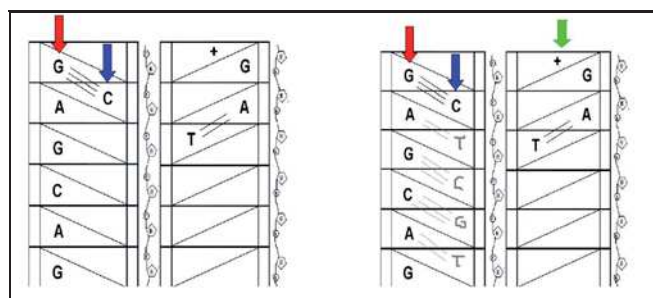


Figura 2 A B

Figura 2 – Preenchimento das fitas complementares no modelo de DNA.

Segunda atividade: o dobramento do origami e a discussão da estrutura secundária da molécula e suas propriedades físico-químicas

Após o dobramento do origami, o modelo ficará como o apresentado na Figura 3.

O dobramento em hélice da molécula torna-se evidente e também fica fácil observar a posição ocupada pelo esqueleto açúcar-fosfato na parte externa da dupla hélice e a presença das bases nitrogenadas no interior.

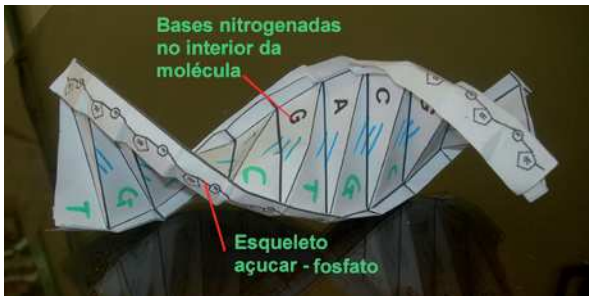


Figura 3 – Origami da molécula de DNA em que as principais características desta molécula podem ser identificadas.

Neste momento, o professor pode trabalhar os aspectos físico-químicos decorrentes da composição molécula do DNA, por exemplo: as características hidrofílicas do esqueleto fosfodiéster pela presença das pentoses e o caráter ácido conferido pelo grupo fosfato.

A discussão sobre as conseqüências das posições do esqueleto fosfodiéster e das bases na molécula também pode ser interessante. A solubilidade do DNA associada à “parte externa” da molécula em contato com a água (esqueleto fosfodiéster) e a neutralização das regiões eletricamente carregadas através de pareamentos entre as bases (A-T e C-G) permitindo que a região hidrofóbica (sem cargas elétricas livres) fique no interior da molécula.

Terceira atividade: a orientação anti-paralelas das fitas, as formas DNA-A e DNA-B

O esqueleto açúcar -fosfato representado na lateral do modelo tem por objetivo destacar o antiparalelismo das fitas, permitindo visualizar os sentidos 5'→3' e 3'→5'. A observação dessa representação pode servir para discutir quais os elementos responsáveis pela orientação da fita, o que é uma dúvida relativamente comum entre os alunos.

Outros elementos que podem ser explorados são o enrolamento para direita, característico da forma DNA-B e as diferentes estruturas secundárias do DNA (formas A e Z). Com uma segunda dobradura é possível produzir um modelo com enrolamento para a esquerda:

i) Em uma nova folha-modelo, faça as dobras do modo anteriormente descrito até o passo 5. ii) No passo 6, ao invés de fazer as dobras em montanha no lado indicado pelo sinal +, faça as dobras do outro lado (não marcado). iii) No passo 7, no lado do papel marcado pelo sinal +, dobre em vale, nas linhas transversais e depois siga os mesmos passos indicados.

Com essas trocas no dobramento, o modelo ficará com o enrolamento para a esquerda. A comparação dos modelos com enrolamento para a direita e a esquerda (Figura 4) fica mais fácil se os modelos forem coloridos (Para obter os modelos coloridos, [clique aqui arquivo: origamiDNA.pdf](#)).



Figura 4 – Modelo de origami com enrolamento para a direita e a esquerda, respectivamente.

No Ensino Superior, pelo simples fato das informações básicas sobre a estrutura do DNA terem sido apresentadas no Ensino Médio, há um grau maior de dificuldade em despertar a curiosidade e para prender a atenção em relação a esses temas. Por ser uma aula em que os alunos são desafiados a interpretar e executar uma “receita” (fazer as dobraduras do origami), a quantidade e qualidade de questionamentos aumentam. As idéias prévias que o aluno traz nem sempre se ajustam ao modelo e o surgimento de dúvidas é espontâneo. A adequação do modelo à estrutura apresentada nos livros, detectando os “defeitos” do modelo, os pontos onde ele não representa de modo “fiel” a estrutura do DNA e as sugestões de como melhorá-lo, é um tema rico para discussão pois estimula os alunos a refletir e pesquisar sobre um dos temas mais corriqueiros dos programas de Genética. A construção do modelo de DNA também pode criar a oportunidade para o aluno de graduação desenvolver simulações e outros modelos inovadores relacionados aos processos de fluxo de informação genética.

O mesmo conjunto de atividades pode ser desenvolvido com o modelo de DNA em origami para turmas de Ensino Médio, com as mesmas vantagens. Neste caso, a ênfase recai sobre os conceitos básicos relativos à complementariedade, e a atividade pode servir como reforço para os conteúdos apresentados em livros didáticos.

BIBLIOGRAFIA:

- Loreto, E.L.S e Sepel, L.M.N. Atividades Experimentais e Didáticas de Biologia Molecular e Celular. São Paulo, SBG, 2003. 2ed.
- Watson, J.D., A dupla hélice. Lisboa, Gradiva, 1987.
- Yen, T. Make your own DNA. Trends in Biochemical Sciences.20:94. 1995.