

TEMAS DE BIOLOGIA

PROPOSTAS PARA DESENVOLVER EM SALA DE AULA

NÚMERO 7

JANEIRO DE 1998

EDITORIA MODERNA

TRABALHANDO TEMAS FUNDAMENTAIS: CÓDIGO GENÉTICO E SÍNTESE DE PROTEÍNAS

J. M. Amabis* e G. R. Martho

Um dos assuntos que mais desafiam o professor de ensino médio é o mecanismo de fabricação das proteínas sob o comando dos genes, ou seja, o sistema de codificação genética e suas implicações. Para entendê-lo, além de conhecer as estruturas dos ácidos nucleicos e das proteínas, os estudantes têm de ser capazes de relacionar seqüências de bases do DNA com o fenótipo do organismo, o que exige grande esforço de abstração. Pensando nisso, apresentamos duas atividades que tornam mais concreto o sistema de codificação genética e que, por seus aspectos lúdicos, motivam os estudantes a aprender esse tema, de fundamental importância para a compreensão do fenômeno da vida.

A decifração do **código genético** por Nirenberg, Ochoa e Khorana, no início de 1960, foi uma das mais espetaculares descobertas científicas do século XX. O código genético é um sistema de armazenamento de informações hereditárias, as quais comandam todo o funcionamento celular. A decifração do código genético mostrou que o controle do metabolismo das células é fundamentalmente o mesmo desde as bactérias até a espécie humana, reforçando as evidências de que todos os seres vivos atuais tiveram ancestrais em comum.

Na maioria dos organismos, as informações que comandam o funcionamento celular estão inscritas em moléculas de **DNA**. As "letras" do código genético são os quatro tipos de bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), citosina (C) e guanina (G). As unidades de informação do código, comparáveis a palavras, são os **genes**. Um gene é um segmento de DNA em que a seqüência dos quatro tipos de bases nitrogenadas (digamos, AAATCGCCT) apresenta determinado significado funcional. Por exemplo, a presença de pigmentação na pele, no cabelo e nos olhos deve-se à existência, em nosso DNA, de uma certa seqüência de bases específica, na qual reside a informação para a fabricação do pigmento melanina. Pessoas que apresentam DNA com alterações nessa seqüência de bases são albinas.

Para se expressarem, as informações inscritas no DNA têm de ser primeiramente transcritas para moléculas de **RNA**. As duas cadeias que compõem o DNA separam-se e apenas uma delas orienta a formação de uma cadeia de RNA, para a qual é transcrita a informação codificada no gene. No RNA não existe timina; em seu lugar está presente a base uracila (U).

A regra da transcrição é: onde houver A no DNA, haverá U no RNA; onde houver T no DNA, haverá A no RNA; onde houver C no DNA, haverá G no RNA e onde houver G no DNA, haverá C no RNA. A seqüência AAATCGCCT no DNA, por exemplo, é transcrita para UUUAGCGGA no RNA.

Qual é o destino de um RNA para o qual foi transcrita a informação contida no gene? Alguns genes produzem moléculas de RNA capazes de se ligar a aminoácidos (**RNA transportador**); outros tipos de RNA farão parte da estrutura dos ribossomos (**RNA ribossômico**); outros, ainda, comandarão a ordenação dos aminoácidos para a fabricação das proteínas celulares (**RNA mensageiro**).

A maioria dos genes transcreve suas informações para moléculas de RNA mensageiro. Estas, por sua vez, comandam a síntese das proteínas celulares.

O RNA mensageiro contém suas informações organizadas em trincas de bases, os **códons**. Cada códon corresponde a um aminoácido, e a seqüência de códons determina a seqüência de aminoácidos (estrutura primária) que a proteína terá.

Além de serem constituintes fundamentais da estrutura celular, grande número de proteínas atua como enzimas, catalisando a maioria das reações químicas vitais. É por meio das proteínas, portanto, que os genes controlam praticamente todas as características fenotípicas dos seres vivos.

Neste folheto apresentamos duas atividades que podem ajudar os estudantes a compreender melhor os princípios da codificação genética e da síntese de proteínas. Ambas envolvem a utilização de modelos, que concretizam parte do longo caminho que há entre a informação codificada pelo gene e o fenótipo manifestado por um ser vivo.



Modelo em papel utilizado na simulação dos principais passos da síntese de proteínas sob o controle dos genes.

* Professor do Departamento de Biologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

SUGESTÕES DE ATIVIDADES

Nas páginas seguintes apresentamos as informações necessárias à realização de duas atividades. Uma delas (abaixo) sugere a teatralização da síntese de proteínas. Além de motivar a maioria dos estudantes e esclarecer pontos de difícil compreensão, esse tipo de atividade permite integrar diversos tipos de habilidade (incluindo a expressão corporal) ao processo de aprendizagem.

A segunda atividade consiste em utilizar modelos de papel para simular as principais etapas da síntese de proteínas. Isso torna mais concretos determinados processos bioquímicos e permite que, durante a manipulação das peças, os estudantes tenham bastante tempo para refletir sobre os princípios biológicos envolvidos.

Cada estudante ou grupo de estudantes deve receber xerocópias da página de atividades e das duas páginas com desenhos para recortar. É necessário, também, utilizar uma tabela de codificação genética, como a que foi fornecida no *Temas de Biologia* nº 6. Mais detalhes constam da própria página de atividades dirigida aos estudantes.

As atividades deste folheto serão mais bem aproveitadas se os estudantes já dominarem os conceitos referentes à composição de ácidos nucleicos e de proteínas, e também os princípios básicos da codificação genética. Em nossas obras de Biologia esses assuntos podem ser encontrados nos seguintes volumes:

AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. *Fundamentos da Biologia moderna*, São Paulo, Ed. Moderna, 1997:

- Estrutura química de proteínas e enzimas (págs. 91-97);
- Estrutura química dos ácidos nucleicos (págs. 102-103);
- Genes, código genético e síntese de proteínas (págs. 152-158).

— *Biologia das células* (vol. 1), São Paulo, Ed. Moderna, 1994:

- Estrutura química de proteínas e enzimas (págs. 89-98);
- Estrutura química dos ácidos nucleicos (págs. 99-100);
- Os genes e o controle do metabolismo (págs. 311-327).

— *Biologia dos organismos* (vol. 3), São Paulo, Ed. Moderna, 1994:

- Do genótipo ao fenótipo: como se expressam os genes (págs. 158-173).

TEATRALIZANDO A SÍNTESE DE PROTEÍNAS

MATERIAL NECESSÁRIO

- ✓ 7 retângulos de papel-cartão branco ($\pm 20 \times 30$ cm)
- ✓ 5 pedaços de papel-cartão de cores diferentes ($\pm 30 \times 40$ cm)
- ✓ 7 metros de fio de náilon grosso, tipo “fio de pedreiro”
- ✓ 4 esferas de isopor (± 10 cm de diâmetro)
- ✓ Canudinhos plásticos de refrigerante
- ✓ Cola plástica ou epóxi
- ✓ Fita adesiva e cola para papel
- ✓ Tinta plástica de diferentes cores

PROCEDIMENTOS

Construa um modelo do RNAm colando os sete retângulos de papel-cartão lado a lado com fita adesiva. Em seguida, cole a tira de cartões em dois fios de náilon, deixando cerca de 50 cm de fio livre em cada extremidade. Escreva em cada cartão um códon. A sequência sugerida é: AAG - AUG - GCC - ACA - UUC - UGA - CAU. Sublinhe os códons AUG (de início) e UGA (de término), por se tratar de códons especiais.

Desenhe, em cada pedaço de papel-cartão colorido, modelos dos RNAt e do fator de terminação. Faça desenhos semelhantes aos da atividade das páginas seguintes. Escreva, nos RNAt, as trincas UAC, CGG, UGU e AAG. Elas representam os anticódons.

Perfure as esferas de isopor ao longo do diâmetro com um arame aquecido e ajuste no furo um canudo plástico, cortando o que sobrar; se necessário, use cola plástica para fixar os canudos. Eles facilitam a passagem do fio de náilon, que servirá para manter unidas as esferas. Escreva em cada esfera a abreviatura de um aminoácido (Met, Ala, Thr, Phe). Passe um pedaço de fio de náilon (80 cm) pelo furo da esfera identificada por Met e dê um vários nós em uma das pontas do fio, de modo que a esfera não escape por ela. Pinte cada esfera com uma cor semelhante à do cartão do RNAt correspondente (UAC = Met; CGG = Ala; UGU = Thr; AAG = Phe).

Distribua os modelos dos RNAt para quatro estudantes e solicite que cada um pegue a esfera com o aminoácido correspondente. Um quinto estudante ficará com o modelo do fator de terminação.



Mais dois estudantes devem segurar o modelo de RNAm feito com os sete retângulos pelas pontas dos fios de náilon, mantendo-o esticado e de frente para a classe. Outro estudante simulará o ribossomo, colocando-se atrás do RNAm, junto à sua extremidade esquerda (de que olha da classe). A partir daí ele deve se deslocar para sua esquerda até encontrar o códon de início. O estudante que representa o RNAt da metionina deve colocar -se atrás do RNAm, à direita do “estudante-ribossomo” e tendo à sua frente o códon AUG. O estudante-ribossomo deve então erguer os braços, indicando que os sítios P e A, onde se alojam os RNAt, se tornaram disponíveis. O estudante-RNAt da metionina ficará sob o braço direito do estudante-ribossomo.

O passo seguinte é a colocação do estudante-RNAt da alanina sob o braço esquerdo do estudante-ribossomo, tendo à sua frente o códon GCC. O estudante-ribossomo passa o fio de náilon pelo furo da alanina, unindo-a à metionina. O estudante-RNAt da metionina solta seu aminoácido e afasta-se, encerrando sua participação.

O estudante-ribossomo anda para a esquerda e coloca o braço direito sobre o estudante-RNAt da alanina, ficando com o braço esquerdo livre. O estudante-RNAt da treonina coloca-se sob o braço esquerdo do estudante-ribossomo, tendo à sua frente o códon ACA. O fio de náilon é passado pelo furo da esfera que representa a treonina, adicionando-a à cadeia polipeptídica.

O processo repete-se até que o estudante-ribossomo chegue ao códon UGA, onde entra o estudante-fator de terminação. O último estudante-RNAt deve soltar o conjunto de esferas que representa a proteína. O estudante-ribossomo afasta-se do RNAm e o processo termina.

ATIVIDADE: TRABALHANDO COM UM MODELO PARA A SÍNTESE DE PROTEÍNAS

Nome: _____ Série: _____

O objetivo desta atividade é facilitar a compreensão do mecanismo da síntese de proteínas pela utilização de modelos de papel. Estes representam os principais participantes da síntese de proteínas: RNA mensageiro (RNAm), ribossomo, diversos tipos de RNA transportador (RNAt), fator de terminação e aminoácidos. A atividade consiste em simular, passo a passo, os mecanismos que levam ao encadeamento dos aminoácidos da proteína sob o comando do RNA mensageiro.

MATERIAL NECESSÁRIO

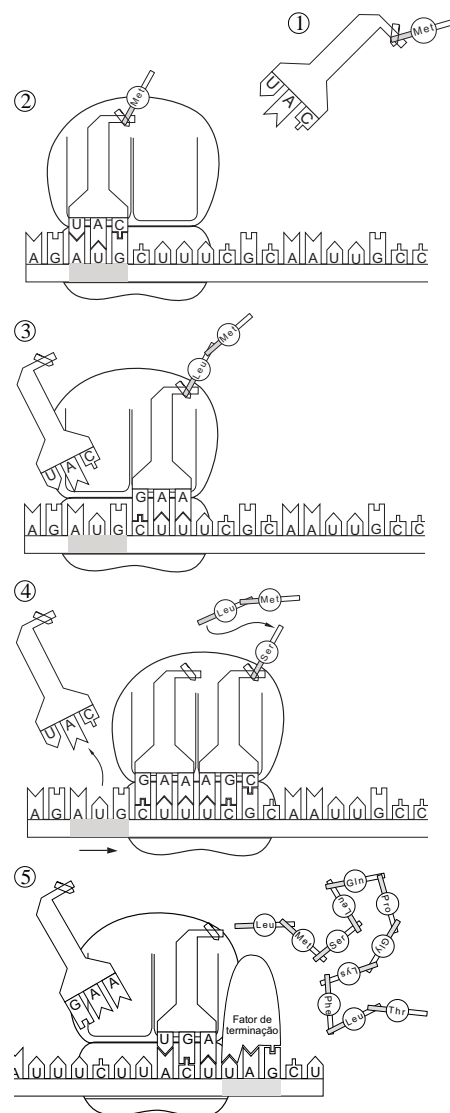
- ✓ Tesoura e/ou estilete
- ✓ Cola (de preferência em bastão)
- ✓ 11 miniclipes
- ✓ Folhas para recortar com desenhos do mRNA, do ribossomo, dos aminoácidos, dos tRNA e do fator de terminação (xerox)
- ✓ Painel de isopor ou de cortiça (opcional)
- ✓ Alfinetes de mapa ou percevejos (opcional)
- ✓ Lápis ou canetas hidrográficas coloridos (opcional)

ORIENTAÇÕES GERAIS

Com tesoura ou estilete recorte, das folhas de desenhos, os modelos do RNAm, do ribossomo, dos aminoácidos, dos RNAt e do fator de terminação. Note que o RNAm está dividido em dois pedaços, que precisam ser unidos. Para isso, siga as instruções da folha de desenhos e una os dois pedaços com cola. Pode-se também colorir os modelos para que sejam mais facilmente reconhecidos. A montagem do modelo pode ser feita sobre uma superfície plana ou fixando-se as peças em um painel de isopor ou cortiça por meio de alfinetes de mapa ou percevejos.

PASSO A PASSO DA SÍNTESE DE PROTEÍNAS

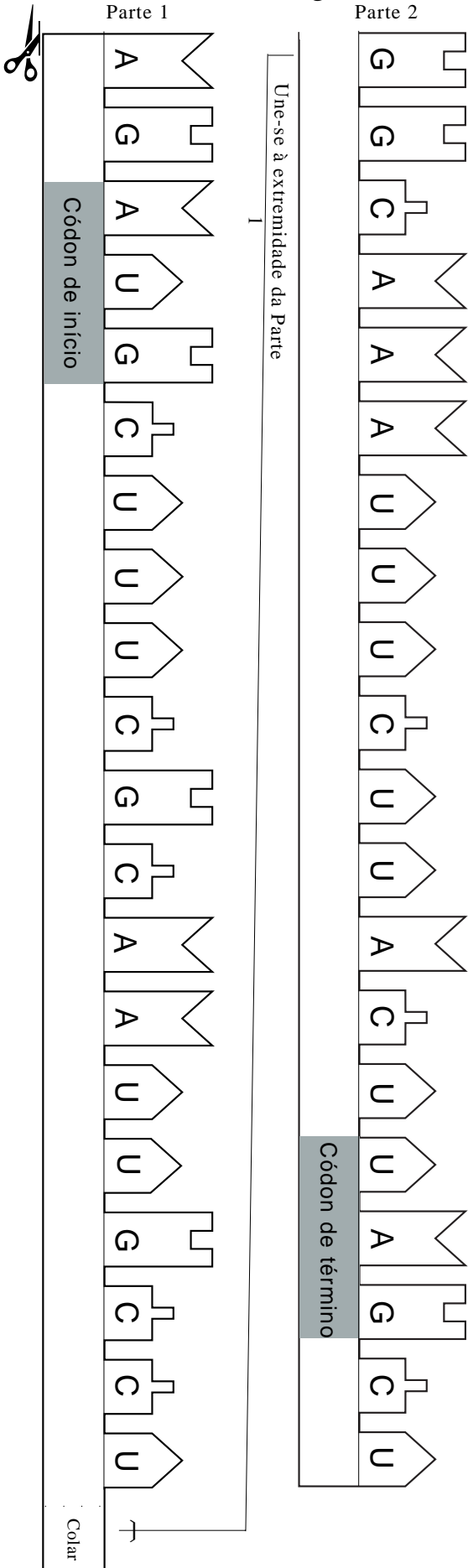
1. Sua primeira tarefa, antes de iniciar a síntese de proteína, consiste em ligar, por meio de um miniclipe, cada RNAt à extremidade carboxila (cinza) do aminoácido correspondente. Para isso, consulte uma tabela de codificação genética, lembrando, porém, que geralmente as tabelas se referem aos códons (trincas de bases no RNAm) dos aminoácidos. É necessário "traduzir" os códons para os anticódons do RNAt. Por exemplo, se o códon para a metionina é AUG, a trinca do RNAt correspondente é UAC.
2. Alinhe o RNAm na subunidade menor do ribossomo, de maneira que o códon de início fique exatamente embaixo do sítio P, na subunidade maior do ribossomo. Posicione o RNAt da metionina no sítio P do ribossomo de modo que seu anticódon se encaixe ao códon de início. É esse encaixe que marca o começo da síntese de proteína.
3. Encaixe o RNAt que corresponde ao códon localizado sob o sítio A. O aminoácido transportado por esse RNAt será o segundo da cadeia polipeptídica. Solte a metionina de seu RNAt e cole sua extremidade carboxila (cinza) à extremidade amina (branca) do segundo aminoácido.
4. Deslize com cuidado o ribossomo para a direita. Percorra uma distância correspondente a três bases, mantendo encaixados os códons e os anticódons. O RNAt da metionina fica fora do ribossomo; o segundo RNAt, com os dois aminoácidos unidos, passa a ocupar o sítio P; o sítio A fica vazio. Encaixe o RNAt que corresponde ao códon localizado sob o sítio A. Solte a dupla de aminoácidos (diptéptido) do RNAt localizado no sítio P e cole a extremidade carboxila livre à extremidade amina do terceiro aminoácido.
5. Repita o procedimento anterior até que o códon de término passe a ocupar o sítio A do ribossomo. O encaixe do fator de terminação determina o fim da mensagem genética para a proteína, que se desliga do último RNAt e está pronta para atuar.



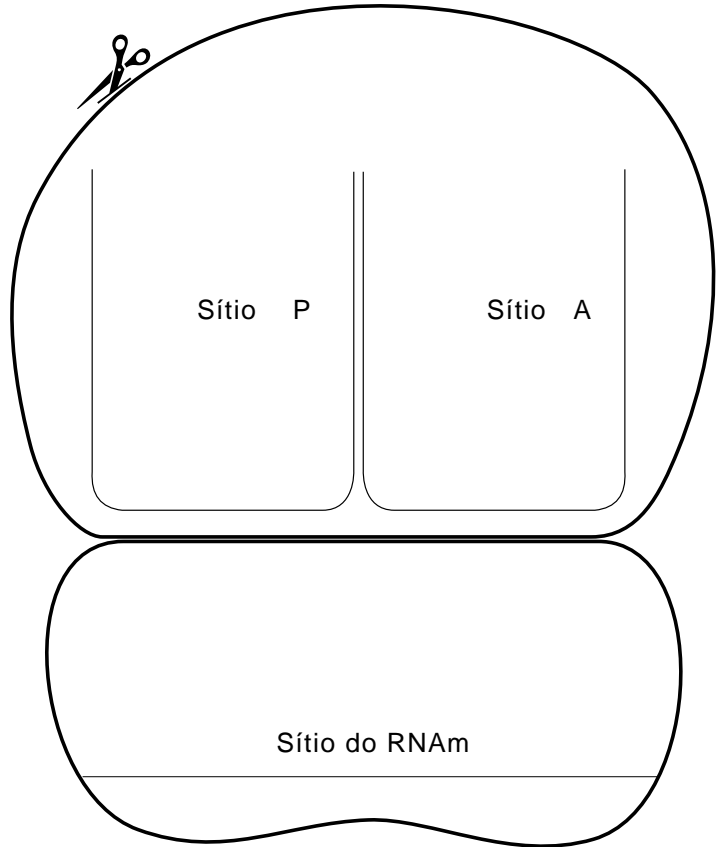
RNA mensageiro

Parte 1

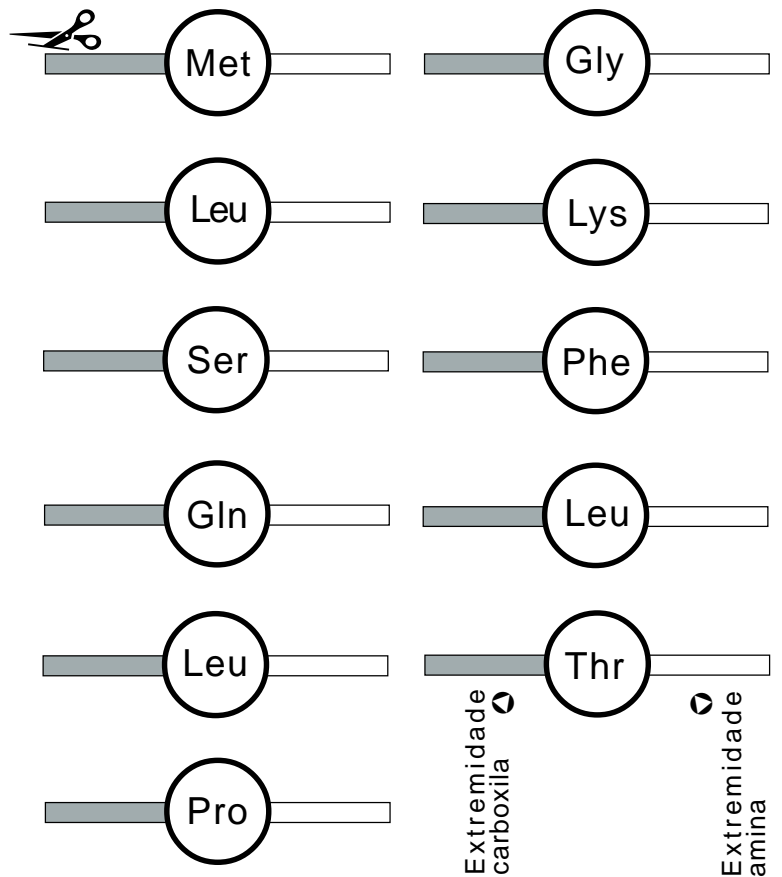
Parte 2



Ribossomo



Aminoácidos



Folha para recortar

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

