

# APLICAÇÕES DA ENGENHARIA GENÉTICA

## GUIA DO PROFESSOR



(Áudio):

- *Entrevistas: vacinas*
- *Ciência em destaque: células tronco*
- *Ciência em destaque: terapia celular*



(Softwares):

- *Produção de vacina contra a gripe*
- *Produção de insulina humana por bactéria*
- *Qual é a palavra?*

Realização

## Caro(a) professor(a),

É com grande satisfação que trazemos a você este guia com dicas para a utilização de objetos educacionais. Nossa intenção é ajudá-lo(a) a enriquecer ainda mais seu planejamento didático. Apresentamos algumas ideias que você poderá aproveitar dependendo de sua vontade, de sua proposta de trabalho e das condições existentes em sua escola.

Os objetos educacionais de Biologia foram produzidos para você e estão organizados em seis temas estruturadores. Este guia tratará de uma das quatro unidades temáticas que compõem o tema estruturador “Transmissão da vida, ética e manipulação gênica”. Trata-se da unidade “Aplicações da engenharia genética”.

São seis os objetos educacionais que desenvolvemos para esta unidade temática. Eles complementarão o seu trabalho realizado com o livro didático. Também indicaremos outros materiais que poderão ser úteis em suas pesquisas sobre o assunto, citados ao longo deste guia. Os objetos educacionais são os seguintes:

1. (Áudio) Entrevistas: Vacinas;
2. (Áudio) Ciência em destaque: Células-tronco;
3. (Áudio) Ciência em destaque: Terapia celular;
4. (Software) Produção de vacina contra a gripe;
5. (Software) Produção de insulina humana por bactéria;
6. (Software) Qual é a palavra.

Todos esses objetos educacionais podem ser usados por você, professor(a), tanto de forma isolada quanto de forma integrada. Na página 03 deste guia apresentamos um roteiro com sugestões de uso integrado dos objetos educacionais para o desenvolvimento dos principais conceitos cobertos por esta unidade. Ele pode ser utilizado entre dez e doze aulas de 50 minutos. Também iremos trazer roteiros para o uso isolado de cada objeto educacional, com sugestões detalhadas para o(a) professor(a) que deseja trabalhar com eles de forma independente.

A partir da página quatro você encontrará as sugestões específicas para uso de cada um dos objetos:

Página 04, sugestão de uso do áudio “Entrevistas: Vacinas”;

Página 05, sugestão de uso do áudio “Ciência em destaque: Células tronco”;

Página 06, sugestão de uso do áudio “Ciência em destaque: Terapia celular”;

Página 07, sugestão de uso do software “Produção de vacina contra a gripe”;

Página 08, sugestão de uso do software “Produção de insulina humana por bactéria”;

Página 09, sugestão de uso do software “Qual é a palavra”.

Professor(a), as sugestões que este guia apresenta não esgotam todas as possibilidades de utilização dos objetos educacionais disponibilizados. Na verdade, é você quem vai decidir sobre a escolha e o momento mais adequado para o uso desses objetos, baseado em sua própria experiência, nas condições que sua escola oferece e nas características de seus alunos. O importante é que você esteja disposto a inseri-los em suas aulas para aprender, aos poucos e na prática, qual metodologia funciona melhor com cada objeto.

## Conceitos desta unidade temática:

- Sistema imunológico;
- Antígenos;
- Anticorpos;
- Imunização ativa;
- Imunização passiva;
- Células-tronco;
- Terapia gênica.

## As competências e habilidades que poderão ser desenvolvidas são:

- Identificar as técnicas moleculares utilizadas para a detecção precoce de doenças genéticas e seus custos, levantando informações junto a profissionais e serviços de saúde.
- Identificar o papel da terapia gênica no tratamento de doenças genéticas e seu uso na medicina brasileira, pesquisando textos ou entrevistando profissionais da área.
- Reconhecer a importância dos testes de DNA nos casos de determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos.
- Compreender a natureza dos projetos genomas, especialmente os existentes no país, listando seus objetivos como identificação dos genes, da sequência do DNA e armazenamento dessas informações em bancos de dados.

## SUGESTÃO DE ROTEIRO DE USO INTEGRADO DOS RECURSOS

A unidade “Aplicações da engenharia genética” pode ser desenvolvida com o auxílio de seis objetos educacionais. Eles estão publicados separadamente, em respeito à autonomia que você, professor(a), tem para escolher o(s) objeto(s) que considerar mais apropriado(s) para o trabalho que já realiza.

Aqui vamos propor o uso integrado dos objetos, que poderão ser baixados e instalados em seu próprio computador ou no da escola. Professor(a), lembramos mais uma vez que a nossa sugestão para o uso integrado dos objetos educacionais é apenas uma dentre várias possibilidades. Na medida em que se sentir mais seguro no uso desses recursos e com a criatividade e conhecimento que você tem, certamente poderá desenvolver muitas outras formas de utilização, que sejam até mais adequadas do que as que estamos propondo.

Uma possibilidade para começar esta unidade temática é retomar com seus alunos a ação de micro-organismos, como vírus e bactérias, pedindo para que listem as principais características desses seres. Quais doenças podem ser causadas por vírus e bactérias? Soli-

cite aos estudantes que mencionem algumas delas. Em seguida, pergunte a eles se eles acreditam que esses seres são sempre patogênicos. Como exemplo de utilização de micro-organismos na promoção da saúde dos seres humanos, converse com a classe sobre a produção de vacinas, explicando a diferença entre imunização ativa e passiva. Se houver tempo, apresente a eles o áudio “Entrevistas: vacinas”. Na aula seguinte, retome os principais pontos discutidos e solicite que trabalhem com o software “Produção de vacina contra a gripe”, que vai permitir que os alunos façam conexões entre os assuntos tratados até este momento.

No próximo encontro com a classe, você pode se aprofundar mais a respeito das técnicas de engenharia genética. Se necessário, retome a constituição da molécula de DNA e RNA, bem como o conceito de gene. Não se esqueça de mencionar a ampla gama de áreas que têm se beneficiado das modernas técnicas de engenharia genética, como indústria farmacêutica e agropecuária. Faça um paralelo com a aula anterior, mostrando a utilização da engenharia genética na produção de insulina por bactérias. Não se esqueça de esclarecer com a classe o papel da insulina no organismo, explicando como ela é produzida e quais os prejuízos decorrentes de sua ausência e/ou impossibilidade de entrar adequadamente nas células. Explique o que é diabetes e a necessidade, em determinados casos, de administração diária de injeções de insulina. Após essas e outras explicações que julgar convenientes, permita que os alunos explorem o software “Produção de insulina humana por bactéria”.

Na aula seguinte, reforce a discussão envolvendo as técnicas de engenharia genética. Que outras aplicações os alunos podem citar? Pergunte se eles já ouviram falar de células-tronco e incentive o debate. Se considerar adequado, você pode planejar uma atividade que consiste na divisão da classe em dois grupos. Um deles deverá ficar responsável por desenvolver argumentos contra a utilização de células-tronco, enquanto o outro precisará se posicionar a favor.

Você pode permitir a utilização dos computadores da escola, se houver essa possibilidade. Caso contrário, peça para que os estudantes conversem sobre o tema em grupo, anotando os principais argumentos. Reúna a classe novamente e solicite que os estudantes façam suas colocações, realizando os comentários que julgar necessários, professor(a). Relembre os principais pontos discutidos e, na aula seguinte, apresente a eles o software “Ciência em Destaque: Células-tronco”. A engenharia genética e sua utilização para o tratamento de doenças também deverá ser o foco da aula seguinte,

na qual os alunos poderão trabalhar com o software “Ciência em Destaque: Terapia celular”. Finalize o trabalho deste eixo temático na aula seguinte, apresentando o software “Qual é a palavra?”. Neste, os alunos precisarão reunir todos os conceitos aprendidos, as dificuldades poderão se tornar mais evidentes, ajudando você, professor(a), a retomar os pontos que considerar mal esclarecidos.

Professor(a), lembramos que os guias são apenas sugestões desenvolvidas com o objetivo de incentivá-lo a utilizar novas mídias em suas aulas. Na medida em que se acostumar a usá-los, você mesmo poderá desenvolver seus próprios roteiros, misturando até mesmo objetos educacionais que alocamos em outras unidades temáticas.

## SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA O USO ISOLADO DE CADA OBJETO EDUCACIONAL



### (ÁUDIO) ENTREVISTAS: VACINAS

Este áudio, professor(a), apresenta entrevistas com especialistas que discutem o conceito de vacina, abordando principalmente sua eficácia e a importância das campanhas de vacinação.

Comece o estudo desse assunto verificando o que os alunos já sabem sobre vacinas. Pergunte a eles, por exemplo, qual a utilidade das vacinas? Quando se deve tomá-las? Por que algumas vacinas são administradas em dose única, enquanto outras são aplicadas em mais de uma? Anote no quadro as respostas apresentadas pelos alunos e esclareça as informações equivocadas e conceitos mal compreendidos. Mencione que as vacinas são substâncias que ativam respostas imunes contra agentes invasores específicos (antígenos). A composição da vacina pode variar, sendo desde o próprio

agente causador da doença, atenuado ou inativado, até plasmídios bacterianos que codificam antígenos imunogênicos. Esses procedimentos garantem a produção de anticorpos contra o corpo estranho. Convém ressaltar que a maioria das vacinas está disponível nos postos de saúde e pode ser aplicada gratuitamente em qualquer época do ano. As campanhas de vacinação são importantes ferramentas capazes de prevenir o contágio de diversas doenças, muitas das quais podem ser fatais.

Em seguida, explique que todos irão ouvir o áudio “Entrevistas: Vacinas”. Se o programa for reproduzido de um único equipamento para a sala toda, assegure-se de que todos conseguirão ouvi-lo bem.

Antes de iniciar a reprodução, distribua o roteiro de trabalho sugerido para o aluno, que consta na seção Anexos deste guia (p.12). Lembramos que você pode modificá-lo ou adaptá-lo conforme as suas estratégias didáticas, professor(a)!

Convém explicar para eles que o roteiro contém orientações gerais e questões que têm o objetivo de ajudá-los a prestar atenção em pontos importantes do programa. Oriente-os para não ficarem respondendo às perguntas durante a reprodução do áudio porque isso irá atrapalhá-los. Deixe que eles leiam o roteiro algumas vezes e, só depois que estiverem acomodados e prontos, inicie a reprodução do áudio, evitando fazer interrupções ou comentários.

Após ouvir o programa pela primeira vez, pergunte aos alunos quais palavras eles desconhecem o significado e promova uma discussão a respeito delas. É importante que os esclarecimentos sejam realizados antes do programa ser reproduzido novamente. Sugerimos que deixe os alunos sentarem à vontade para acompanharem melhor o programa. Depois que tiverem ouvido o programa, peça para responderem as questões do roteiro de trabalho.

### AVALIAÇÃO

Para avaliar se os alunos compreenderam o conteúdo do áudio, promova uma discussão a respeito do que foi ouvido. O que acharam dele? Foi possível entender todas as informações? O que não entenderam direito? A correção do roteiro deve ser feita na lousa, com os alunos escrevendo as respostas. Há respostas diferentes? Em que diferem? Se houver necessidade os trechos do áudio poderão ser ouvidos novamente e as dúvidas esclarecidas com os alunos.



## (ÁUDIO) CIÊNCIA EM DESTAQUE: CÉLULAS TRONCO

Professor(a), este recurso educacional apresenta o conceito de células tronco, detalhando sua obtenção e aplicações. Antes de apresentar o programa à classe, você pode realizar uma atividade introdutória para saber os conhecimentos que eles já possuem sobre o assunto, fazendo as explicações necessárias.

Considerando a exposição deste tema na mídia, é possível que os alunos já saibam um pouco sobre o assunto. Assim, uma proposta é pedir para que os alunos se dividam em grupo de até quatro alunos. Eles deverão escrever um texto que conceitue células-tronco, explique como elas são obtidas, cite suas aplicações e discuta algumas das principais questões éticas em relação à utilização delas. Explique aos estudantes que eles não devem se preocupar, neste momento, se os conceitos estão certos ou não, mas procurar realizar a atividade em conjunto.

É interessante que os estudantes tentem articular os tópicos sugeridos, de maneira que seja construído um texto que faça sentido e que tenha ligação entre as ideias. Esta tarefa, além de ajudar a classe a apreender os conteúdos da disciplina de biologia, também irá ajudá-los a treinar as habilidades de redação. Se for o caso, você pode trazer pequenos trechos de textos, os quais eles tomarão como base para o trabalho. Destaque que estes materiais, caso sejam oferecidos, servirão apenas como coletâneas, não devendo ser copiados.

Alguns textos podem ser encontrados na internet, nos seguintes endereços: [www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u11307.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u11307.shtml); [www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u378546.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u378546.shtml); [www.estadao.com.br/estadaodehoje/20080302/not\\_imp133550,0.php](http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20080302/not_imp133550,0.php); <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL583338-5598,00-SUPREMO+LIBERA+PESQUISAS+COM+CELULASTRONCO+EMBRIONARIAS.html> (acesso em setembro/2010). Em nossa Bibliografia Complementar, professor, também inserimos algumas

outras indicações, professor(a).

Após esta tarefa, peça para que os alunos entreguem os textos. Se houver tempo, apresente aos alunos o áudio “Ciência em destaque: Células tronco”. Caso contrário, utilize a aula seguinte para isto. Se o áudio for reproduzido de um único equipamento para a sala toda, assegure-se de que todos conseguirão ouvir claramente o programa. Antes de iniciar a reprodução, distribua o roteiro de trabalho sugerido para o aluno, que consta na seção Anexos deste guia (p.13). Lembramos que você pode modificá-lo ou adaptá-lo conforme as suas estratégias didáticas, professor(a)!

Convém explicar para eles que o roteiro contém orientações gerais e questões que têm o objetivo de ajudá-los a prestar atenção em pontos importantes do programa. Oriente-os para não ficarem respondendo às perguntas durante a reprodução do áudio porque isso irá atrapalhá-los. Deixe que eles leiam o roteiro algumas vezes e, só depois que estiverem acomodados e prontos, inicie a reprodução do áudio, evitando fazer interrupções ou comentários.

Após ouvir o programa pela primeira vez, pergunte aos alunos quais palavras eles desconhecem o significado e promova uma discussão a respeito delas. É importante que os esclarecimentos sejam realizados antes do programa ser reproduzido novamente. Sugerimos que deixe os alunos sentarem à vontade para acompanharem melhor o programa. Depois que tiverem ouvido o programa, peça para responderem as questões do roteiro de trabalho.

### AVALIAÇÃO

Para avaliar se os alunos compreenderam o conteúdo do áudio, promova uma discussão a respeito do que foi ouvido. O que acharam dele? Foi possível entender todas as informações? O que não entenderam direito?

A correção do roteiro deve ser feita na lousa, com os alunos escrevendo as respostas. Há respostas diferentes? Em que diferem? Se houver necessidade os trechos do áudio poderão ser ouvidos novamente e as dúvidas, discutidas e esclarecidas com os alunos. Você também pode atribuir nota pela participação dos alunos na atividade preparatória, corrigindo o texto que foi entregue.



## (ÁUDIO) CIÊNCIA EM DESTAQUE: TERAPIA CELULAR

A proposta deste programa é apresentar o conceito de terapia celular, destacando suas aplicações para o tratamento de determinadas doenças. Antes de iniciar o trabalho com este recurso, retome o conceito de DNA, genes, cromossomos, genoma e células-tronco, realizando as explicações necessárias. Como esses conhecimentos podem ser aproveitados pelos cientistas na utilização das técnicas de engenharia genética? Como estas podem ser utilizadas para o tratamento de determinadas doenças? Coloque estes problemas para a classe, professor(a).

Explique também o que consiste a técnica do DNA recombinante, mencionando a sua importância. Em seguida, diferencie as terapias celulares das terapias gênicas. Conforme os alunos poderão verificar no áudio, as terapias celulares usam a célula como um todo, aproveitando a capacidade regenerativa que as células-tronco têm. Já no caso da terapia gênica é feito principalmente o uso de genes. Sabemos, todavia, que tais técnicas podem ser combinadas.

Outra ideia é também propor aos alunos uma atividade de pesquisa. Divida a classe em três grupos e, se houver computadores disponíveis na escola, peça para que busquem informações sobre o assunto na internet. Para otimizar a atividade, você pode sugerir tópicos diferentes para cada grupo. Alguns alunos podem ficar responsáveis por explicar o conceito de terapia celular, trazendo dados que contextualizem o seu aparecimento. A história da terapia celular envolve a descoberta de muitas técnicas e pode ser interessante fazer um breve resgate destas. Outro grupo pode reunir dados sobre como a terapia celular é realizada, explicando resumidamente os procedimentos utilizados pelos cientistas.

O grupo seguinte pode abordar as aplicações da terapia celular. Peça para que os alunos, independente do tópico de sua responsabilidade, procurem posicionar-se criticamente em relação ao assunto, refletindo sobre o tema. Solicite que escrevam no caderno um resumo do que foi pesquisado e discutido. Acreditamos que essa tarefa possa ser realizada em aproximadamente 20 minutos. Após esse tempo, reúna novamente a classe e peça para que cada grupo conte um pouco do trabalho que realizou. Professor(a), é essencial que você auxilie os alunos a estabelecerem relações entre os conteúdos

pesquisados, além de incitar o debate ético. De que forma saúde, tecnologia e ética estão relacionadas? Que riscos e benefícios a humanidade pode obter em decorrência do uso ampliado da terapia celular? Como a sociedade pode posicionar-se e se mobilizar caso discorde das decisões dos governantes?

Na aula seguinte, retome brevemente as discussões realizadas em classe. Apresente, em seguida, o áudio “Ciência em destaque: terapia celular”. Se o áudio for reproduzido de um único equipamento para a sala toda, assegure-se de que todos conseguirão ouvir claramente o programa. Antes de iniciar a reprodução, distribua o roteiro de trabalho sugerido para o aluno, que consta na seção Anexos deste guia (p.14). Lembramos que você pode modificá-lo ou adaptá-lo conforme as suas estratégias didáticas, professor(a)!

Convém explicar para eles que o roteiro contém orientações gerais e questões que têm o objetivo de ajudá-los a prestar atenção em pontos importantes do programa. Oriente-os para não ficarem respondendo às perguntas durante a reprodução do áudio porque isso irá atrapalhá-los. Deixe que eles leiam o roteiro algumas vezes e, só depois que estiverem acomodados e prontos, inicie a reprodução do áudio, evitando fazer interrupções ou comentários. Após ouvir o programa pela primeira vez, pergunte aos alunos quais palavras eles desconhecem o significado e promova uma discussão a respeito delas. É importante que os esclarecimentos sejam realizados antes do programa ser reproduzido novamente. Sugerimos que deixe os alunos sentarem à vontade para acompanharem melhor o programa. Depois que tiverem ouvido o programa, peça para responderem as questões do roteiro de trabalho.

### AVALIAÇÃO

Para avaliar se os alunos compreenderam o conteúdo do áudio, promova uma discussão a respeito do que foi ouvido. O que acharam dele? Foi possível entender todas as informações? O que não entenderam direito?

A correção do roteiro deve ser feita na lousa, com os alunos escrevendo as respostas. Há respostas diferentes? Em que diferem? Se houver necessidade os trechos do áudio poderão ser ouvidos novamente e as dúvidas discutidas e esclarecidas com os alunos. Você também pode atribuir nota pela participação e envolvimento dos alunos na atividade preparatória.



## (SOFTWARE) PRODUÇÃO DE VACINA CONTRA A GRIPE

Com auxílio deste software, os alunos poderão compreender como é a produção de vacinas de DNA por meio de técnicas de engenharia genética. Sugerimos que você, professor(a), inicie o trabalho lembrando seus alunos sobre o modo de ação das vacinas tradicionais e dos mecanismos de resposta do sistema imune. Em seguida, mencione as vantagens da utilização de vacinas de DNA em relação às vacinas clássicas, por exemplo a baixa toxicidade, o menor custo de produção em larga escala, além de vantagens logísticas e de armazenamento, uma vez que o DNA é estável em temperatura ambiente. Explique também o modo de ação das vacinas de DNA, que envolve administração direta de DNA plasmidiano via intramuscular, capaz de codificar antígenos imunogênicos que irão induzir uma resposta imune celular e humoral.

Outra ideia, professor(a), é traçar paralelos com conteúdos já aprendidos e retomar algumas doenças causadas por vírus. Em seguida, destaque que a gripe (*influenza*) é uma infecção do sistema respiratório causada por alguns tipos de vírus da família dos *Orthomixovírus*. A doença inicia-se com febre alta, em geral acima de 38°C, seguida de dor muscular, dor de garganta, dor de cabeça e tosse seca. Conforme o Ministério da Saúde, a influenza e suas complicações (principalmente as pneumonias) são responsáveis por um grande número de internações hospitalares no país.

Explique, ainda, as diferenças entre a gripe e o resfriado. Informe que este se caracteriza pela presença de sintomas relacionados ao comprometimento das vias aéreas superiores, como congestão nasal, tosse, rouquidão, febre variável, e menos frequentemente mal-estar e cefaleia. O Ministério da Saúde informa que o quadro geralmente é brando, de evolução benigna (2 a 4 dias), mas podem ocorrer complicações como otites, sinusites e bronquites, e quadros graves, de acordo com o agente etiológico em questão. O principal agente causal são os *Rhinovírus*, além dos vírus *Parainfluenza*, *Coronavírus*, *Adenovírus* e *Enterovírus*.

Na aula seguinte, informe que todos irão “colocar a mão na massa” para explorar um software sobre a produção de vacinas de DNA a partir de técnicas de DNA recombinante. Se preferir, antes de iniciar o uso do recurso, trabalhe com os alunos algumas noções básicas de genética molecular, como enzimas de restrição, plasmídios e DNA recombinante.

Professor(a), lembre-se de que o recurso educacional visa complementar o conteúdo tratado em sala de aula, não substituindo a apresentação dos conceitos essenciais sobre esse tema. Antes de iniciar a exploração do programa, distribua o roteiro de trabalho sugerido para o aluno, que consta na seção Anexos desse guia (p.15). Professor(a), você pode utilizá-lo na íntegra ou fazer as adaptações que julgar necessárias, conforme o seu planejamento didático. Convém explicar para eles que o roteiro contém orientações gerais e questões que têm o objetivo de ajudá-los a prestar atenção em pontos importantes do software.

Orientar os para não responderem as perguntas durante a exploração do recurso educacional, porque isso poderá atrapalhá-los. Deixe que eles leiam o roteiro algumas vezes e, só depois que estiverem acomodados e prontos, peça que iniciem a exploração do recurso, evitando fazer interrupções ou comentários. Após terem observado a animação pela primeira vez, pergunte aos alunos se há alguma dúvida ou palavras que eles desconheçam o significado e promova uma discussão a respeito delas. É importante que os esclarecimentos sejam realizados antes da animação ser reproduzida novamente. Sugerimos que deixe os alunos se sentarem à vontade para acompanharem melhor o recurso. Depois, peça para responderem as questões do roteiro de trabalho.

### AVALIAÇÃO

Para avaliar se os alunos compreenderam o conteúdo do programa, promova uma discussão: O que acharam dele? Foi possível entender todas as informações? O que não entenderam direito? A correção do roteiro pode ser feita na lousa, com os alunos escrevendo as respostas. Há respostas diferentes? Em que diferem? Se houver necessidade, o recurso poderá ser explorado novamente; e as dúvidas, discutidas e esclarecidas com os alunos.



## (SOFTWARE) PRODUÇÃO DE INSULINA HUMANA POR BACTÉRIA

Este software é uma simulação da produção de insulina em laboratório, por meio de técnicas de DNA recombinante. Antes da utilização desse software, professor (a), recomendamos que alguns conceitos prévios sejam esclarecidos. Comece perguntando para os alunos se eles conhecem alguém na família que tem algum tipo de diabetes. Questione-os também sobre o controle do nível de açúcar no sangue, se sabem como é feito, se há algum sintoma e se existe tratamento.

Relembre que a glicose é uma das substâncias capazes de fornecer a energia às células, sendo obtida a partir da digestão de carboidratos. Em uma pessoa normal em jejum, sabemos que a concentração de glicose no sangue encontra-se na faixa de 80 e 90 mg/dl de sangue. Na primeira hora após a refeição, essa concentração aumenta para 120-140 mg/dl de sangue e duas horas após a absorção dos carboidratos no intestino delgado ela retorna aos níveis anteriores.

Mas para que a glicose consiga penetrar nas células, ser aproveitada no metabolismo celular e armazenada, é necessária a ação do hormônio insulina. Ele é produzido pelo pâncreas: quando sua quantidade é insuficiente (por descruição das células produtoras de insulina, por exemplo), o corpo não pode utilizar ou armazenar o açúcar convenientemente, fazendo com que o sangue fique hiperglicêmico, ou seja, com excesso de glicose. Este quadro configura uma doença conhecida como *Diabetes mellitus* (tipo 1), na qual o indivíduo pode necessitar de aplicação diária de injeções de insulina. Ao fazer tais explicações, professor(a), recomendamos que você mostre aos alunos a localização do pâncreas no organismo humano, com auxílio de slides ou desenhos.

Mencione que o advento da engenharia genética trouxe a tecnologia da insulina recombinante, cuja produção em larga escala é mais vantajosa do que a da insulina comum. Este método utiliza bactérias ou leveduras como fábricas de hormônio, com o gene

para a insulina humana inserido no DNA plasmidial bacteriano.

Se houver tempo hábil nesta aula, informe que todos irão explorar um software sobre este assunto. Caso contrário, apresente-o na aula seguinte. Professor(a), lembre-se de que o recurso educacional visa complementar o conteúdo tratado em sala de aula, não substituindo a apresentação dos conceitos essenciais sobre esse tema.

Antes de iniciar a exploração do programa, distribua o roteiro de trabalho sugerido para o aluno, que consta na seção Anexos (p.16). Professor(a), você pode utilizá-lo na íntegra ou fazer as adaptações que julgar necessárias, conforme o seu planejamento didático. Convém explicar para eles que o roteiro contém orientações gerais e questões que têm o objetivo de ajudá-los a prestar atenção em pontos importantes do software.

Orientar os para não responderem as perguntas durante a exploração do recurso educacional, porque isso poderá atrapalhá-los. Deixe que eles leiam o roteiro algumas vezes e, só depois que estiverem acomodados e prontos, peça que iniciem a exploração do recurso, evitando fazer interrupções ou comentários.

Após observar a animação pela primeira vez, pergunte aos alunos se há alguma dúvida ou palavras eles desconhecem o significado e promova uma discussão a respeito delas. É importante que os esclarecimentos sejam realizados antes da animação ser reproduzida novamente. Sugerimos que deixe os alunos se sentarem à vontade para acompanharem melhor o recurso. Depois, peça para responderem as questões do roteiro de trabalho.

### AVALIAÇÃO

Para avaliar se os alunos compreenderam o conteúdo do programa, promova uma discussão: O que acharam dele? Foi possível entender todas as informações? O que não entenderam direito? A correção do roteiro pode ser feita na lousa, com os alunos escrevendo as respostas. Há respostas diferentes? Em que diferem? Se houver necessidade, o recurso poderá ser explorado novamente; e as dúvidas, discutidas e esclarecidas com os alunos.



## (SOFTWARE) QUAL É A PALAVRA?

Este software consiste em um jogo para que o aluno treine os conhecimentos adquiridos de forma lúdica. O objetivo é acertar a palavra que responde a dica apresentada, escolhendo uma letra por vez. Para abordar os assuntos indicados neste guia temático, o software irá trazer questões relacionadas à imunização ativa e passiva, DNA recombinante, células-tronco, terapia genética e anticorpos, dentre outras. Por agregar conhecimentos sobre os demais recursos educacionais abordados neste guia, sugerimos que você proponha este jogo como um fechamento do estudo deste eixo temático, quando as possíveis dúvidas já tenham sido esclarecidas. Destacamos que, em virtude da existência de uma variedade de nomes em Biologia, este software pode ser interessante para possibilitar ao aluno o treino dos mesmos, associando-os aos conceitos a que se referem.

Antes de iniciar a exploração do software, distribua aos alunos o roteiro de trabalho (seção Anexos, p.17). Você pode utilizá-lo da forma como sugerimos, alterá-lo ou criar outro de acordo com suas estratégias didáticas. Convém explicar para eles que o roteiro contém orientações gerais e questões que têm o objetivo de ajudá-los a prestar atenção em pontos importantes do programa. Oriente-os para não responderem às perguntas durante a exploração do software, porque isso poderá atrapalhá-los. Deixe que eles leiam o roteiro algumas vezes e, só depois que estiverem acomodados e prontos, peça para que comecem a jogar. Após explorarem o programa pela primeira vez, pergunte aos alunos quais palavras eles desconhecem o significado e promova uma discussão a respeito delas. É importante que os esclarecimentos sejam realizados. Ao final, peça para os estudantes responderem o questionário proposto no roteiro.

### AVALIAÇÃO

Para avaliar se os alunos compreenderam o conteúdo do jogo, promova uma discussão: O que acharam dele? Foi possível entender todas as informações? O que não entenderam direito? A correção do roteiro pode ser

feita na lousa, com os alunos escrevendo as respostas. Há respostas diferentes? Em que diferem? Sugira que os alunos joguem novamente, pois há perguntas que não são mostradas apenas em uma exploração inicial do software, sendo necessário pelo menos três usos para que todas as questões tenham sido visualizadas.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

A seguir oferecemos uma lista de livros, filmes e páginas na internet que estão relacionados com os conteúdos que tratamos neste guia. O objetivo é ajudá-lo a ganhar tempo com sua pesquisas e oferecer indicações de bons materiais, que poderão ser usados para enriquecer ainda mais as suas aulas ou mesmo para as atividades de recuperação dos alunos com maior dificuldade.

-Página do site “Ciência à mão”, portal de Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo que explica por que algumas pessoas necessitam de insulina e mostram como ela é produzida no organismo. Disponível em: [www.cienciamao.usp.br/tudo/t2k.php?cod=\\_biologia\\_bio47](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/t2k.php?cod=_biologia_bio47) - acesso em setembro/2010.

-Artigo da Revista Eletrônica de Ciências, produzida pela Universidade de São Paulo (campus São Carlos), sobre a relação entre clonagem e individualidade. Disponível em: [www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_13/clone.html](http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_13/clone.html) - acesso em setembro/2010.

-Material sobre células-tronco, da Série Detetives da Ciência, produzido pela Prefeitura do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://portalmultirio.rio.rj.gov.br/portal/\\_download/detetives\\_celulas.tronco\\_professor.pdf](http://portalmultirio.rio.rj.gov.br/portal/_download/detetives_celulas.tronco_professor.pdf) - acesso em setembro/2010.

Também vale uma busca de mais recursos sobre este tema no **Portal do Professor** (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>). Localizamos alguns bem interessantes nestes endereços:

-Áudio para apresentar a definição de células e a importância das pesquisas que tratam do estudo de células-tronco. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=25103> - acesso em novembro/2010.

-Áudio que explica o desenvolvimento da diabetes. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=29789> - acesso em novembro/2010.

-Animação que apresenta a função de uma célula tronco, de forma simplificada. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=10214> - acesso em novembro/2010.

-Animação que evidencia a pluripotência das células de um embrião em formação. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=10538> - acesso em novembro/2010.

No **Portal do Professor** também há sugestões de aulas que poderão lhe dar ideias para mais atividades com os alunos, como estas que selecionamos:

-Aula que explica a origem e ação das vacinas. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=2056> - acesso em novembro/2010.

-Aula que une as disciplinas de Biologia e Artes, propondo uma discussão sobre a utilização e implicações das células-tronco e a expressão de opiniões com uso da linguagem dos *Anime*. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=2067> - acesso em novembro/2010.

Se desejar, professor(a), você poderá verificar os materiais que estão disponíveis no **Banco Internacional de Objetos Educacionais** (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>), como o que indicamos abaixo:

-Áudio que informa sobre os diferentes tipos de açúcares e também sobre o uso do açúcar do capim na cura da diabetes. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/13814> - acesso em novembro/2010.

-Animação que apresenta um modelo animado de como se produz uma molécula de DNA recombinada. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/14883> - acesso em novembro/2010.

Em todas as atividades propostas, recomendamos o trabalho com o livro didático por você adotado. Abaixo

apresentamos algumas dicas de onde os assuntos relacionados a essa unidade temática podem ser encontrados nos livros de Biologia do PNLEM:

**ADOLFO, A.; CROZETTA, M.; LAGO, S. (2004). Biologia. Editora IBEP, volume único, 1a edição.** Os temas propostos no livro do aluno são distribuídos em 10 unidades. Indicamos a consulta ao capítulo 4 (“Núcleo Celular”) da unidade 3 (“Biologia molecular e celular”) se desejar retomar alguns conceitos básicos, como o de cromatina, ácidos nucleicos, síntese de RNA, expressão gênica, por exemplo. A compreensão destes conteúdos poderá ser importante para preparar os estudantes para a utilização dos recursos educacionais sugeridos neste guia temático. A leitura complementar “Elucidação de nova estrutura celular tem participação brasileira”, apesar de não se relacionar diretamente com os assuntos abordados neste guia, pode ser útil para que os alunos compreendam as aplicações que esta descoberta, tal qual outras na área de engenharia genética, pode trazer.

**AMABIS, J. M.; MARTHO, G.R. (2004). Biologia das células; Biologia dos organismos; Biologia das populações. Editora Moderna, volumes 1, 2 e 3, 2a edição.** Os temas dessa obra estão distribuídos entre os volumes de acordo com os níveis de organização da vida: as células, os organismos e as populações. No volume 3, que está organizado em três partes, recomendamos a busca ao capítulo 8 (“Aplicações do conhecimento genético”), inserido na parte I. São abordados os transgênicos, a identificação de pessoas pelo DNA, a clonagem molecular, o sequenciamento do DNA e a terapia gênica. Veja as sugestões de Leituras Complementares, que podem lhe dar ideias de temas que ajudem a expandir o assunto. Já no volume 2, dividido em cinco partes, indicamos a consulta ao capítulo 17 (“Circulação sanguínea”), principalmente o item “Circulação e defesas corporais”, pois este traz a diferenciação entre a imunização ativa e passiva.

**FAVARETTO, J.A.; MERCADANTE, C. (2003). Biologia. Editora Moderna, volume único, 2a edição.** A obra “Biologia”, de Favaretto e Mercadante, possui três unidades. Na unidade II, capítulo 10 (“Ácidos nucleicos e ação gênica”), você encontrará conceitos que são pré-requisitos para a compreensão dos recursos educacionais sugeridos neste guia. A sugestão de leitura complementar no final deste capítulo “A Engenharia Genética na trilha da cura de doenças humanas” explica o processo de implantação de fragmentos de DNA em cromossomos de bactérias, que passam a produzir

insulina humana, por exemplo. Se desejar trabalhar os conceitos de imunização ativa ou passiva, verifique a unidade III, capítulo 26 (“Tecidos conjuntivos e imunidade”).

**FROTA-PESSOA, O. (2001). Os caminhos da vida I, II e III - Biologia no ensino médio. Editora Scipione.** Veja o volume III, unidade 4 (“Aplicações da genética”). Neste, o autor descreve como a introdução de genes em outros seres vivos, como as bactérias, pode auxiliar no tratamento de determinadas doenças e como essa tecnologia tem sido aplicada para a produção de vacinas. Na obra, também são feitos alguns questionamentos acerca da utilização das técnicas de engenharia genética, que podem estimular uma discussão crítica sobre o assunto.

**LAURENCE, J. (2005). Biologia. Editora Nova Geração, volume único, 1a edição.** O livro do aluno encontra-se organizado em seis unidades que agrupam ao todo 41 capítulos. No capítulo 39 (“Biologia molecular do gene: síntese proteica e engenharia genética”), o autor discute a síntese de proteínas, as mutações e o conceito de biotecnologia (organismos geneticamente modificados, Projeto Genoma, Terapia Gênica e Clonagem). Veja também as sugestões de atividades práticas propostas nos quadros distribuídos ao longo do capítulo. Na unidade 5, verifique o capítulo 33 (“Fisiologia humana III: respiração, circulação e excreção”), que traz uma descrição dos mecanismos de defesa e diferencia antígeno e anticorpo.

**LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. (2008). Biologia. Série Brasil. Editora Ática, volume único, 1a edição.** Essa obra é dividida em nove unidades. Na unidade II, indicamos o capítulo 9 (“Ácidos nucleicos e engenharia genética”), que explica a constituição dos ácidos nucleicos, aborda as mutações e apresenta os princípios da engenharia genética. O autor destaca o papel das bactérias na produção de insulina, traz conceitos sobre transgênicos e a terapia gênica. Se desejar ampliar a discussão, trabalhe com o texto complementar da seção “Aplique seus conhecimentos”, “O Brasil e o Projeto Genoma”.

**LOPES, S. Biologia. (2008). Editora Saraiva, volume único, 2a edição.** O livro do aluno é composto por sete unidades. Na unidade 3, capítulo 15 (“Biotec-

nologia”), a autora explica o conceito de DNA recombinante e algumas aplicações da biotecnologia, como a clonagem, a identificação de pessoas, as terapias e vacinas gênicas. Sugerimos que você observe as leituras complementares indicadas neste capítulo e as questões discursivas propostas. Se for o caso, selecione algumas delas para trabalhar em sala de aula, como atividade introdutória à apresentação dos recursos educacionais indicados neste guia. O capítulo 33 (“Anatomia e fisiologia humana I”, unidade 8, observe o item sobre o sistema imunitário caso opte por realizar uma introdução sobre o assunto antes de trabalhar com alguns dos produtos sugeridos neste guia.

**PAULINO, W. (2007). Biologia. Editora Ática, volumes 1, 2 e 3, 20a edição.** No volume 1 desta coleção, organizado em cinco unidades, sugerimos a busca do capítulo 6 (“Proteínas”), inserido na unidade 2. O item “Anticorpos: agentes de defesa da via” apresenta o conceito de vacinas e soros. Busque também o volume 3 para abordar os assuntos relacionados à genética, que é trabalhada na unidade 2. No capítulo 5, há um texto sobre a engenharia genética, que pode ser utilizado para introduzir o assunto em sala de aula. Se desejar ampliar a discussão, veja a sugestão de leitura complementar “Seres transgênicos”, localizada no final deste capítulo.

**SILVA-JÚNIOR, C.; SASSON, S. (2002). Biologia. Editora Saraiva, volumes 1, 2 e 3, 7a edição.** O volume 2 possui cinco unidades e os assuntos relacionados ao sistema imune humano podem ser encontrados no capítulo 30, unidade 4 (“O sistema imune”). Já os assuntos associados à engenharia genética constam no volume 3, que é dividido em três partes. Indicamos a utilização do capítulo 8 (“Aplicações do conhecimento genético”), inserido na unidade 2. O assunto é abordado de forma ampla, professor(a) e você pode utilizar este material para trazer um panorama geral sobre o assunto, antes de introduzir os assuntos tratados nos recursos educacionais.

## ANEXOS

Professor(a), a seguir iremos sugerir alguns roteiros de trabalho com tarefas envolvendo os recursos educativos anteriormente mencionados. Você poderá utilizá-los integralmente ou apenas consultá-los como base para elaborar outros, conforme o seu planejamento didático.



**SUGESTÃO DE ROTEIRO DE TRABALHO:**  
**(Áudio) Entrevista: Vacinas**

Nome: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você ouvirá um programa que apresenta o conceito de vacinas, mencionando como estas são produzidas e explicando a sua importância. Este roteiro tem o objetivo de ajudá-lo a ouvir com mais atenção algumas das informações que serão relatadas no programa. Leia as perguntas duas ou mais vezes antes do áudio começar. Isso vai ajudá-lo a prestar mais atenção nas informações importantes para o trabalho que será realizado mais tarde. Não se preocupe em responder às questões enquanto ouve o programa, porque isso poderá atrapalhá-lo. Apenas procure anotar as palavras que você não conhece para depois descobrir o que significam. Fique atento, também, nas músicas e nos outros sons que serão tocados, porque eles o ajudarão a se envolver mais com o conteúdo que será apresentado.

Bom programa!

Questões:



1. Como são feitas as vacinas?

2. As vacinas possuem efeitos colaterais?

3. Por que as vacinas que tomamos nas campanhas são feitas com vírus recentes e refeitas a cada 6 meses?

Palavras desconhecidas:



**SUGESTÃO DE ROTEIRO DE TRABALHO:**  
(Áudio) *Ciência em Destaque: Células-Tronco*

Nome: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você ouvirá um programa que apresenta o conceito de células-tronco, os aspectos éticos da utilização destas células e suas principais aplicações. Este roteiro tem o objetivo de ajudá-lo a ouvir com mais atenção algumas das informações que serão relatadas no programa. Leia as perguntas duas ou mais vezes antes do áudio começar. Isso vai ajudá-lo a prestar mais atenção nas informações importantes para o trabalho que será realizado mais tarde. Não se preocupe em responder às questões enquanto ouve o programa, porque isso poderá atrapalhá-lo. Apenas procure anotar as palavras que você não conhece para depois descobrir o que significam. Fique atento, também, nas músicas e nos outros sons que serão tocados, porque eles o ajudarão a se envolver mais com o conteúdo que será apresentado.

Bom programa!

Questões:

1. O que são células-tronco?
2. Porque as pesquisas com células-tronco são importantes?
3. A pesquisa com células-tronco é permitida no Brasil?
4. Quais doenças já estão sendo tratadas com células-tronco? os principais entraves para a pesquisa com células-tronco?

Palavras desconhecidas:

**SUGESTÃO DE ROTEIRO DE TRABALHO:**  
**(Áudio) Ciência em Destaque: Terapia celular**

Nome: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você ouvirá um programa que apresenta o conceito de terapia celular e de terapia gênica, compreendendo como estas técnicas podem auxiliar na prevenção de doenças genéticas. Este roteiro tem o objetivo de ajudá-lo a ouvir com mais atenção algumas das informações que serão relatadas no programa. Leia as perguntas duas ou mais vezes antes do áudio começar. Isso vai ajudá-lo a prestar mais atenção nas informações importantes para o trabalho que será realizado mais tarde. Não se preocupe em responder às questões enquanto ouve o programa, porque isso poderá atrapalhá-lo. Apenas procure anotar as palavras que você não conhece para depois descobrir o que significam. Fique atento, também, nas músicas e nos outros sons que serão tocados, porque eles o ajudarão a se envolver mais com o conteúdo que será apresentado.

Bom programa!

Questões:

1. Qual a diferença entre terapia gênica e terapia celular?
2. Quais as principais aplicações dessas terapias?
3. O que é Alzheimer e como os cientistas tem tentado minimizar os efeitos desta doença?

Palavras desconhecidas:



## **SUGESTÃO DE ROTEIRO DE TRABALHO:** **(Software) Produção de vacina contra a gripe**

Nome: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você irá explorar um software sobre os métodos de produção de vacina contra a gripe e as vantagens de se sintetizar vacinas por meio da engenharia genética. Este guia tem como objetivo ajudá-lo a prestar mais atenção em algumas das informações que serão apresentadas no programa. Leia as perguntas duas ou mais vezes antes de iniciar a exploração do software. Isso vai ajudá-lo a prestar mais atenção nas informações importantes para o trabalho que será realizado mais tarde. Não se preocupe em responder às questões enquanto trabalha com o recurso educacional, porque isso poderá atrapalhá-lo. Apenas procure anotar as palavras que você não conhece para, depois, descobrir o que significam. Fique atento, também, às imagens e sons, porque eles o ajudarão a se envolver mais com o conteúdo que será apresentado.

Questões:



1. Defina:

Plasmídeos

Enzimas de restrição

Enzimas de ligação (DNA ligase)

4. Como as vacinas são produzidas?

5. Como a vacina de DNA age no sistema imune?

Relação de palavras desconhecidas:



**SUGESTÃO DE ROTEIRO DE TRABALHO:***(Software) Produção de insulina humana por bactéria*

Nome: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você irá explorar um software sobre os métodos de produção de insulina humana por bactéria e as vantagens de se realizar este processo por meio da engenharia genética. Este guia tem como objetivo ajudá-lo a prestar mais atenção em algumas das informações que serão apresentadas no programa. Leia as perguntas duas ou mais vezes antes de iniciar a exploração do software. Isso vai ajudá-lo a prestar mais atenção nas informações importantes para o trabalho que será realizado mais tarde. Não se preocupe em responder às questões enquanto trabalha com o recurso educacional, porque isso poderá atrapalhá-lo. Apenas procure anotar as palavras que você não conhece para, depois, descobrir o que significam. Fique atento, também, às imagens e sons, porque eles o ajudarão a se envolver mais com o conteúdo que será apresentado.

Questões:

1. Cite alguns benefícios advindos da engenharia genética.

2. O que é diabetes?

3. Por que alguns diabéticos necessitam de injeções diárias de insulina?

4. Quais as vantagens de se sintetizar insulina em laboratório?

Relação de palavras desconhecidas:

<input type="radio"/>	<p align="center"><b>SUGESTÃO DE ROTEIRO DE TRABALHO:</b> (Software) Qual é a palavra?</p>
	<p>Nome: _____ N° _____ Série: _____ Data: _____</p>
	<p>Você irá utilizar um software que consiste em um jogo de adivinhação da palavra. Leia a pergunta que irá aparecer na tela e indique uma letra por vez. A cada resposta errada, o personagem ficará mais submerso na água, até que suas chances se esgotem e, se você acertar a palavra, uma nova pergunta surgirá. Cada vez que você executar o software, serão apresentadas dez questões aleatórias. Procure jogar mais de uma vez para que você possa responder a todas as perguntas, pois o programa seleciona alguns questionamentos a cada acesso. Para desenvolver ainda mais os conceitos que serão apresentados, elaboramos algumas questões que estão inseridas abaixo. Não se preocupe em respondê-las enquanto explora o recurso educacional, porque isso poderá atrapalhá-lo. Apenas procure anotar as palavras que você não conhece para depois descobrir o que significam. Bom programa!</p>
<input type="radio"/>	<p>1. Conceitue imunização ativa e passiva, destacando suas semelhanças e diferenças.</p>
	<p>2. O que são células totipotentes?</p>
	<p>3. Como as células-tronco podem ser obtidas?</p>
	<p>4. Como a terapia gênica é realizada?</p>
	<p>Relação de palavras desconhecidas:</p>
<input type="radio"/>	

# Aplicações da ENGENHARIA GENÉTICA

## FICHA TÉCNICA



**Universidade Estadual de Campinas**  
**Reitor:** Fernando Ferreira Costa  
**Vice-Reitor:** Edgar Salvadori de Decca  
**Pró-Reitor de Pós-Graduação:** Euclides de Mesquita Neto

**Instituto de Biologia**  
**Diretor:** Paulo Mazzafera  
**Vice-Diretora:** Shirlei Maria Recco-Pimentel

## EXECUÇÃO



**Projeto EMBRIO**  
**Coordenação geral:** Eduardo Galembeck

**Coordenação de Mídia - Audiovisuais:** Eduardo Paiva  
**Coordenação de Mídia - Software:** Eduardo Galembeck e Heloisa Vieira Rocha  
**Coordenação de Mídia - Experimentos:** Helika A. Chikuchi, Marcelo J. de Moraes e Bayardo B. Torres

**Apoio Logístico/Administrativo:** Eduardo K. Kimura, Gabriel G. Hornink, Juliana M. G. Garaldi

## GUIA DO PROFESSOR

### Aplicações da engenharia genética

**Redação:** Helika Amemiya Chikuchi, Erica Rodrigues dos Santos, Bianca Caroline Rossi-Rodrigues, Maurício Gomes Heleno, Daniella Priscila de Lima e Eduardo Galembeck

**Diagramação:** Henrique Oliveira e Thais Goes

**Adequação Linguística:** Lígia Francisco Arantes de Souza



A Universidade Estadual de Campinas autoriza, sob licença Creative Commons - Atribuição 2.5 Brasil, cópia, distribuição, exibição e execução do material desenvolvido de sua titularidade, sem fins comerciais, assim como a criação de obras derivadas, desde que se atribua o crédito ao autor original da forma especificada por ele ou pelo licenciante, assim como a obra deverá compartilhar Licença idêntica a esta. Estas condições podem ser renunciadas, desde que se obtenha permissão do autor. O não cumprimento desta Licença acarretará nas penas previstas pela Lei nº 9.610/98.



Laboratório de Tecnologia Educacional  
Departamento de Bioquímica  
Instituto de Biologia - Caixa Postal nº 6109  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil