

BIO0441 - Biologia Molecular para Licenciatura
Plano de Curso de Biologia Molecular para 2º Ano do Ensino Médio de Escola
Estadual de SP

Matheus Arjona de Macedo e Vânia Novello

19/06/2018

Tema focal: Como produzir um transgênico

Tempo Previsto: 3 aulas de 50 minutos

Conteúdos e temas: Presença de produtos transgênicos no dia-a-dia; como se dá a construção de um transgênico; benefícios e malefícios da construção, uso e comercialização de produtos transgênicos do ponto de vista de diferentes setores da sociedade.

Estratégias de Ensino: Painel integrado, aula expositiva dialogada, debate, lista de exercícios, montagem de esquema.

Competências e habilidades:

Os alunos sejam capazes de:

- Elaborar a sua capacidade de argumentação baseada em evidências;
- Interpretar textos;
- Selecionar informações importantes;
- Definir o que é um organismo geneticamente modificado;
- Compreender o processo de construção de um organismo geneticamente modificado;
- Contextualizar transgênicos na sociedade contemporânea e os aspectos éticos relacionados ao seu uso;
- Respeitar a opinião diante pontos de vista distintos.

Avaliação: Os alunos estarão sendo avaliados durante a aula, de acordo com a participação de cada um nas discussões e atividades propostas. Os alunos também serão avaliados por meio da participação em trabalho em grupo, montagem de esquemas, respostas dadas às questões de lista de exercício e participação no debate.

Detalhamento do conteúdo programático:

Aula 1

Tema: Levantamento de conhecimentos prévios e consolidação do termo “transgênico”

Avaliação da estratégia: Por se tratar de uma aula dialogada, o próprio *feedback* dos alunos durante a aula pode ser utilizado como avaliação da estratégia de ensino. Além disso, particularmente dessa aula, o painel integrado pode ser utilizado

como ferramenta para analisar se os alunos estão acompanhando o conteúdo e eventuais erros conceituais podem ser verificados pelo professor, corrigindo-os ao longo da atividade e evitando que ocorram em futuras aplicações dessa aula.

Etapa 1: Levantamento de conhecimentos prévios

Duração recomendada: 15 minutos

Estratégias de ensino: Reflexão e discussão em grupo sobre imagens

A fim de realizar um levantamento de conhecimentos prévios dos alunos sobre “o que é um transgênico” pretende-se mostrar aos alunos uma coletânea de imagens que possam gerar reflexão, discussão e criação de hipóteses por parte dos alunos.

Inicialmente, os alunos serão organizados em grupos de aproximadamente 5 alunos e então a imagem 1 será apresentada para todos. Será pedido que os alunos reflitam e discutam sobre a imagem dentro dos grupos. Para guiar a reflexão/discussão podem ser utilizadas perguntas como: “O que vocês estão vendo nas imagens?”, “Vocês encontram esses produtos exatamente assim no dia-a-dia?”, “Vocês acham que é possível produzir um organismo como o da imagem?”.

Será dado um período de 5 minutos para que os alunos reflitam sobre a imagem. Passado os 5 minutos, a imagem 2 será apresentada aos alunos, e então será pedido novamente para que os alunos reflitam e discutam sobre a imagem e tente relacioná-la com a imagem 1. Para essa etapa será destinado um tempo de aproximadamente 5 minutos.

Passado o tempo, o(a) professor(a) deverá gerar uma reflexão e discussão coletiva (5 minutos) sobre as imagens, em que os grupos deverão compartilhar com o resto da classe sobre as suas reflexões, discussões e hipóteses. Nessa etapa, é recomendado que o(a) professor(a) organize as respostas dos alunos por meio de palavras-chave que deverão ser escritas na lousa.

O que é esperado? Para essa etapa, espera-se que os alunos não abordem a palavra “transgênico” e nem conceitos complexos e sim que abordem palavras como “mutação”, “mutante” e “organismos construídos em laboratório”.



Imagem 1. Retirada de:

<http://meioambiente.culturamix.com/agricultura/alimentos-geneticamente-modificados-agms>



Imagem 2. Retirada de:

<http://www.satmundi.net/satmundi/artemundo/vrml/1ghe19.htm>

Etapa 2: Consolidação do termo “transgênico”

Duração recomendada: 35 minutos

Estratégias de ensino: Painel Integrado

Iniciar essa etapa fazendo uma conexão com a etapa anterior, perguntando aos alunos: “Vocês acham que na casa de vocês há produtos como os mostrados nas imagens anteriores?”, “Vocês já viram um produto semelhante aos das imagens a venda?”.

Após as respostas dos alunos, será feito um painel integrado. Os alunos serão divididos em grupos de 5 alunos e será entregue uma notícia diferente para cada aluno do grupo (Sugestão: Distribuir notícias diferentes sobre transgênicos que estão presentes no dia-a-dia dos alunos). As notícias a serem entregues estão detalhadas no ANEXO 1. Será dado um período de 15 minutos para que os alunos leiam o texto que receberam e tentem responder as perguntas do estudo dirigido do texto (ANEXO 1) para selecionar as informações mais importantes do texto a serem repassadas para os demais colegas do grupo.

Após os 15 minutos, cada membro do grupo terá aproximadamente 2 minutos para contar de maneira resumida as principais informações do texto que leu para os demais colegas do grupo. Dessa forma, o painel integrado permitirá que todos os alunos saibam sobre o conteúdo de todos os textos sem precisar ler todos eles, o que levaria mais tempo de aula. Além disso, o painel permite que o aluno consiga sintetizar as informações mais importantes do texto que serão relevantes para dizer aos colegas, e ao contar sobre o texto para os demais colegas, o aluno estará treinando a sua própria comunicação e apresentação em público. O painel integrado também permite que os alunos sejam capazes de refletir e estabelecer relações sobre o conceito “transgênico” sem precisar da apresentação de conceitos por meio de uma aula expositiva.

Após a atividade, o(a) professor(a) irá fazer uma breve discussão sobre os textos com os alunos consolidando o termo “transgênico”: “Transgênico é o organismo que contém um ou mais genes que foram transferidos artificialmente de outra espécie por meio de técnicas de engenharia genética”.

Lição de casa: Pedir aos alunos que pesquisem e tragam de maneira resumida para a próxima aula um caso que explique como é a metodologia de construção de um transgênico.

Aula 2

Tema: Como é produzido um transgênico

Avaliação da estratégia: Seguindo a mesma lógica da aula anterior, como todas as atividades da aula são dialogadas, é possível ter o *feedback* dos alunos em todas as etapas da aula, possibilitando assim a avaliação da estratégia simultaneamente à aula, com o professor acompanhando os grupos no momento da montagem dos esquemas, por exemplo. Além disso, a lição de casa dada nessa aula permitirá aos professores analisar se a compreensão dos alunos sobre o assunto no início da aula seguinte.

Etapa 1: Retomada da lição de casa

Duração recomendada: 10 minutos

Estratégias de ensino: Aula expositiva dialogada

A aula será iniciada relembando brevemente o que foi refletido e discutido na última aula e então será pedido aos alunos que compartilhem com o restante da classe sobre a metodologia de construção de transgênico que pesquisaram e trouxeram.

Etapa 2: Como criar um transgênico

Duração recomendada: 30 minutos

Estratégias de ensino: Montagem de esquema e aula expositiva dialogada

Os alunos serão divididos em grupos de aproximadamente 5 pessoas e receberão um caso para resolver (ANEXO 2). Nesse caso, os alunos serão cientistas em uma indústria de alimentos e estarão tendo problemas com uma das plantas utilizadas como matéria-prima para a confecção de seus produtos. Nessa atividade, o objetivo dos alunos será seguir um roteiro pré-definido, e organizar e ordenar as peças que serão entregues para eles para formar uma planta transgênica que seja melhorada e deixe de apresentar o problema. Estima-se que essa etapa de ordenação das peças demore aproximadamente 15 minutos.

Após a conclusão da atividade, será feita uma discussão coletiva em sala, em que os alunos demonstrarão como ordenaram as peças do esquema, além da apresentação de seus argumentos para justificá-la. Depois dessa discussão, pretende-se mostrar um panorama geral dos avanços e limitações da biotecnologia através de uma breve aula expositiva (15 minutos), demonstrando as limitações da transformação de plantas via *Agrobacterium* e apresentando outras técnicas de criação de transgênicos e as possibilidades proporcionadas por essas técnicas, como a biobalística, ou mesmo técnicas mais recentes, como a implementação do sistema CRISPR/Cas9 como ferramenta biotecnológica.

Lição de casa: Será dado aos alunos uma lista de exercícios de vestibular (ANEXO 3) sobre transgênicos, na qual eles devem escolher a resposta correta e apresentar justificativa para a escolha dessa resposta.

Etapa 3: Preparação da classe para o debate

Duração recomendada: 10 minutos

Estratégias de ensino: Conversa com os alunos

Essa etapa é destinada para a preparação dos alunos para o debate que deve ocorrer na próxima aula. Os alunos serão separados em 6 grupos e cada grupo representará um personagem diferente (dono de empresa que produz e comercializa produtos transgênicos, pequeno agricultor, cientista, júri popular, público a favor do uso e comercialização dos transgênicos e público contra o uso e comercialização de transgênicos). Será pedido como lição de casa para que os alunos pesquisem e procurem informações sobre os transgênicos para conseguir exercer o papel do seu personagem no debate e gerar argumentos convincentes

para defender a ideia do seu personagem. Também será pedido que os alunos tragam perguntas escritas destinadas a cada um dos outros grupos.

Aula 3

Tema: Debate sobre transgênicos

Avaliação da estratégia: A própria qualidade do debate é um indicativo sobre a eficácia da estratégia, entretanto, ajustes simultâneos à aula são impossíveis nesse modelo, uma vez que o professor age apenas como mediador do debate (controlando o tempo e mantendo os limites de confrontos do debate). Entretanto, ajustes ao debate são possíveis em aplicações posteriores, os quais devem ser feitos durante a fase de preparação do debate (na aula anterior), dando maior suporte aos alunos sobre o seu papel no debate.

Etapa 1: Retomada da lição de casa

Duração recomendada: 10 minutos

Estratégias de ensino: Aula expositiva dialogada

Será retomado o conteúdo da aula passada perguntando aos alunos o que foi respondido na lição de casa da aula anterior, para que os exercícios possam ser corrigidos de forma dialogada.

Etapa 2: Debate (Júri Simulado)

Duração recomendada: 40 minutos

Estratégias de ensino: Debate

A aula será iniciada lembrando brevemente o que foi refletido e discutido nas últimas duas aulas. Então os alunos serão organizados nos grupos pré-estabelecidos na aula anterior para a realização do debate (júri simulado) em que terá a simulação de um tribunal judiciário.

Será dado um período de tempo limitado para cada um dos grupos (exceto o júri popular) falar um pouco de seus argumentos defendendo a sua tese. Depois da apresentação da defesa de cada personagem (grupo), serão sorteadas perguntas (feitas e entregues previamente pelos próprios alunos) para que cada um dos personagens (cada grupo) responda de acordo com as ideias defendidas pelo personagem que representa, assim, os alunos vão defendendo o ponto de vista do personagem que representam na medida que surgem réplicas e tréplicas. O/A professor(a) também pode lançar perguntas que fomentem o debate, evitando fornecer respostas ou apoiar algumas das posições.

Por fim, cada grupo possui um tempo para as suas considerações finais. Então, o júri popular se reúne para socializar seus apontamentos, feitos ao longo do

debate, e decretar o veredicto sobre a produção, uso e comercialização dos produtos transgênicos.

Formas e momentos de Avaliação:

Como descrito anteriormente, os alunos estarão sendo avaliados a todo momento durante as aulas, de acordo com a participação de cada um nas discussões e atividades propostas. Os alunos também serão avaliados por meio da participação em trabalho em grupo, montagem de esquemas, respostas dadas às questões de lista de exercício e participação no debate. Será atribuído uma nota (valor numérico de 0 a 10) para a lista de exercício dada como lição de casa na aula 2 (avaliação individual) e ao debate (avaliação em grupo). Na avaliação do debate, será atribuída uma nota ao grupo, essa nota será multiplicada pelo número de integrantes do grupo, os quais terão que distribuir essa nota entre si de acordo com o que acharem mais justo, sendo uma forma de medir o nível de participação de cada aluno na atividade em grupo.

A lista de exercícios e o debate terão peso 1 na avaliação do aluno.

Bibliografia básica:

Caderno do Professor do Estado de São Paulo - Biologia - 2a série do Ensino Médio, volume 4, 2009.

Bibliografia complementar:

Exercícios sobre transgênicos. Disponível em <https://ensinomedioonline.com.br/20-exercicios-simulado-sobre-transgenicos-com-gabarito/>

Bedin, M. L. Z. Transgênicos: Lição a ser feita no contexto escolar. Monografia apresentada para conclusão do curso de especialização em genética para professores do ensino médio. Universidade Federal do Paraná. Apucarana, 2015.

Chiquetti, R. L. Transgênicos na sala de aula: o desafio de se ensinar uma ciência nova que chega até o dia a dia despercebida. Monografia apresentada para conclusão do curso de especialização em genética para professores do ensino médio. Universidade Federal do Paraná. Apucarana, 2015.

Santos, E; Martins, Isabel P. Ensinar sobre alimentos geneticamente modificados. Contribuições para uma cidadania responsável. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 8, n. 3, p. 834-858, 2009.

ANEXO 1

Texto 1: Estudo Dirigido do Texto

1. Qual o tema central do texto?
2. Quais produtos o texto cita? O que eles têm em comum?
3. Há diferenças na rotulagem dos produtos citados no texto entre os diferentes países?
4. Há diferença na legalização da venda dos produtos citados no texto entre os diferentes países? Por que?

Conheça uma lista de Transgênicos que já estão na cadeia alimentar

(Thomas Pappon da BBC Brasil em Londres, 08 de Fevereiro de 2013)

Retirado de: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_lista_tp.shtml (modificado)

No final de dezembro passado, a agência que zela pela segurança alimentar nos Estados Unidos, a Food and Drug Administration (FDA) aprovou para consumo um tipo de salmão geneticamente modificado, reacendendo o debate sobre a segurança dos transgênicos e suas implicações éticas, econômicas sociais e políticas.

É a primeira vez que um animal geneticamente modificado é aprovado para consumo humano. Mas muitos consumidores nos Estados Unidos, Europa e Brasil, regiões em que os organismos geneticamente modificados (OGMs) em questão de poucos anos avançaram em velocidade surpreendente dos laboratórios aos supermercados, passando por milhões de hectares de áreas cultiváveis, continuam desconfiados da ideia do homem cumprindo um papel supostamente reservado à natureza ou à evolução - e guardam na memória os efeitos nocivos, descobertos tarde demais, de "maravilhas" tecnológicas como o DDT e a talidomida.

Boa parte do público ainda teme possíveis efeitos negativos dos transgênicos para a saúde e o meio ambiente. Pesquisas de opinião nos Estados Unidos e na Europa, entretanto, indicam que a resistência aos OGMs tem caído, refletindo, talvez, uma tendência de gradual mudança de posição da percepção pública.

As principais academias de ciências do mundo e instituições como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) são unânimes em dizer que os transgênicos são seguros e que a tecnologia de manipulação genética realizada sob o controle dos atuais protocolos de segurança não representa risco maior do que técnicas agrícolas convencionais de cruzamento de plantas.

O salmão transgênico, que pode chegar às mesas de jantar em 2014, será o primeiro animal geneticamente modificado (GM) consumido pelo homem. Vários produtos GM já estão nos supermercados, um fato que pode ter escapado a muitos consumidores - apesar da (discreta) rotulagem obrigatória, no Brasil e na UE, de produtos com até 1% de componentes transgênicos.

A BBC Brasil preparou uma lista com produtos e derivados que busca revelar como os transgênicos entraram, estão tentando ou mesmo falharam na tentativa de entrar na cadeia alimentar.

Milho: Dezoito variedade de milho transgênico são aprovadas para consumo no Brasil. Com as variantes transgênicas respondendo por mais de 85% das atuais lavouras do produto no Brasil e nos Estados Unidos, não é de se espantar que a pipoca consumida no cinema, por exemplo, venha de um tipo de milho que recebeu, em laboratório, um gene para torná-lo tolerante a herbicida, ou um gene para deixá-lo resistente a insetos, ou ambos. Dezoito variantes de milho geneticamente modificado foram autorizadas pelo CTNBio, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia que aprova os pedidos de comercialização de OGMs.

O mesmo pode ser dito da espiga, dos flocos e do milho em lata que você encontra nos supermercados. Há também os vários subprodutos – amido, glucose – usados em alimentos processados (salgadinhos, bolos, doces, biscoitos, sobremesas) que obrigam o fabricante a rotular o produto.

O milho puro transgênico não é vendido para consumo humano na União Europeia, onde todos os legumes, frutas e verduras transgênicos são proibidos para consumo – exceto um tipo de batata, que recentemente foi autorizado, pela Comissão Europeia, a ser desenvolvido e comercializado. Nos Estados Unidos, ele é liberado e não existe a rotulação obrigatória.

Óleos de cozinha: Os óleos extraídos de soja, milho e algodão, os três campeões entre as culturas geneticamente modificadas – e cujas sementes são uma mina de ouro para as cerca de dez multinacionais que controlam o mercado mundial – chegam às prateleiras com a reputação manchada mais pela sua origem do que pela presença de DNA ou proteína transgênica. No processo de refino desses óleos, os componentes transgênicos são praticamente eliminados. Mesmo assim, suas embalagens são rotuladas no Brasil e nos países da UE.

Soja: Óleo de soja é o principal subproduto do cultivo transgênico para o consumidor no mundo todo, o grosso da soja transgênica, a rainha das commodities, vai parar no bucho dos animais de criação - que não ligam muito se ela foi geneticamente modificada ou não. O subproduto mais comum para consumo humano é o óleo, mas há ainda o leite de soja, tofu, bebidas de frutas e soja e a pasta missô, todos com proteínas transgênicas (a não ser que tenham vindo de soja não transgênica). No Brasil, onde a soja transgênica ocupa quase um terço de toda a área dedicada à agricultura, a CTNBio liberou cinco variantes da planta, todas tolerantes a herbicidas – uma delas também é resistente a insetos.

Mamão Papaya: Os Estados Unidos são o maior importador de papaya do mundo – a maior parte vem do México e não é transgênica. Mas muitos americanos apreciam a papaya local, produzida no Havaí, Flórida e Califórnia. Cerca de 85% da papaya do Havaí, que também é exportada para Canadá, Japão e outros países, vem de uma variedade geneticamente modificada para combater um vírus devastador para a planta. Não é vendida no Brasil, nem na Europa.

Texto 2: Estudo Dirigido do Texto

1. Qual o tema central do texto?
2. O que é o símbolo citado no texto e o que ele significa?
3. A sinalização citada no texto é importante? Por que?

O fim do símbolo de transgênico nos alimentos e o que isso significa

(Diego Meneghetti, Revista Mundo Estranho, Publicado em 23 de Abril de 2018)

Retirado de:

<https://mundoestranho.abril.com.br/saude/o-fim-do-simbolo-de-transgenico-nos-alimentos-e-o-que-isso-significa/>

No último dia 17 de abril, a Comissão de Meio Ambiente (CMA) do Senado, liderada pelo senador Cidinho Santos (PR-MT) aprovou o fim da obrigatoriedade, na embalagem dos alimentos, do símbolo que indica a presença ingrediente transgênico. É a mais recente batalha numa disputa entre consumidores, grupos de proteção do meio ambiente, representantes do agronegócio e a indústria alimentícia. O símbolo (um triângulo amarelo com a letra “T” preta) existe desde 2003, quando o governo federal liberou pela primeira vez o plantio de soja transgênica (ou seja, alterada geneticamente) no país. A CMA alega que, nestes 15 anos, não houve pesquisa científica no mundo todo que comprove que o consumo de alimento transgênico seja maléfico à saúde.

A comunidade científica rebate dizendo que pesquisas desse tipo levam mais tempo do que isso e que, enquanto essas consequências não são plenamente esclarecidas, cabe ao consumidor decidir se quer consumir esse tipo de alimento ou não. As entidades de direito do consumidor também insistem nessa tecla: a ausência do símbolo fere o direito à informação do cidadão.

O relatório da CMA rebate esse argumento ao enfatizar que permanece a obrigação de um texto legível, no rótulo, similar a “(nome do produto) transgênico” ou “contém (nome do ingrediente) transgênico”. Entidades como o IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor), porém, alegam que o triângulo amarelo era muito mais fácil e rápido de ser interpretado. Apenas como texto, a informação não fica explícita o suficiente.



Texto 3: Estudo Dirigido do Texto

1. Qual o tema central do texto?
2. Qual o problema que o objetivo do estudo tenta resolver?
3. Como o estudo mostrado no texto soluciona o problema?

IAC cria laranja transgênica mais resistente ao amarelinho

(Bettina Barros, Fapesp na Mídia, Publicado em Valor Econômico (Agronegócios) em 27 de Novembro de 2017)
Retirado de: <http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/146781/iac-cria-laranja-transgenica-resistente/> (modificado)

Maior produtor e exportador de suco de laranja do mundo, com mais de 80% do mercado global, o Brasil poderá anunciar nos próximos anos um feito marcante dos pontos de vista científico e agrônomo, mas que suscita preocupações: o desenvolvimento da primeira laranja transgênica do mundo com maior resistência a duas doenças simultaneamente: o amarelinho e o cancro cítrico. Causadas pelas bactérias *Xylella fastidiosa* e *Xanthomonas citri*, respectivamente, essas doenças são antigas e recorrentes nos pomares. Levam à perda de produtividade e, eventualmente, à morte da planta.

A descoberta inédita, que começou a ser desenvolvida há sete anos por duas pesquisadoras do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com recursos da **Fapesp**. A pesquisa abrangeu duas variedades de laranja doce e utilizou um gene da própria *Xylella* para "enganar" a genética. Ao inseri-lo na planta, as pesquisadoras Raquel Caserta, pós-doutoranda no IAC, e sua orientadora Alessandra Alves de Souza provocaram o que chamam de "confusão do patógeno".

Grosso modo, isso significa que a planta, agora com o gene de seu invasor, passa a produzir uma molécula que interfere no sistema de comunicação das bactérias, fazendo com que se movimentem menos e, por consequência, colonizem menos a planta. O resultado são árvores mais resistentes à doença. "A transgenia reduziu em 60% o CVC", diz Alessandra, referindo-se à Clorose Variegada dos Citros, o nome científico do amarelinho. "Não evitamos que a *Xylella* entre nos vasos da planta - ela é transmitida por insetos. Mas uma vez lá, reduzimos o avanço", explica.

Para surpresa das pesquisadoras, o mesmo gene da *Xylella* mostrou sinais importantes de retardamento da proliferação bacteriana também para o cancro, ampliando mais seu potencial de uso.

A dupla resistência foi especialmente comemorada porque veio associada a uma bactéria "especial" para a Academia brasileira. Em 2000, pesquisadores do país (Alessandra entre eles) apresentaram ao mundo o sequenciamento do genoma da *Xylella fastidiosa*, no que se revelou o maior projeto científico já realizado no Brasil.

A aposta na *Xylella* surgiu após o período de um ano em que Alessandra passou na Universidade da Califórnia, em Berkeley, em 2010. Ao lado do Dr. Steve Lindow, pesquisador do laboratório de biologia de plantas e microorganismos, ela se deparou com o manuseio do gene da bactéria em mudas de uvas. No Hemisfério Norte, o amarelinho assola diversas culturas - uvas e oliveiras são duas grandes vítimas. Os progressos eram visíveis. Alessandra não teve dúvidas: se dava certo com uvas, poderia funcionar também com laranjas.

O amarelinho gera frutos pequenos e de amadurecimento precoce. A doença foi identificada aqui em 1987, no Triângulo Mineiro e em São Paulo. Segundo o Fundecitrus, entidade mantida pela indústria e produtores, ela ocorre em intensidades diferentes no país. Ainda que esteja relativamente controlada nesses Estados - as pulverizações para o combate ao "greening" acabam matando as cigarrinhas transmissoras da *Xylella* -, os índices da doença na Bahia e Sergipe ainda são preocupantes.

A modificação genética como solução para problemas do campo atende aos interesses da indústria e do produtor, mas deve gerar ruído em outros grupos. Ao contrário de outras commodities agrícolas modificadas, a laranja pode ir diretamente para a mesa do consumidor. "Teoricamente, a transgenia está na estrutura da planta, não na laranja. Mas se chegar, não tem problema. Comemos bactérias todos os dias nos alimentos. E esta não faz mal", defende Alessandra.

As mudas modificadas ainda estão em estufas, sob ambiente controlado e em vasos. O próximo passo será levá-las para o campo, onde frutificarão e gerarão os resultados científicos necessários antes da comercialização. Para tanto, o IAC vai protocolar ainda este ano o pedido de Liberação Planejada em Meio Ambiente, na Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), que regula os transgênicos. A liberação deverá ocorrer no ano que vem. A comercialização, no entanto, não deverá vir antes de quatro anos.

Texto 4: Estudo Dirigido do Texto

1. Qual o tema central do texto?
2. Qual o problema que o objetivo do estudo tenta resolver?
3. Como o estudo mostrado no texto soluciona o problema?

USP cria mosquito transgênico da Malária

(Cyro Queiroz Fiúza - FAPESP na Mídia - Publicado em: Gazeta Mercantil (Ciência) em 16 de Outubro de 2012)
Retirado de: <http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/17016/usp-cria-mosquito-transgenico-malaria/> (modificado)

A criação de mosquitos transgênicos, incapazes de transmitir malária e dengue, doenças que vitimam anualmente mais de 1 milhão de pessoas, foi anunciada esta semana pelo Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP).

A pesquisa começou em 1997, quando um grupo coordenado pela professora Margareth de Lara Capurro, do Departamento de Parasitologia do ICB-USP, conseguiu criar um mosquito incapaz de transmitir a malária em galinhas. "O sucesso com o estudo foi fundamental porque, no seu começo, a não-transmissão da doença pelos mosquitos modificados era apenas uma hipótese".

Margareth Capurro iniciou suas pesquisas com o protozoário *Plasmodium gallinaceum* (causador da malária nas galinhas) em 1997, ano em que seguiu para a Universidade da Califórnia (EUA) e fez seu pós-doutorado com o tema "Controle de Transmissão de Doenças". Ao mesmo tempo, cientistas de Cleveland, também nos Estados Unidos, iniciaram um processo similar com um grupo de camundongos.

O trabalho também teve bons resultados, uma vez que os mosquitos modificados não conseguiram transmitir o protozoário *Plasmodium berghei*, causador da malária nos roedores. Segundo a professora do ICB-USP, os pesquisadores de Cleveland já têm pronta uma metodologia para desenvolver transgênicos da malária em seres humanos, mas ainda não dispõem do gene. "Implantar o processo com humanos é mais demorado e de custo elevado", diz Margareth Capurro. Mas como já existem as experiências bem-sucedidas com as galinhas e os camundongos, que duraram três anos, ela acredita que em mais dois ou três anos os cientistas norte-americanos terão novidades com suas pesquisas.

No trabalho de desenvolver o mosquito geneticamente modificado, explica Margareth Capurro, a primeira etapa abrange a elaboração dos novos genes que são colocados nos animais. Com estes genes produzidos, é iniciada a fase da clonagem, para que seja feita a multiplicação das moléculas. Posteriormente, coloca-se os genes nos mosquitos, e passa-se a observar o comportamento deles para que seja comprovada a ineficiência na transmissão da doença. Um fato curioso desse trabalho é que a implantação dos genes não impede que os mosquitos carreguem os microorganismos causadores das doenças, mas impossibilita que os protozoários penetrem no corpo humano. A extensão da pesquisa do Instituto de

Ciências Biomédicas da USP, que este ano contará com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), tem o título de "Vetores Brasileiros de Malária e Dengue". Trata-se de uma seqüência do estudo iniciado em 1997 pela equipe de Margareth Capurro. "Até o início de 2003, esperamos encontrar cinco novos genes relacionados à Dengue", anuncia a pesquisadora.

Texto 5: Estudo Dirigido do Texto

1. Qual o tema central do texto?
2. Qual o problema que o objetivo do estudo tenta resolver?
3. Como o estudo mostrado no texto soluciona o problema?

Cabras Transgênicas

(Marcos de Oliveira, Publicado em Revista Pesquisa FAPESP em Outubro de 2015)

Retirado de: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/10/14/cabras-transgenicas/>

A cabra Gluca vive num abrigo especial na Universidade de Fortaleza (Unifor), no Ceará. Trata-se do primeiro caprino transgênico da América Latina produzido pela técnica de clonagem com células geneticamente modificadas. O nome vem de uma proteína que ela tem no leite, chamada de glucocerebrosidase, que atua no processamento de glicocerebrosídeos, um tipo de gordura celular. Quem não a produz tem comprometimento de órgãos como fígado, baço e no sistema nervoso central, além de dor nos ossos. Os sintomas fazem parte da caracterização clínica da doença de Gaucher (pronuncia-se Gochê), uma enfermidade genética rara. A Gluca é parte de um experimento iniciado na Unifor para que cabras transgênicas tenham no leite a glucocerebrosidase, que, depois de extraída e purificada, poderá ser transformada em um biofármaco para combater essa doença. Em outubro, o rebanho transgênico instalado no Núcleo de Biologia Experimental (Nubex) da universidade, formado por Gluca e uma cabra clonada da própria Gluca chamada Beta, poderá aumentar. A primogênita está prenhe de dois ou três filhotes – não foi possível definir com precisão pelo ultrassom – com chance de 50% de cada filhote ser transgênico. Isso acontece porque o pai não é um animal transgênico.

Quando der à luz, será a primeira vez que Gluca, que nasceu em março de 2014, terá uma lactação normal. Quando ela tinha 6 meses de idade, os pesquisadores induziram a lactação por meio de hormônios para comprovar a presença da proteína no leite. “Quando Gluca estiver lactando, teremos muito mais leite disponível para verificação de sua composição, funcionalidade e testes de purificação”, diz Marcelo Bertolini, que coordenou o projeto na Unifor, onde ficou por seis anos. Desde julho deste ano ele é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). “Na lactação induzida, a presença da glucocerebrosidase no leite da Gluca variou de 4 a 8 gramas por litro (g/l). Se tivermos a média de 5 g/l com quatro cabras, estará garantido o número de animais necessários para suprir todos os cerca de 700 pacientes que têm a doença de Gaucher no Brasil”, diz Bertolini. Com a Gluca e a Beta, e se os dois ou três cabritos forem fêmeas e tiverem a proteína no leite, estará completo o rebanho para a produção do biofármaco.

A disponibilidade do medicamento brasileiro, no entanto, não ocorrerá imediatamente. Será preciso purificar a molécula de proteína do leite e produzir um fármaco injetável, em um processo que pode demorar cinco anos ou mais. A intenção do grupo de pesquisadores é esperar as primeiras análises com o leite natural da Gluca para buscar parcerias em empresas e institutos de pesquisa, requisito fundamental na realização dos testes clínicos e submissão do medicamento à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para aprovação. A empresa Quatro G, parceira do grupo da Unifor, vai receber o leite da Gluca para purificar a proteína. No início do projeto, a empresa, que está sediada no Parque Tecnológico da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), em Porto Alegre, fez a produção das sequências genéticas para a inserção do gene da glucocerebrosidase no genoma da cabra.

O desenvolvimento da Gluca se deu pela técnica de clonagem com células geneticamente modificadas. O primeiro passo é introduzir uma sequência genética complexa contendo o gene humano da proteína glucocerebrosidase em células de uma cabra. Quando o gene se incorpora ao genoma do animal, as melhores células são escolhidas pelos pesquisadores para inserção nos ovócitos, que são as células reprodutoras femininas, cujo DNA materno fora removido. Depois, o embrião clonado e transgênico é transferido para uma cabra não transgênica para o estabelecimento da gestação. “A eficiência desse método ainda é baixa, mas o resultado foi positivo considerando o altíssimo valor científico do caprino transgênico”, explica o médico veterinário Leonardo Tondello Martins, professor do Centro de Ciências da Saúde da Unifor. “No experimento que resultou no nascimento da Gluca foram transferidos 858 embriões, divididos entre 60 receptoras. Das 11 prenhezess identificadas, nasceu um animal saudável e transgênico, a Gluca”, conta Leonardo. O projeto recebeu recursos de R\$ 2,4 milhões da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) no Programa de Subvenção Econômica captado pela Quatro G, em parceria com os pesquisadores da Unifor. Os animais, da raça anglo-nubiano, foram cedidos pela Esperança Agropecuária, do Grupo Edson Queiroz, que também está ligado à fundação de mesmo nome que mantém a Unifor.

ANEXO 2

Atividade: Criando um Transgênico

Caso:

Imagine que você é um cientista e trabalha em um laboratório de pesquisa de uma indústria de alimentos. A indústria apresenta grandes problemas em relação a uma planta, bastante utilizada como matéria-prima para a produção de muitos alimentos produzidos pela indústria. A planta é de clima frio e demora muito para se desenvolver e dar frutos, os quais são utilizados pela indústria, desse modo, o dono da indústria instruiu o seu laboratório a construir uma planta transgênica, a qual tenha desenvolvimento rápido e apresente frutos mais rapidamente.

Recentemente, foi descoberto que nos primeiros meses após o plantio da planta há inibição de seu desenvolvimento por causa de uma proteína X que é produzida apenas nos primeiros meses para cessar o crescimento da planta no clima frio, dessa forma, a planta fica em estado de quiescência apresentando baixa atividade metabólica e só depois de alguns meses a proteína X deixa de ser produzida e a planta volta ao seu desenvolvimento normal.

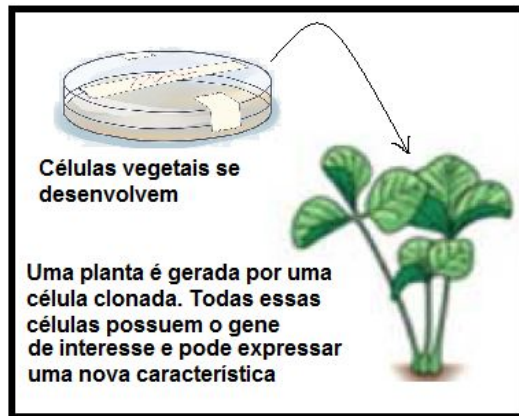
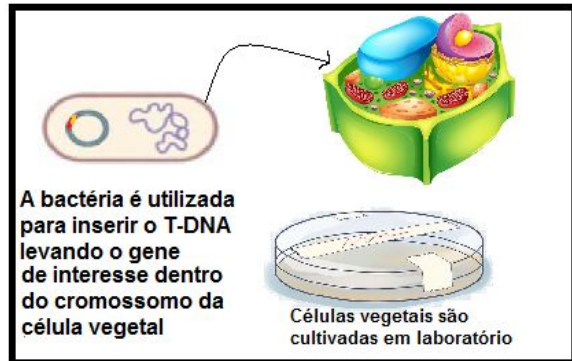
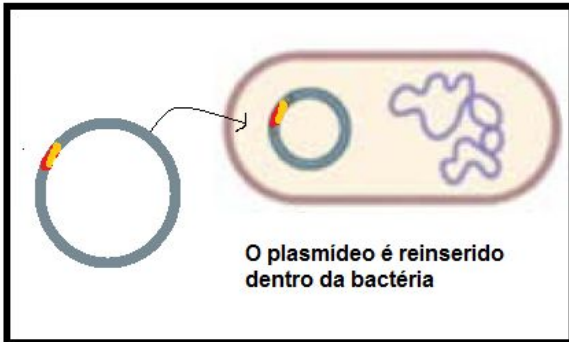
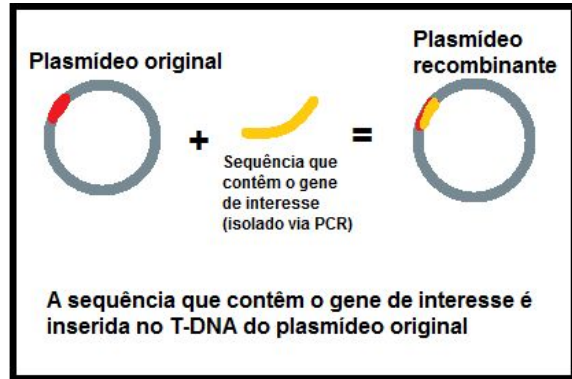
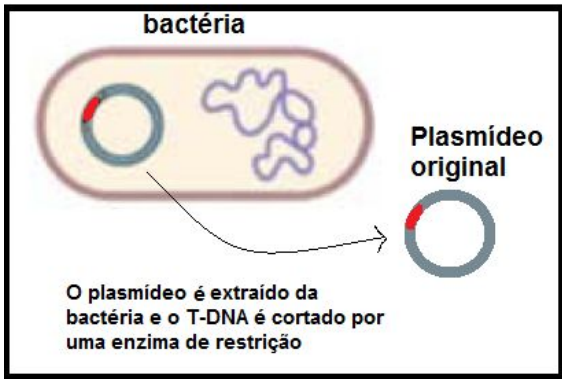
Durante as pesquisas desenvolvidas em seu laboratório, descobriu-se que há uma bactéria que possui um gene (ou seja, o gene de interesse) que produz uma enzima capaz de degradar a proteína X. Dessa forma, uma alternativa para a produção da planta transgênica seria inserir o gene de interesse no DNA da planta, para que a enzima produzida degrade a proteína X e a planta possa se desenvolver normalmente desde os seus primeiros meses de cultivo.

O seu laboratório conseguiu isolar o gene de interesse da bactéria e dessa forma, será necessário inseri-lo em um novo plasmídeo que contenha o T-DNA para então inseri-lo na célula da planta. Bactérias que possuem o plasmídeo com a região T-DNA possuem o potencial de induzir tumor em plantas, conseguindo inserir o DNA de transferência no genoma vegetal.

Assim, com o auxílio do glossário, determine e justifique a ordem temporal mais adequada para os eventos representados nos cartões distribuídos.

Glossário:

- Plasmídeo: molécula de DNA circular encontrada em algumas bactérias
- Plasmídeo recombinante: plasmídeo modificado para possuir o gene de interesse
- PCR: sigla de reação de polimerase em cadeia, é uma técnica amplamente utilizada para o isolamento de genes de interesse
- T-DNA: DNA contido em um plasmídeo (Ti), possui o potencial de induzir tumor em plantas e será transferido do plasmídeo para a planta



ANEXO 3

Atividade:

Responda as seguintes questões e justifique a sua resposta em cada uma delas:

01. (ENEM) Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma “célula sintética”, uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON et al. Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. Science. V.329, 2010 (adaptado).

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à:

- a) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
- b) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídeos.
- c) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
- d) possibilidade de programar geneticamente microrganismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas ou combustíveis.
- e) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

02. (UEL) A biotecnologia tornou possível a transferência de material genético entre os mais diversos organismos. Os conhecimentos da área são aplicados com sucesso na produção industrial da insulina e do hormônio de crescimento, que são administrados a pacientes de todo o planeta. Sobre a produção de organismos geneticamente modificados, é correto afirmar:

- a) Fragmentos de DNA exógeno são inseridos no genoma de células hospedeiras por meio de plasmídeos.
- b) O genoma exógeno é inserido no núcleo hospedeiro por meio de vetores protéicos conhecidos como plasmídeos.
- c) O DNA gênico endógeno é inserido no núcleo de células hospedeiras por meio de plastídeos funcionais.
- d) O DNA endógeno é transferido para genomas hospedeiros por meio de plasmídeos mitocondriais.

e) Fragmentos de genes exógenos são inseridos no genoma das células hospedeiras por meio de plastídeos nucleares.

03. (PUC-SP) Recentemente, foram constatados casos de transporte de pólen de espécies de canola transgênica para plantas silvestres (ervas daninhas). Estas passaram a apresentar a característica da canola transgênica, ou seja, alto poder de resistência a herbicidas. Sobre esse fato, é INCORRETO afirmar que

a) as espécies de canola são transgênicas, pois expressam genes que incorporaram de outras espécies.

b) o pólen da canola transgênica transportou material genético para plantas silvestres.

c) as espécies silvestres incorporaram e expressaram material genético da canola transgênica.

d) o RNA da canola transgênica foi transferido e incorporado ao genoma das ervas daninhas, tornando-as resistentes a agentes químicos.

e) as ervas daninhas passaram a produzir proteínas da canola transgênica.