

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO E SAÚDE – FACES
CURSO DE BIOMEDICINA

PRISCILLA DE LIRA

**Aplicação da tecnologia do DNA recombinante na saúde:
riscos e benefícios**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado em formato de artigo científico, ao UniCEUB, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em Biomedicina.

Orientador: Prof. Vanessa Carvalho
Moreira

BRASÍLIA
Junho/2016

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de adquirir os conhecimentos que esse curso proporcionou.

A minha mãe, Joselita, pelo esforço e dedicação ao longo da minha vida na minha educação e formação, um verdadeiro exemplo de mulher guerreira. Aos meus familiares que sempre me apoiaram nas minhas decisões.

Ao meu namorado, Tiago, que esteve ao meu lado nos bons e nos maus momentos durante o curso, sempre paciente quando chorava as minhas angustias, assim como sempre comemorou as minhas vitórias.

A minha orientadora, Prof.^a Vanessa Carvalho Moreira, que foi sensacional na orientação, desde a escolha do título ao desenvolvimento do trabalho, sempre muito paciente e disponível, um verdadeiro anjo.

Aplicação da tecnologia do DNA recombinante na saúde: riscos e benefícios.

Priscilla de Lira¹
Vanessa Carvalho Moreira²

Resumo

Os organismos transgênicos são aqueles em que o genoma foi modificado atribuindo-lhes nova característica ou alterando alguma característica já existente, através da inserção ou eliminação de um ou mais genes por técnicas de engenharia genética. Embora haja o conhecimento da utilização destes organismos na agricultura pouco se relata de sua ação na saúde. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar os riscos e os benefícios que os transgênicos podem trazer a saúde e apresentar algumas técnicas utilizadas para o melhor diagnóstico e tratamento das doenças. As informações para a realização desse trabalho foram retiradas de base de dados bibliográficos, como Pubmed, Scielo, Plataforma Ebsco e Ministério da Saúde, publicadas desde o ano de 2002 até o ano de 2015. A tecnologia do DNA recombinante abriu novas possibilidades de diagnóstico e tratamento para a saúde, no entanto ainda existe uma enorme discussão sobre seu uso, argumentos contra e a favor, isso pode ser devido a falta de informação sobre o assunto.

Palavras-chave: Transgênicos, organismos geneticamente modificados, riscos e benefícios à saúde, técnicas de engenharia genética.

Application of recombinant DNA technology in health: risks and benefits.

Abstract

The transgenic organisms are organisms in which the genome was modified, giving them new characteristics or by changing the genomes which already exist, through the insertion or elimination of one or more genes by genetic engineering techniques. Despite the knowledge of utilizing these organisms in agriculture existing, not much is understood in regards to its application in health. This being the case, the goal of this project was to identify the risks and benefits that transgenics can bring to health, and introduce some techniques used for a better diagnosis and treatment of diseases. The information collected for this project was taken from bibliographic data basis, such as Pubmed, Scielo, Ebsco Platform and The Ministry of Health, published from 2002 until 2015. The Recombinant DNA technology has opened new possibilities of diagnosis and treatments for health, however, there is still a great deal of debate for and against its use. This debate arises due to the lack of information concerning about this topic.

Keywords: Transgenic, genetically modified organisms, risks and benefits to health, genetic engineering techniques.

¹Graduanda do curso de Biomedicina no Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

²Biomédica, mestre em Ciências da saúde– UnB, professora de Biomedicina no Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

1. Introdução

A utilização de transgênicos no Brasil aumenta consideravelmente a cada ano, entretanto, a introdução desta tecnologia foi inserida no ano de 1996, no Rio Grande do Sul, por meio de plantações da soja transgênica *Roundup Ready* (soja RR), da multinacional Monsanto (PLAZA, 2013).

O Brasil atingiu impressionante crescimento na produção de culturas transgênicas nos últimos anos, ultrapassando, inclusive, a Argentina. Somente no ano de 2009, por exemplo, o Brasil teve um crescimento de 5,6 milhões para 21,4 milhões de hectares, correspondendo a um aumento de 35% em relação a 2008, sendo o maior crescimento absoluto em qualquer país. Esse crescimento fez com que o Brasil ocupasse a segunda colocação no ranking dos países com maior produção de culturas transgênicas no mundo (PELLANDA, 2013).

A expansão agrícola de transgênicos no Brasil baseia-se, exclusivamente, na produção em larga escala de grãos geneticamente modificados incentivados pelo agronegócio. Atualmente, existem dois principais tipos de transgênicos em expansão: plantas tolerantes e plantas resistentes a alguns insetos (FARIAS et al., 2014).

Os organismos transgênicos são aqueles que genoma foi modificado atribuindo-lhes nova característica ou alterando alguma característica já existente, através da inserção ou eliminação de um ou mais genes por técnicas de engenharia genética (MARINHO, 2003).

A expressão 'engenharia genética' nasceu nos anos 70, quando foram descobertas as enzimas de restrição, que são capazes de reconhecer uma pequena sequência de pares de bases e cortar o DNA neste sítio de reconhecimento ou de corte, da mesma forma existem outras enzimas que são capazes de ligar dois fragmentos de DNA. Assim, o DNA de uma espécie pode ser cortado e ligado ao DNA da mesma ou de outra espécie. Estes procedimentos também podem ser conhecidos como: engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante e seus produtos são denominados Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) (GUERRA; NODARI 2001).

Um organismo geneticamente modificado é aquele que possui uma modificação no seu genoma, já um organismo transgênico possui a inserção de um trecho de DNA de outra espécie, sendo assim o organismo transgênico é um tipo de OGM, mas nem todo OGM é transgênico (CGM, 2009).

Com a tecnologia do DNA recombinante, foram alcançados inúmeros avanços na saúde, como a produção de biofármacos, vacinas recombinantes e terapias gênicas, trazendo novas possibilidades de tratamento, antes inimagináveis e um melhor entendimento das causas e das doenças (REIS et al., 2009).

Existem diversos métodos de transformação de plantas, como por exemplo: a transformação indireta e a direta, esta última pode ser na forma de biobalística, eletroporação ou microinjeção. A escolha depende da espécie a ser transformada, do tipo da célula, ou tecido utilizado, da capacidade de regeneração e disponibilidade de materiais (ANDRADE, 2003).

As principais vantagens de utilizar produtos transgênicos são o aumento da produção, aumento na resistência contra as pragas e com isso a redução de custos, trazendo grandes benefícios aos produtores e consumidores por obter uma colheita abundante e mais resistente, porém podem trazer consequências ao meio ambiente, como a contaminação entre culturas transgênicas e não transgênicas, aumento das alergias, resistência a antibióticos e uma possível criação de vírus e toxinas. Ainda não há uma compreensão adequada dos impactos ambientais, socioeconômica e de saúde que os produtos transgênicos podem causar (FARIAS et al., 2014).

Na área da saúde os transgênicos geram impacto por proporcionar a incorporação de fatores nutricionais e terapêuticos, como a alface com vacina contra a leishmaniose, frutas e hortaliças mais ricas em vitaminas e soja que produz insulina ou hormônio do crescimento que são desenvolvidas no Brasil (MUNIZ et al., 2003).

Estima-se que, atualmente, 70% de todos os alimentos processados contenham pelo menos um ingrediente transgênico, derivado da soja ou do milho. Sendo assim, ainda que o consumidor não o deseje, grande parte da população já consumiu ou consome com frequência estes tipos de alimentos (PELLANDA, 2013).

No Brasil, as avaliações de segurança dos transgênicos seguem os mesmos padrões internacionais definidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO/ONU). Desde 2005, a lei de Biossegurança (11.105/05) e seu Decreto regulamentador, o Decreto 1.752/95 permitiu a comercialização dos transgênicos no país de forma disciplinada, junto dessa lei foi criado um Conselho Nacional de Biossegurança, formado por alguns ministros de Estado, como o da Justiça, o da Saúde e o do Meio Ambiente, estabelecendo a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), responsável

pela análise técnica da biossegurança do organismo geneticamente modificado no aspecto da saúde humana, vegetal e ambiental. Existem também outros órgãos fiscalizadores, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério da Saúde (MS) (CTNBio, 2005). Em 28 de Abril de 2015 o Plenário da Câmara dos Deputados aprovou o Projeto de Lei 4148/08, do deputado Luis Carlos Heinze (PP-RS), que acaba com a exigência do símbolo da transgenia nos rótulos dos produtos com organismos geneticamente modificados (OGM) (PIOVESAN; MIRANDA, 2015).

Baseado no exposto acima, podemos observar que a utilização de transgênicos apresenta possíveis riscos e benefícios à saúde. Uma vez que, existe a relação dos transgênicos com o desenvolvimento de doenças, alta toxicidade, reações alérgicas e instabilidades genéticas, assim como aumento do valor nutricional, produção da insulina e do hormônio do crescimento. Entretanto, são poucos os trabalhos que abordam a influência destes elementos com a saúde. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar os produtos transgênicos e informar sobre os possíveis riscos e benefícios que eles podem trazer a saúde.

2. Metodologia

Este trabalho consiste em uma revisão narrativa, que segundo Cordeiro (2007), é aquela que expõe uma temática mais aberta, sem exigir um protocolo rigoroso, levando em conta que a pesquisa dos artigos é aleatória, sujeitando a ocorrência de viés de seleção.

Para a elaboração desta revisão bibliográfica, foram feitas várias pesquisas por meio de fontes da internet e busca manual, utilizando as seguintes palavras chave: Transgênicos, organismos geneticamente modificados, riscos e benefícios à saúde, técnicas de engenharia genética.

As fontes utilizadas para o desenvolvimento foram de origem científica nas áreas de biotecnologia, imunologia e genética, levando em consideração o enfoque dos transgênicos em relação à saúde. As informações foram retiradas de base de dados bibliográficos, como Lilacs, Pubmed, Scielo, Plataforma Ebsco e Ministério da Saúde, publicadas desde o ano de 2002 até o ano de 2015.

Os trabalhos selecionados para a pesquisa seguiram os critérios: artigos publicados em português, espanhol e inglês, artigos que evidenciavam o uso de transgênicos e os riscos e benefícios desta tecnologia à saúde.

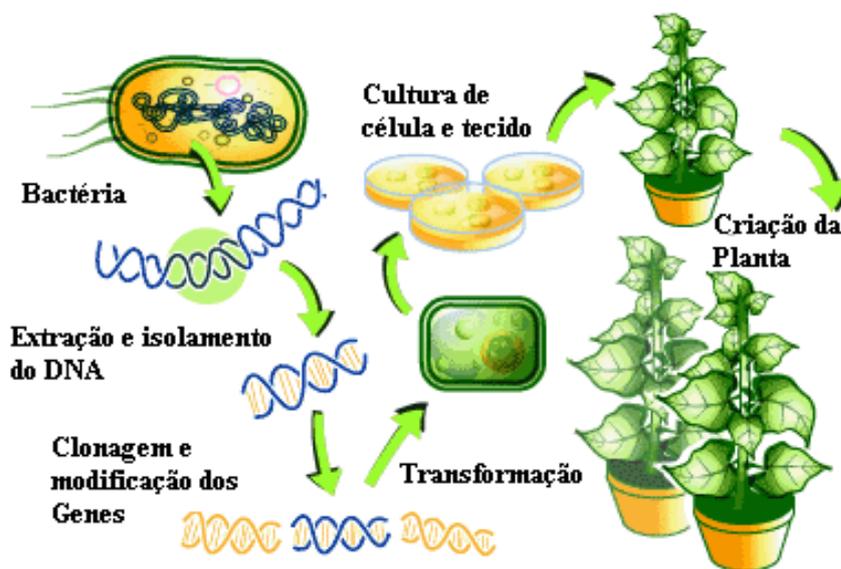
3. Desenvolvimento

Os alimentos transgênicos estão presentes no dia-a-dia dos consumidores há alguns anos. Existem diversos produtos com ingredientes transgênicos, como um hambúrguer que contém soja geneticamente modificada ou uma calça jeans produzida com algodão transgênico. A primeira geração de plantas geneticamente modificadas (GM) procurava o melhoramento de características agrônômicas, diminuindo a perda de produtividade no campo causada pelo ataque de insetos, vírus, fungos e bactérias, além de reduzir a competição por nutrientes e água com outras plantas indesejáveis que crescem nas plantações (CIB, 2009).

Esse progresso da ciência e da tecnologia introduziu grandes resultados nos estudos de biologia molecular, nas indústrias agrícolas, alimentares e farmacêuticas. Um exemplo desse progresso é a tecnologia do DNA recombinante que permite a transferência de genes de um organismo para outro, mesmo se eles estão distantes na cadeia evolutiva e isso seria impossível através do cruzamento convencional, resultando um organismo geneticamente modificado (OGM), também denominado organismo transgênico, que irá conter uma ou mais características modificadas codificadas pelo gene ou pelos genes introduzidos (COSTA et al., 2011).

Pela tecnologia do DNA recombinante, podem ser isolados genes de praticamente qualquer organismo, podem ser caracterizados, modificados e transferidos para outro organismo, onde se expressam em quantidades desejadas em células e tecidos específicos, com a ajuda de promotores adequados (figura 1). Essa transformação genética, principalmente em vegetais, promove a introdução de genes específicos, permitindo um melhoramento nutricional, que seriam impossíveis através do cruzamento sexual ou fusão de gametas (LACERDA, 2006).

Figura 1: Etapas da transformação genética.



Fonte: CABRERIZO (2011).

A engenharia genética vem contribuindo também na área da saúde, para realizar diagnósticos mais rápidos e precisos de algumas doenças e para encontrar a cura. A produção da insulina humana foi uma das primeiras aplicações comerciais de microrganismos transgênicos, antes ela era extraída de porcos e causava reações alérgicas com frequência, hoje a insulina se tornou mais segura e aumentou a eficiência no tratamento de pacientes com diabetes. Vacinas, vitaminas, anticorpos, são mais de 400 medicamentos produzidos por meio da aplicação dos transgênicos (CIB, 2009).

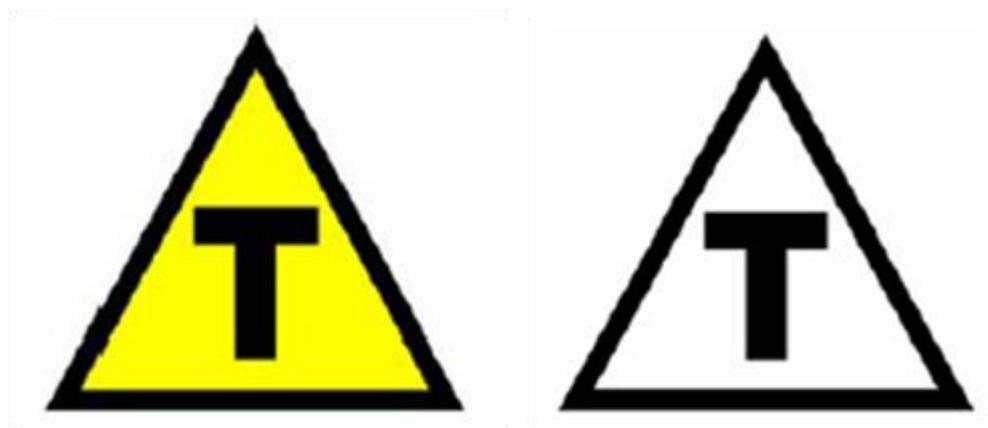
Com o surgimento dos transgênicos, surgiu também a preocupação com a biossegurança que significa o uso sadio e sustentável em termos de meio ambiente de produtos biotecnológicos e suas aplicações para a saúde humana, como suporte ao aumento da segurança alimentar global. Assim, normas adequadas de biossegurança, análise de riscos de produtos biotecnológicos, mecanismos e instrumentos de monitoramento são necessários para assegurar que não haverá danos à saúde humana (NODARI; GUERRA, 2003).

No Brasil, as experiências com o uso de OGM estão menos avançadas, apesar de ser o segundo país do mundo com maior área cultivada com transgênicos. O primeiro produto transgênico importado autorizado pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) foi a soja da multinacional Monsanto (PLAZA, 2013). Na

safrade 2003/2004, o Brasil cultivou soja transgênica RR (*Roundup Ready*), resistente a glicofosfato em uma área de 2,78 milhões de hectares. Em 2011, o cultivo aumentou para 30,3 milhões de hectares, sendo dividido entre o cultivo de soja, milho e algodão transgênicos (GOUVÊA, 2015).

Em 24 de abril de 2003 foi determinado o Decreto n. 4.680, com a criação de um símbolo para a rotulagem de produtos transgênicos, definido também por meio da Portaria do Ministério da Justiça n. 2.658, de 22 de dezembro de 2003, onde determina que todo produto que tiver acima de 1% de OGMs em sua composição deve divulgar essa informação nos rótulos com símbolos específicos, um T preto num triângulo amarelo para alimentos industrializados e num triângulo branco para modificados a granel (figura 2), contudo, muitos produtos alimentares transgênicos ou produzidos a partir de organismos geneticamente modificados são adquiridos e consumidos pela população, sem a devida informação do produto (PELLANDA, 2013).

Figura 2: Símbolos presentes na rotulagem de alimentos transgênicos.



Fonte: BORDON (2011).

A rotulagem de alimentos é regulamentada internacionalmente pelo Codex Alimentarius, que é um programa internacional de normalização sobre os alimentos e sobre os rótulos, foi criado em 1962 por duas organizações das Nações Unidas: A Organização de Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS). As normas Codex abrangem os principais alimentos, sejam estes processados, semiprocessados ou crus e tratam também de substâncias e produtos usados na

elaboração de alimentos, têm como finalidade proteger a saúde da população, coordenando todos os trabalhos que se realizam em normalização de alimentos, protegendo o direito do consumidor à informação (MAPA, 2016). O Brasil faz parte desde a década de 70, foi em 1980 que foi criado o comitê Codex Alimentarius do Brasil (CCAB) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), faz a fiscalização de rotulagem sobre alimentos no Brasil, coordena o controle no sistema de serviços de alimentação, porém a decisão sobre o conteúdo e outras características do rótulo e do Ministério de Justiça (FURNIVAL; PINHEIRO, 2009).

Entretanto, a Câmara dos Deputados em 28 de abril de 2015 aprovou o projeto que dispensa o símbolo amarelo de transgenia nos rótulos de produtos que contenha matéria-prima geneticamente modificada, ao contrário da lei vigente. A proposta é que somente será obrigatório nas embalagens dos alimentos que tiverem acima de 1% de transgênicos na sua composição final, o projeto precisa ainda ser aprovado pelo Senado (MARTINS, 2015).

3.1. Utilização dos Transgênicos na Saúde

3.1.1 Benefícios

O melhoramento pode ajudar no combate a fome e a desnutrição no mundo e alguns exemplos de alimentos que estão sendo pesquisados pelos cientistas (CIB, 2005). Como exemplo temos:

O tomate com mais licopeno, um pigmento vermelho que tem propriedades antioxidantes. A produção de tomates ricos deste pigmento ajudaria, na prevenção do câncer de próstata e doenças do coração. O licopeno é encontrado na próstata humana e possui um eficiente inibidor da proliferação celular, podendo atuar diretamente na função da próstata e na carcinogênese. O licopeno também pode prevenir oxidação da molécula LDL evitando um processo aterogênico e doenças coronarianas (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Arroz com maior teor de betacaroteno cuja produção estimula a produção de vitamina A. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) 250 milhões de crianças em idade pré-escolar consomem uma quantidade insuficiente de betacaroteno, causando 250 a 500 mil casos de cegueira por deficiência de vitamina A, por ano na África e no Sudoeste Asiático. Então com um maior teor de betacaroteno no arroz da

merenda escolar, aumentaria o consumo e conseqüentemente maior produção de vitamina A, prevenindo assim a cegueira por falta dessa vitamina (CIB, 2013).

Grãos com mais adição de vitamina E que ajuda no fortalecimento do sistema imunológico e no retardamento do envelhecimento celular. Sua principal função é a prevenção do dano celular combatendo os radicais livres que destroem a membrana celular (FELÍCIO, 2016).

Já a produção da alface enriquecida com ácido fólico ajuda a prevenir a depressão e problemas na gravidez (SATTLER, 2013). Enquanto que a soja produzida com alto teor de ômega-3 diminui o nível de LDL e triglicérido podendo evitar especialmente doenças cardíacas (CIB, 2009).

Outros transgênicos benéficos são o trigo e feijão com mais ferro; frutas com maior teor de vitamina C e alimentos com menor nível de micotoxinas (CIB, 2005).

O melhoramento genético na saúde contribui não só na alimentação, mas também de outras formas, como vacinas, anticorpos, biofármacos, terapias genéticas, entre outras. As vacinas são as formas mais eficazes de evitar doenças e por isso precisam ser bastante seguras, estáveis e possuir um baixo custo. Existem três gerações de vacinas: A primeira geração de vacina é feita de vírus ou bactérias inativados ou atenuados; a segunda geração de vacinas usam a tecnologia do DNA recombinante, mais seguras e menos chances de ocorrer contaminação no processo de produção; a terceira geração são as vacinas de DNA onde os genes para o antígeno de interesse são identificados e clonados (REIS et al., 2009).

Os linfócitos, células do nosso sistema imunológico produzem anticorpos naturais para defesa do corpo contra corpos estranhos. Com a tecnologia do DNA recombinante surgiram os anticorpos monoclonais e anticorpos policlonais, uma ótima escolha de diagnóstico, pois possuem alta especificidade podendo detectar com precisão substâncias específicas. Os anticorpos monoclonais são produzidos por um linfócito B que é escolhido de maneira artificial e replicado várias vezes como um clone, se ligando apenas a um epítipo de forma única (CORDEIRO et al., 2014). Os anticorpos policlonais apresentam vários clones, se originando de mais de um linfócito B reagindo com inúmeros epítipos do antígeno (LENZ, 2004).

Os biofármacos são fármacos produzidos pela tecnologia do DNA recombinante para a produção de proteínas terapêuticas. Existem os biofármacos de primeira geração que são as proteínas recombinantes com sequência de aminoácidos igual a das proteínas

naturais, utilizadas para reposição ou aumento do nível de proteínas; e existem os biofármacos de segunda geração que são proteínas que passaram por modificações para apontar propriedades terapêuticas diferentes das naturais, sendo possível controlar duração do efeito terapêutico, como na insulina (CASTILHO, 2010).

Outro grande avanço da tecnologia do DNA recombinante foi a terapia gênica que é a inserção de genes nas células teciduais do indivíduo para reparar danos no DNA como genes ausentes ou defeituosos. Um exemplo é introdução de genes humanos em bactérias para produzir proteínas humanas (REIS et al., 2009).

3.1.2 Riscos

Qualquer novo alimento fabricado por outra tecnologia deve ser submetido a requisitos que garantam a sua segurança, como a análise de metabolitos resultantes de sua ação ou degradação. São avaliados também: o potencial alergênico da nova proteína expressa; a digestão e termoestabilidade nos órgãos gástricos e intestinal; análise de taxas de sequencia de aminoácidos da nova proteína comparando com a de alergênicos convencionais e análise de taxas de glicosilação; toxicidade da nova proteína expressa pelo gene introduzido; efeitos posteriores à inserção do gene; risco de mutação do gene pela inserção de um gene com alteração da expressão habitual de outros genes; ativação de alguns genes silenciosos ou pouco expressos (MUNIZ et al., 2003).

Um dos riscos causados pelos alimentos transgênicos é o aumento das alergias, pois alimentos como leite, trigo, nozes, ovos, soja, amendoim e frutos do mar, tem um potencial alergênico por natureza, assim a OMS não aconselha a utilização de genes desses alimentos para testes com transgenia (ALVES, 2004). Alergênicos alimentares são proteínas, podendo ser de genes exógenos ou endógenos. Para avaliar o potencial de alergia de proteínas transgênicas a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) providenciou a comparação das estruturas da proteína nova com alergênicos já conhecidos, alinhando essa sequências de aminoácidos em bases de dados, assim se a fonte do gene for confirmada como alergênica, são realizados testes com o soro de pacientes alérgicos (PELAEZ; ALBERGONI, 2004).

A resistência a antibióticos é outra preocupação que pode ser causada pelo uso dos transgênicos, pois são utilizados genes marcadores de resistência a antibióticos que tem como função selecionar e confirmar se a alteração genética foi feita da maneira planejada e há assim uma discussão de que esses genes continuam sendo expressos no

tecido da planta que ao serem ingeridos, nos alimentos, reduziriam a eficácia dos antibióticos no homem, administrados para combater doenças. Esses genes de resistência poderiam também tornar nulo o efeito de certos antibióticos se transferidos a patógenos humanos. A grande preocupação da Organização Mundial de Saúde (OMS) é de que se os genes resistentes a antibióticos usados em alimentos transgênicos fossem transferidas para bactérias, poderiam resultar no aparecimento de superbactérias e superdoenças (CAMARA et al., 2009).

A contaminação entre culturas transgênicas e não transgênicas, é outro grande risco, pois essa contaminação genética ocorre por polinização cruzada, onde plantas transgênicas podem polonizar plantações não transgênicas a certas distâncias, podendo também contaminar lagos e rios pela chuva e vento. Além da contaminação cruzada existem outros riscos ecológicos como a erosão, efeitos adversos na biodiversidade, entre outros (COSTA et al., 2011).

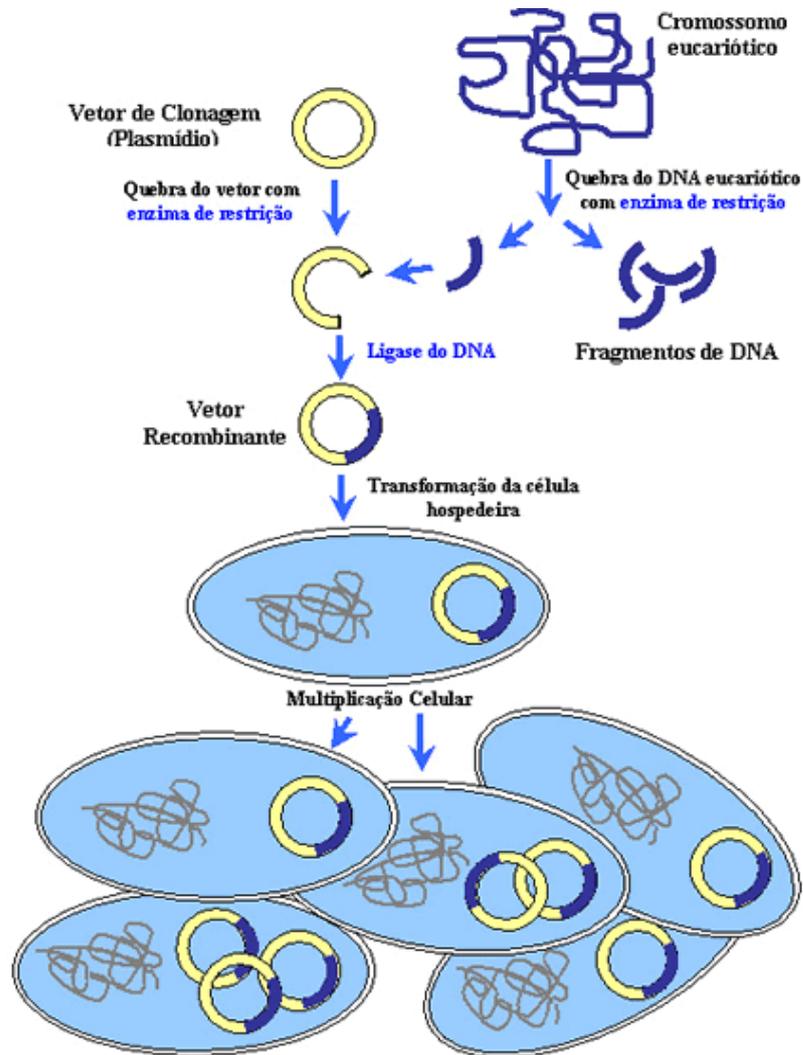
Os potenciais riscos e efeito maléfico ao meio ambiente e a saúde humana pelos produtos transgênicos são avaliados de forma individualizada, assim como a produção e consumo dos transgênicos no Brasil, avaliando os efeitos que são produzidos pelos transgênicos no organismo humano (PELLANDA, 2013).

3.2. Técnicas Empregadas

As técnicas de transformação genética utilizadas pela biotecnologia visam o melhoramento dos campos científicos para oferecer uma melhor aplicação na agropecuária, empresas farmacêuticas e formas terapêuticas (PATERNIANI, 2002).

Nas vacinas recombinantes de segunda geração, os genes que produzem o antígeno de interesse são inseridos a uma molécula transportadora, também chamada de vetor, podendo ser, por exemplo, um vírus de baixa virulência (figura 3). O vetor pode ser usado como vacina, ou no laboratório o antígeno pode ser expresso e purificado e depois injetado. A grande vantagem desta técnica é que o vetor é selecionado de acordo com as características de segurança e reduzindo o custo, a desvantagem é que o custo de desenvolvimento é mais elevado por ter que localizar, clonar e expressar no vetor os genes para o antígeno de interesse (LUNA et al., 2009).

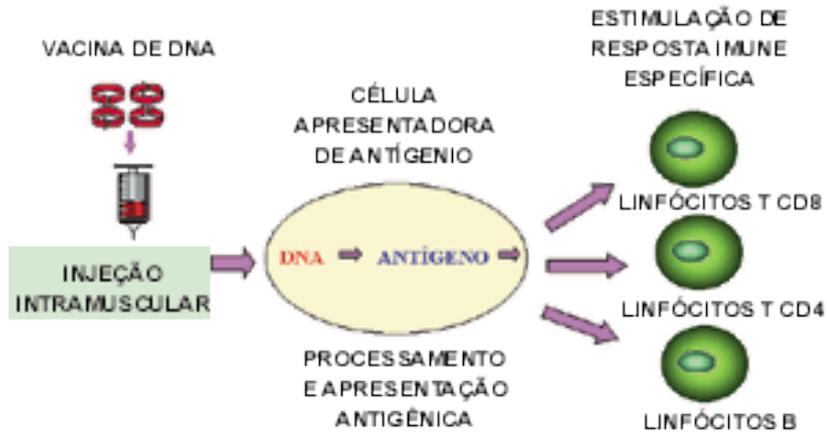
Figura 3: Mecanismo da produção da vacina recombinante.



Fonte: PIRES (2016).

Nas vacinas de terceira geração, ou vacinas de DNA, o DNA é injetado diretamente no músculo do paciente, com uma pistola de ar comprimido que vai espalhar o DNA nas células do tecido. Absorvendo esse DNA, que possui o código do antígeno de interesse, as células musculares passam a expressar esta molécula, obtendo assim a resposta imunológica (figura 4). Como vantagem temos a produção em larga escala com custo reduzido, controle de qualidade simplificado e não precisam ser mantidas refrigeradas, já a desvantagem é o possível efeito negativo da integração do DNA injetado ao genoma hospedeiro (REIS et al., 2009)

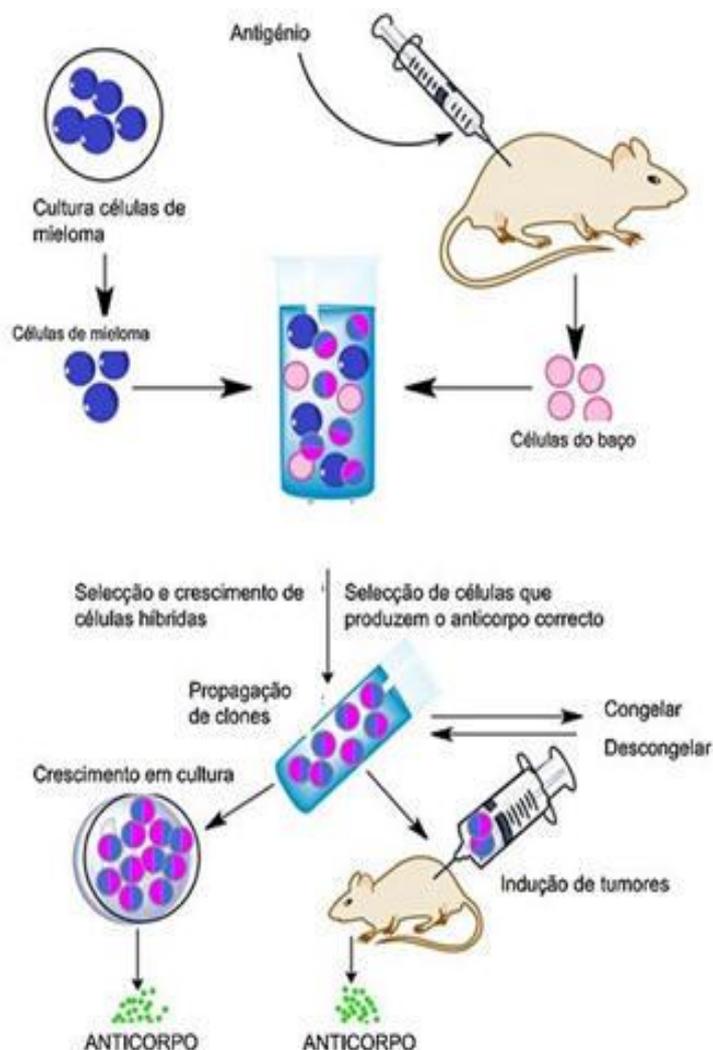
Figura 4: Mecanismo de ação da vacina de DNA.



Fonte: SILVA *et al.* (2016).

Outra técnica é a produção de anticorpos monoclonais, começando com a imunização do animal com antígeno que vai começar a produção de anticorpos de interesse, depois com a retirada dos linfócitos B do baço do animal que produziram o anticorpo de interesse, em seguida há uma fusão com células de mieloma, surgindo assim o hibridoma imortalizado (figura 5), células que possuem características genéticas das duas células utilizadas na fusão, secretando anticorpo contra o antígeno usado como imunizante (CORDEIRO *et al.*, 2014).

Figura 5: Processo de produção de anticorpos monoclonais.



Fonte: SANTO (2014).

Os anticorpos policlonais tem a capacidade de reconhecimento de vários determinantes antigênicos em um mesmo antígeno. Para a produção de anticorpos policlonais o primeiro passo é a escolha de uma espécie animal, pois o anticorpo é obtido no soro desses animais que vão ser infectados ou imunizados, após essa definição é feita a purificação do antígeno para o anticorpo, esse processo será feito através de cromatografia e eletroforese, em seguida há a imunização do animal com antígeno de interesse, injetando no animal o antígeno com um conjunto de substâncias que ativam o sistema imunológico. Após alguns dias é coletado o sangue do animal que passa por centrifugação e tem o plasma sanguíneo separado das células restantes, o anticorpo se encontra no plasma (figura 6). A maior desvantagem é que a resposta

gerada não é uniforme e além dos anticorpos de interesse para o antígeno específico encontramos também anticorpos para outros antígenos (LIMA, 2013).

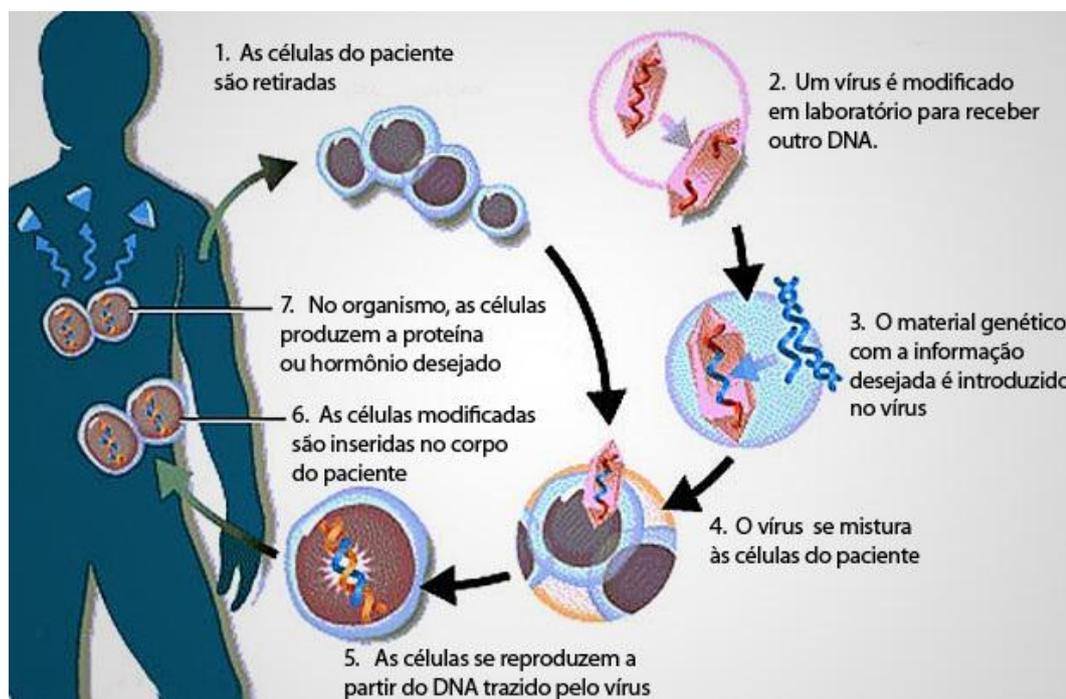
Figura 6: Produção de anticorpos policlonais no soro antipeçonhento.



Fonte: MORAES (2016).

A terapia genética, outra técnica que utilizamos o DNA recombinante, no seu processo tem a substituição de um gene defeituoso, ou insere um gene que esta faltando por um vetor que age infectando com o gene terapêutico as células-alvo, pode acontecer ex vivo com as células modificadas e depois transplantadas para o paciente ou in vivo inoculando o vetor no paciente (figura 7). Existem algumas desvantagens, se o DNA for introduzido de forma errada no genoma poderá trazer alterações no efeito esperado e uma possível rejeição do sistema imunológico (REIS et al., 2009).

Figura 7: Processo da terapia gênica.



Fonte: PIRES (2016).

Essas são algumas das técnicas utilizando os transgênicos na indústria da saúde, o DNA recombinante possui grande importância terapêutica e ajuda no entendimento das causas de algumas doenças, isso facilita na produção de alguns dos fármacos. Com a tecnologia do DNA recombinante também foi possível à redução de custos, e substituindo testes convencionas por testes melhores (ALVES, 2004).

4. Considerações Finais

Os elementos transgênicos são aqueles que têm o genoma modificado por técnicas de engenharia genética que introduz ou elimina parte de DNA de outra espécie. Apresenta uma regulação própria e critérios de biossegurança para sua manipulação e uso. Trata-se de uma tecnologia nova e que precisa de estudos em longo prazo para garantir a segurança dos produtos consumidos e incentivar novos estudos e pesquisas, possibilitando seu avanço.

O uso dos transgênicos nos ramos agrícolas e têxteis já é bem difundido, entretanto, pouco é relatado sobre o seu uso na saúde. Com a tecnologia do DNA recombinante foram descobertas novas possibilidades de diagnóstico e tratamento,

inclusive tratamentos personalizados de acordo com as necessidades de cada paciente. Como riscos temos resistência a antibióticos, contaminação entre culturas transgênicas e não transgênicas, aumento nas alergias, aumento das substancias toxicas e alguns impactos ainda desconhecidos. Já seus benefícios são aumento na produção de alimentos, aumento na resistência contra pragas, ajudar no combate a fome e desnutrição, produção de vacinas, anticorpos, biofármacos, terapias genicas, entre outas.

No entanto ainda existe uma enorme discussão sobre seu uso, argumentos contra e a favor. Isso é uma consequência da falta de informação, tanto dos benefícios como dos riscos dos transgênicos, sendo necessário o aumento da divulgação e da informação sobre esses produtos para uma maior compreensão e entendimento.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, G. S. **A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem.** HOLOS, Ano 20, out. 2004.

ANDRADE, S. R. M. **Transformação de plantas.** Planaltina: Embrapa Cerrados – Documentos 102, v. 1, n.1, p.1-27, dez. 2003.

BORDON, T. **Transgênicos no Brasil e no Mundo.** Rio Grande do Sul, 2011.
Disponível em: <http://tishabordon.blogspot.com.br/2012/06/transgenicos-no-brasil-e-no-mundo.html>.>. Acesso em: 18 abr. 2016.

CABRERIZO, D. **Especial, Alimentos transgênicos. Tem Solução? (parte 2).** 2001.
Disponível em: <https://ciencias4all.wordpress.com/2011/11/24/especialalimentos-transgenicos-solucao-parte-2/>>. Acesso em: 04 mai. 2016.

CAMARA, M. C. C. et al. Transgênicos: avaliação da possível insegurança alimentar através da produção científica. **História, Ciência, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p.669-681, jul./set. 2009.

CASTILHO, L. **Processos biotecnológicos aplicados à área da saúde humana.** In: SEMINARIO EM FARMANGUINHOS, Manguinhos- Rio de Janeiro, maio 2010, p. 1-72.
Disponível em: http://www2.far.fiocruz.br/farmanguinhos/images/stories/leda_castilho.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2016.

CIB (Centro de Informação de Biotecnologia). **Arroz dourado transgênico para ser rico em pró-vitamina A: Salva vidas?** Portugal, 2013.
Disponível em: <https://cibpt.wordpress.com/2013/08/28/arroz-dourado-transgenico-para-ser-rico-em-pro-vitamina-a-salva-vidas/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

CIB (Conselho de Informações Sobre Biotecnologia). **O que você precisa saber sobre transgênicos**. São Paulo, 2009.

CIB (Conselho de Informações Sobre Biotecnologia). **Transgênicos, você tem o direito de conhecer**. São Paulo, 2005.

CGM (Centro de Genética Molecular). **O que são transgênicos?** Minas Gerais, 2016. Disponível em: <http://www.cgm.icb.ufmg.br/oquesao.php>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

CORDEIRO, M. L. S. et al. Anticorpos monoclonais: implicações terapêuticas no câncer. **Revista Saúde e Ciências Online**, v. 3, p. 252-262, set. /dez. 2014.

COSTA, T. E. M. M. et al. Avaliação de risco dos organismos geneticamente modificados. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p.327-336, jan. 2011.

FARIAS, S. C. G. et al. Percepção dos Alunos da Universidade do Rio de Janeiro sobre a Produção e o Consumo de Transgênicos no Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 84-94, abr. 2014.

FELÍCIO, C. **Sistema imunológico e alimentação**. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutrição Sustentável - ConseaSP, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.consea.sp.gov.br/noticia.php?id=270#.Vxp6y9QrIdU>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

FURNIVAL, A. C; PINHEIRO, S. M. O público e a compreensão da informação nos rótulos de alimentos: o caso dos transgênicos. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 7, n., p. 01-19, jul. /dez. 2009.

GUERRA, M. P; NODARI, R. O. Impactos ambientais das plantas transgênicas: as evidências e as incertezas. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Posto Alegre, v. 2, n. 3, jul. /set. 2001.

GOUVÊA, H. R. **Adequação da Rotulagem de Alimentos Transgênicos no Brasil baseada na legislação vigente**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2015.

LACERDA, A. L. S. **Plantas Transgênicas**. 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/transgenicos/index>. Acesso em: 30 abr. 2016.

LENZ, G. **Métodos imunológicos**. Biofísica, 2004. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/biofisica/Bio10003/MIMUNO.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

LIMA, T. G. **Produção e avaliação de anticorpos policlonais para vírus bovinos**. 2013. Dissertação (Pós-graduação) do programa de estudos em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, 2013.

LUNA, E. J. A. et al. Eficácia e segurança da vacina hepatite B em recém-nascidos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.43, n.6, p.1014-1020, 2009.

MARINHO, C. L. C. **Discurso polissêmico sobre plantas transgênicas no Brasil: estado da arte.** 2003. Tese (Doutorado) da Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz, Rio de Janeiro, 2003.

MARTINS, L. **Senado faz enquête sobre projeto de selo transgênico em rótulos de alimentos.** ZH Notícias, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/05/senado-faz-enquete-sobre-projeto-de-selo-transgenico-em-rotulos-de-alimentos-4768353.html> >. Acesso em: 13 abr. 2016.

MORAES, P. L. **Soro anti-peçonhento.** Mundo Educação, 2016. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/soro-anti-peconhento.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

MUNIZ, C. R. et al. Alimentos transgênicos: Segurança, riscos alimentares e regulamentações. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p.209-222, jul. /dez. 2003.

NODARI, R. O; GUERRA, M. P. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). **Revista Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 1, p.105-116, jan. /mar. 2003.

PATERNIANI, E. Uma percepção crítica sobre técnicas de manipulação genética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, São Paulo, v.1, n.1, p.77-84, 2002.

PELAEZ, V; ALBERGONI, L. Barreiras técnicas comerciais aos transgênicos no Brasil: A regulação nos estados do sul. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v.32, n.3, p.201-230, nov. 2004.

PELLANDA, P. S. P. A sociedade de risco e o princípio da informação: Uma abordagem sobre a segurança alimentar na produção de transgênicos no Brasil. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 10, n. 19, p. 89-114, jan. /jun. 2013.

PIOVESAN, E; MIRANDA, T. **Aprovado projeto que dispensa símbolo da transgenia em rótulos de produtos.** Câmara dos Deputados, Brasília, 2015. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CONSUMIDOR/486822-APROVADO-PROJETO-QUE-DISPENSA-SIMBOLO-DA-TRANSGENIA-EM-ROTULOS-DE-PRODUTOS.html> >. Acesso em: 16 mar. 2016.

PIRES, B. **Tecnologia do DNA recombinante.** Sou Mais Enem Biologia, 2016. Disponível em: <http://soumaisenem.com.br/biologia/engenharia-genetica/tecnologia-do-dna-recombinante>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

PIRES, B. **Terapia genética (geneterapia).** Sou Mais Enem Biologia, 2016. Disponível em: <http://soumaisenem.com.br/biologia/engenharia-genetica/terapia-genetica-geneterapia>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

PLAZA, C. M. C. A. **Das patentes aos royalties – O caso da soja transgênica da Monsanto.** Revista de Propriedade Intelectual – Direito Contemporâneo e Construção, Aracajú, Ano II, Edição nº 03/2013, p.001 a 040, jun. 2013.

REIS, C. et al. Biotecnologia para saúde humana: Tecnologias, aplicações e inserção na indústria farmacêutica. **BNDS Setorial**, Rio de Janeiro, n.29, p. 359-392, mar. 2009.

SANTO, O. M. L. E. **Unidade III – Imunidade e controle de doenças**. Colegio Vasco da Gama, Portugal, 2014.

Disponível em: <http://colegiovascodagama.pt/ciencias3c/doze/unidade3.html>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

SATTLER, A. **Embrapa desenvolve alface transgênica que auxilia na prevenção de doenças**. Canal Rural, Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/embrapa-desenvolve-alface-transgenica-que-auxilia-prevencao-doencas-33053>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

SHAMI, N. J. I. E; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n. 2, p.227-236, abr./jun. 2004.

SILVA, C. L. et al. **Biotecnologia e vacinas gênicas**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/tuberc/tuberc8.htm>>. Acesso em: 12 mai. 2016.