
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GUILHERME RODRIGUES MURA

ABORDAGEM E CONSIDERAÇÕES DE *Zea mays* QUANTO A HISTÓRIA, BIOLOGIA E ATUALIDADES



Rio Claro
2016

GUILHERME RODRIGUES MURA

ABORDAGEM E CONSIDERAÇÕES DE *Zea mays* QUANTO A
HISTÓRIA, BIOLOGIA E ATUALIDADES

Orientador: PROF^a DR^a MARCIA REAMI PECHULA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2016

630 M972a Mura, Guilherme Rodrigues
Abordagem e considerações de Zea mays quanto a
história, biologia e atualidades / Guilherme Rodrigues Mura. -
Rio Claro, 2016
63 f. : il., figs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências
biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Biociências de Rio Claro
Orientadora: Marcia Reami Pechula

1. Agricultura. 2. Milho. 3. Botânica. 4. Antropologia. 5.
Transgênicos. I. Título.

A meu avô, Cândido Rodrigues (1913-2009)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Adair e Silvia, pelo esforço, incentivo e apoio constantes na minha vida e educação.

Aos amigos Pedro, Ian e Rodolfo, que mesmo em partes distintas do país, sempre estiveram presentes.

Aos amigos do período da faculdade: Diogo, Marcos, Ivan, Vinícius, Luís, Bianca e Rafael, pelos vários bons momentos que compartilhamos.

À amiga Tarsila, por me apoiar em todos os momentos.

Ao amigo Tiago, pelos 11 anos de amizade e presença.

Finalmente, mas não menos importante, à Prof^a Dr^a Marcia Reami Pechula, por seu conhecimento, incentivo, atenção e principalmente paciência, que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Sua orientação foi para a vida no geral, e eu não poderia estar mais grato. Agradeço imensamente por ter acreditado em mim.

*The grass was greener
The light was brighter
The taste was sweeter
The nights of wonder
With friends surrounded
The dawn mist glowing
The water flowing
The endless river*

Forever and ever.

(P. Sampson, 1994)

RESUMO

Esta produção textual apresenta uma contextualização sobre os diferentes aspectos que envolvem a espécie *Zea mays* (milho), através de sua história tanto biológica quanto envolvida com a humanidade através dos séculos, sendo composta por três seções principais: A primeira apresenta ao leitor as características biológicas do milho como espécie, abordando-se toda a sua composição (taxonomia, morfologia, fisiologia), além dos fatores genético-evolutivos que levaram ao surgimento do que hoje se conhece como milho propriamente dito, sendo consideradas as principais hipóteses para tal fenômeno. A segunda, por sua vez, aborda as questões de distribuição geográfica (tanto nos dias atuais como em caráter ancestral) e da domesticação da espécie pelos diversos povos nativos das Américas, inserindo-se a importância sociocultural para as mesmas; a terceira, por fim, promove uma síntese sobre como o milho se insere nas questões atuais de alimentação mundial, economia e de controvérsias quanto aos OGMs (organismos geneticamente modificados), uma vez que a espécie é uma das principais nos quais tal tratamento é feito. A relação do milho com a humanidade não se quebrou desde a sua domesticação por civilizações nativas das Américas Central e do Sul. Desta forma, é bastante importante apresentar sua história, desenvolver análises e divulgar informações que permitam que tal relação continue a prosperar, principalmente no que se diz à mesma no século XXI.

Palavras-chave: Milho. Agricultura. Botânica. Morfologia. Taxonomia. Genética. Antropologia. Biotecnologia. Transgênicos. Direito à informação. Riscos do desenvolvimento.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1. A BIOLOGIA DE <i>Zea mays</i>: ASPECTOS MORFOANATÔMICOS, TAXONÔMICOS E EVOLUTIVOS	14
1.1. Introdução e morfoanatomia	14
1.2. Abordagem taxonômico-evolutiva	23
2. A CONCEITUAÇÃO DO MILHO NAS AMÉRICAS	31
2.1. Distribuição geográfica	31
2.2. Sobre a domesticação	32
2.3. Caracteres antropológicos e sociais	34
3. ASPECTOS SOBRE O MILHO NA ATUALIDADE	42
3.1. Produção e questões quanto ao futuro	42
3.2. Variação genética e o aumento da produtividade.	46
3.3. Análise dos OGMs e do milho transgênico	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61

INTRODUÇÃO

O presente texto caracteriza o estudo voltado à produção do TCC para conclusão do curso de Ciências Biológicas, a fim de possibilitar a obtenção do título de Bacharel, sendo desenvolvido por mim, aluno Guilherme Rodrigues Mura, junto ao Deptº de Educação do câmpus de Rio Claro, sob orientação da Profª Drª Marcia Reami Pechula.

Para, primeiramente, obtermos uma visão acurada de como o complexo sistema biológico da Terra está estabelecido e funciona, precisamos nos estabelecer em uma escala de tempo formada não por dias, meses ou anos, mas por eras. Tal divisão permite um estudo amplo e bastante preciso de como o surgimento e desenvolvimento da vida na Terra ocorreu. Assim, desta forma, podemos delinear a história das espécies vegetais por si só, e, também acompanhando a nossa própria.

A convenção científica para a organização e divisão das eras geológicas está estabelecida sobre o parâmetro de sucessão de camadas de rochas. A análise de tais camadas permite obter informações não apenas sobre a evolução das estruturas do planeta, mas também sobre a evolução dos organismos. Os registros da biocenose (conjunto de seres vivos de um determinado ecossistema) são compostos por fósseis e de impressões das estruturas dos organismos, sendo o segundo caso bastante comum tratando-se de espécies vegetais. Impressões de folhas e flores contribuem em muito para a compreensão de como os diferentes grupos de plantas foram se ramificando e se diversificando conforme as eras.

Seguindo tais registros, é notável o surgimento de formas de vida mais complexas no decorrer das eras. Tal fato se reflete, dentre diversos fatores, nos aumentos de oxigênio atmosférico causados pelo estabelecimento de uma flora terrestre.

Desta forma, “a vida na Terra como se conhece hoje só se tornou possível pela própria vida das plantas, assim também desempenhando um papel dinâmico na formação de nossa história” (LAWS, 2013, p. 6). Segundo Laws (2013, p. 6), “Enquanto elas vêm colonizando o planeta por 470 milhões de anos, a nossa própria linha do tempo se comprime em um passado relativamente recente”.

“As plantas sempre nos forneceram combustível, alimento, abrigo e remédios” (LAWS, 2013, p. 7). Considerando-se a imensa variedade de espécies vegetais dispersas pelo planeta, todas as comunidades e civilizações humanas que já passaram e que atualmente estão no planeta foram e são dependentes das mesmas. Além das formas diretas de fornecimento e consumo, plantas como gramíneas (Poaceae), por exemplo, são alimento para os animais de práticas pecuárias, que por sua vez são utilizados como alimento para os seres humanos. Espécies como o trigo (*Triticum aestivum*), o arroz (*Oryza sativa*), a batata (*Solanum tuberosum*) e as diversas variedades de abóboras (*Curcubita* sp.) são fontes alimentares bastante ricas em nutrientes, cada uma com sua história intrinsicamente ligada às civilizações de seus centros de origem e posteriormente, às civilizações em escala global; a valeriana (*Valeriana officinalis*), utilizada desde os tempos do Império Romano como sedativo e analgésico, a dedaleira (*Digitalis purpurea*), da qual se extrai a digitalina, princípio ativo de medicamentos para males cardíacos, e a quina (*Cinchona* spp.), utilizada para o tratamento da malária, exemplos pontuais na imensidão de plantas medicinais disponíveis na história da civilização; o papiro (*Cyperus papyrus*), utilizado pelos antigos egípcios para registrar sua história, seus mitos e os funcionamentos de sua sociedade; o chá (*Camellia sinensis*) e o café (*Coffea arabica*), que contribuíram para o contato entre Ocidente e Oriente; o algodão (*Gossypium hirsutum*), utilizado na fabricação de tecidos; a soja (*Glycine max*), atualmente utilizada principalmente para alimentação animal; as espécies oleaginosas, como o girassol (*Helianthus annuus*), a oliveira (*Olea europaea*), assim como a própria soja; a cevada (*Hordeum vulgare*) e o lúpulo (*Humulus lupulus*), responsáveis pela produção da cerveja, e a uva vinífera (*Vitis vinífera*), pela produção do vinho, as duas bebidas fermentadas mais popularizadas e consumidas pela humanidade; além dos depósitos de plantas soterradas no decorrer das eras geológicas que colaboraram para a formação das reservas finitas de combustíveis fósseis, que atualmente consumimos de maneira desenfreada.

Tal utilização sem considerações pela manutenção do meio ambiente está levando a consequências sérias a longo prazo. A emissão de gases estufa gradualmente leva a um aumento nas temperaturas globais, desencadeando efeitos de desequilíbrio ambiental com impactos diretos nas espécies. O desmatamento de florestas, principalmente as tropicais, para obtenção de madeira, é outra atividade

destrutiva severa, que afeta todo o sistema de interações ecológicas de tais áreas, e também contribui para alterações no clima em escala não apenas local, mas também global. Segundo Laws (2013, p. 7), “Estamos abusando das plantas e, conseqüentemente, de nosso planeta”.

Além das duas causas antrópicas apresentadas, o desenvolvimento das atividades agrícolas e pecuárias é o terceiro fator de importância em grande escala no que se diz ao impacto ao meio ambiente. Segundo McNeely e Scherr (2009, p. 96-97), “o impacto mais significativo da agricultura na biodiversidade é, decididamente, a conversão de florestas altamente diversificadas e outros habitats naturais em pastagens ou em sistemas agrícolas muito mais simples”. Além disso, outros fatores relacionados ao aumento das áreas agrícolas como a drenagem de terras úmidas, a poluição por pesticidas e fertilizantes (tanto orgânicos como inorgânicos), a erosão e degradação do solo, e a redução da polinização e de sementes dispersadas (McNEELY; SCHERR, 2009, p. 112-126) propiciam impactos fortes quanto ao declínio de espécies vegetais. Estamos, segundo Beerling (2007 apud LAWS, 2013, p. 7), “realizando um experimento global descontrolado que certamente irá alterar o clima para as futuras gerações. As plantas [...] são um fator importante no drama ambiental do aquecimento global agora, como foram no passado recente e mais distante”. Laws (2009, p. 7) conclui o capítulo de introdução de seu livro com uma direta e impactante frase: “Os perigos da destruição de nossas plantas poderiam alterar para sempre o curso da história”.

Já se estando apresentada a característica intrínseca entre a história das plantas e a humanidade, precisamos prosseguir quanto ao desenvolvimento de tal fenômeno. No princípio, as comunidades humanas apresentavam quantidades pequenas de indivíduos e se caracterizavam por hábitos nômades. Conforme se movimentavam e se dispunham através das áreas, levavam consigo partes de plantas que utilizavam como alimento, medicamentos e para usos práticos. Além disso, entravam em contato com várias espécies, algumas já conhecidas, outras novas. Através de observação, testes e experiência, podiam chegar a conclusões quanto a tais espécies, sendo que algumas levavam a efeitos positivos, outras a efeitos negativos. Desta forma, podiam selecionar aquelas que traziam benefícios para as mais variadas necessidades. Tal sequenciamento de observações, testes e informações empíricas é o fundamento básico da ciência.

A seleção de espécies faz parte do **processo de domesticação** das plantas, o qual “[...] tem um relacionamento direto de interação com o homem, pois é um processo que envolve mudanças mútuas entre os dois grupos” (EMBRAPA, 2008, p. 39). A domesticação das plantas

[...] pode ser considerada como um dos processos mais importantes relacionados com a história dos seres humanos no planeta, por ter permitido ao homem a possibilidade de selecionar e, posteriormente, cultivar espécies para o seu próprio consumo. Sendo assim, a domesticação das espécies foi decisiva na mudança do comportamento humano e, dessa forma, pode ser considerada um pré-requisito para o surgimento das civilizações. (EMBRAPA, 2008, p. 39).

Como definir o processo de domesticação per se? Sob uma análise simples, nota-se que os princípios básicos são a seleção de características favoráveis pelas atividades humanas, ocasionando em mudanças genéticas e, conseqüentemente, fenotípicas, na espécie, “[...] transformando formas silvestres em domesticadas” (EMBRAPA, 2008, p. 41). De maneira geral, Evans (1993 apud EMBRAPA, 2008, p. 40) descreve a domesticação como “[...] um processo de modificação do genótipo de maneira contínua, evolutiva, efetuado inconscientemente pelo homem”. Assim, através de tais procedimentos, se situava o fenômeno de **seleção artificial**.

Rindos (1984 apud EMBRAPA, 2008, p. 42) apresentou três formas para o processo de domesticação: **incidental, especializada e agrícola**. “A domesticação incidental é resultado da seleção inconsciente de algumas plantas sobre outras, por causa do consumo humano [...]” (EMBRAPA, 2008, p. 42)

Em uma análise resumida, é possível inferir que a domesticação incidental seja uma consequência direta da alimentação humana [não apenas, visto que também existem utilizações práticas para as plantas]. A domesticação especializada ocorre quando as pessoas afetam o ambiente de maneira tal que, indiretamente, beneficiam as plantas domesticadas [tal como a permanência e manutenção de comunidades em uma determinada área por um certo período]. A seleção das características na planta, que permitem o desenvolvimento de um processo simbiótico entre humanos e plantas, confere o início do sistema agrícola de fato, estabelecendo a domesticação agrícola [plantio e cultivo das espécies domesticadas, considerando-se seu ciclo de vida]. (EMBRAPA, 2008, p. 43-44).

Conforme as comunidades foram crescendo e se situando de forma fixa em espaços de terra, os hábitos também foram se alterando. As simples tarefas de coleta já não eram mais suficientes para a manutenção dos grupos de indivíduos. A demanda

pedia por uma disposição permanente ou semipermanente de espécies para o abastecimento contínuo das reservas de suprimentos. Esse requisito propiciou o desenvolvimento do cultivo e a formação e as posteriores evoluções das técnicas que permitiam a sua manutenção. Aqui atingimos um divisor de águas na humanidade – o surgimento da agricultura. Essa hipótese é defendida por Harlan (1992 apud EMBRAPA, 2008, p. 52), que também defende a possibilidade de não haver um modelo geral, sugerindo que “[...] algumas plantas possam ter sido domesticadas segundo uma teoria, enquanto outras seguiram outro modelo, não havendo, portando a existência de um modelo universal”. A agricultura levou ao desenvolvimento da humanidade como se conhece hoje e não seria possível haver uma continuidade para a mesma caso a produção fosse interrompida por algum fator. Ela

[...] tem desempenhado um papel central no sucesso da espécie humana, possibilitando que sua população se expanda para muito além do que seria possível apenas com a caça e a coleta. (McNEELY; SCHERR, 2009, p. 64).

Ademais,

A prosperidade do século XX foi garantida, em parte, por um abastecimento constante e crescente de alimentos, o que possibilitou não apenas atender à demanda de uma população em rápida expansão como também o acúmulo de excedentes de alimentos em uma escala nunca antes atingida. A produção agrícola acelerou em alta velocidade por causa de sementes melhoradas, uso generalizado de químicos, moderna maquinaria agrícola e sistemas de transporte aperfeiçoados. (McNEELY; SCHERR, 2009, p. 27).

Nos dias de hoje, é seguro afirmar que boa parte das áreas onde se instala ou onde se planeja instalar um sistema agrícola está destinada a produção de monoculturas. Tais cultivares representam uma força considerável no comércio mundial, sendo capazes de determinarem o equilíbrio das economias dos países envolvidos no mesmo. Muito do PIB (Produto Interno Bruto) de diversos países, inclusive o Brasil, apresenta uma grande fatia representada pelas monoculturas, sendo o País um exportador de grande porte, sendo uma das principais atividades a venda de soja para a China. Além da soja, outros exemplos de monoculturas importantes no século XXI são: a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), o algodão, o girassol, o trigo, o arroz... e o milho (*Zea mays*).

Conforme Laws (2013, p. 2010) apresenta, “Depois do arroz e do trigo, o milho é o terceiro cereal mais importante do planeta”. Em 2002, foi cultivado em

aproximadamente 139 milhões de hectares, se tornando a terceira espécie mais cultivada no mundo (BENNETT, 2004 apud EMBRAPA, 2008, p. 577). No Brasil, “[...] foi cultivado [...] em cerca de 13 milhões de hectares, produzindo em torno de 42,5 milhões de toneladas” (INDICADORES DA AGROPECUÁRIA, 2008 apud EMBRAPA, 2008, p. 577).

O milho apresenta uma versatilidade incrível como alimento, podendo ser cozido, transformado em farinha, fubá, incorporado em pães, transformados em cereais de café da manhã, consumido como pipocas (LAWS, 2013, p. 211), polentas, e inclusive como ingrediente em cervejas, uma atividade comum no Brasil e que apresenta avaliação negativa por parte de muitos consumidores.

Suas outras contribuições para o cenário econômico mundial são representadas por sua colheita para a produção de etanol nos Estados Unidos, e por sua utilização como alimento na pecuária, principalmente de aves e suínos. A lavoura de milho

[...] é de extrema importância dentro do sistema de agroindústria brasileiro. Essa espécie apresenta importância fundamental não só por ser uma das principais fontes de alimento humano e animal, mas também por ter sido alvo de intensa pesquisa científica, a qual vem contribuindo para o aperfeiçoamento das técnicas empregadas em outras culturas de valor econômico. (EMBRAPA, 2008, p. 577-578).

Desta forma, pode-se claramente ver a importância que o milho tem representado para a humanidade. Desde sua domesticação por civilizações nativas das Américas, passando por sua introdução na Europa, e chegando ao panorama dos dias de hoje, a espécie provocou impactos importantes por todos esses períodos históricos. O milho, em suma, “[...] acabou se mostrando um dos grandes modificadores da história” (LAWS, 2013, p. 215).

Os objetivos deste trabalho estão em se descrever com precisão a biologia e história natural da espécie, juntamente com caracteres antropológicos das comunidades e civilizações nativas a terem contato com o milho, e por fim se chegar a abordagens sobre as questões da utilização do milho para a atualidade, promovendo questionamentos e discussões sobre a forma atual de plantio e produção, a questão quanto a variedades híbridas *versus* raças naturais, e, por fim, sobre a controversa utilização de milho geneticamente modificado, que cada vez mais tem tido espaço na geração de produtos derivados para uma série de fins. Espera-se que a leitura desta

produção contribua como fonte de consulta de forma didática para informações relevantes sobre o assunto para pesquisas, aulas e demais trabalhos, e que promova questionamentos adicionais sobre o assunto.

Através de leitura e análise de livros, artigos e fontes adicionais como periódicos e matérias, a produção do trabalho se dá nos moldes dissertativos, adquirindo-se através dos mesmos as informações necessárias para o desenvolvimento de cada parte temática e suas devidas considerações.

1. A BIOLOGIA DE *Zea mays*: ASPECTOS MORFOANATÔMICOS, TAXONÔMICOS E EVOLUTIVOS

1.1. Introdução e morfoanatomia

Considerando-se a ampla versatilidade das utilizações do milho para a humanidade, estas situadas em suas bases no capítulo anterior, é fundamental que seja feita uma descrição biológica da espécie. A botânica da planta de *Zea mays* permite identificar a proveniência de suas propriedades – estrutural e fisiologicamente – aproveitadas pelo homem, e representa o aspecto natural mais imediato da espécie.

A planta do milho é universalmente conhecida pelas populações dos lugares nos quais seu plantio é feito. Não é um exagero afirmar que, sujeita à observação ou a uma apresentação ilustrativa de um milharal, praticamente qualquer pessoa de tais populações seja capaz de identificar com acurácia de qual planta se trata. Os vastos corredores de plantação de milho são uma imagem bastante comum em muitos desses lugares, se tornando parte intrínseca deles, dentre eles o Brasil. Desta forma, a descrição de cada uma das partes que compõem a planta é uma tarefa que envolve um grau simples de atenção, sendo capaz de ser feita com precisão por uma pessoa leiga. E atualmente, apenas pessoas residentes em populações bastante remotas, sem contato com a globalização do século XXI, não reconheceriam uma espiga de milho, dado a sua inserção global no decorrer das eras.

Como todo organismo, a planta de *Zea mays* é um sistema biológico. Considerando-se que todo sistema pode ser dividido em partes individuais e nas inter-relações das mesmas, o mesmo pode ser feito para a estrutura da planta. Morfologicamente,

É uma planta anual de raízes fasciculadas, cujo caule apresenta também a propriedade de originar raízes adventícias. O caule é um colmo maciço disposto de uma medula branca e cheia de açúcar. Uma bainha foliar ocorre em cada nó, sendo ligulada, em formato de faixa e linear, com enervações paralelas. É uma planta monoica cujas flores masculinas nascem na extremidade do caule, antes das femininas, formando um pendão aciculado. A flores femininas nascem na axila das folhas localizadas na direção do ponto médio do colmo, e são agrupadas em fileiras ao redor de uma raque espessa, cilíndrica, esponjosa e alveolada [...]. As flores femininas são sésseis, assim essa inflorescência na verdade é um amentilho feminino real que é usualmente conhecido como espiga [...]; esta é protegida por grandes brácteas papiráceas que são usualmente conhecidas como a palha do milho [...]. Cada flor feminina termina em um estilete filiforme piloso e

bastante longo (a partir de 15 centímetros); os estiletes de todas as flores surgem através do fim das brácteas e são primeiramente verdes, se tornando avermelhadas na maturidade, e são conhecidas como o cabelo do milho [...]. (CENDRERO, 1943 apud BONAVIA, 2013, p. 6, tradução nossa).

Uma vez apresentados o motivo de se estudar a espécie, sua importância, o fator de casualidade do conhecimento e reconhecimento pelas populações do milho e sua descrição morfoanatômica, é obrigatório que sua primeira aparição ilustrativa nesta produção seja finalmente feita. Com honra, abaixo, a planta do milho.

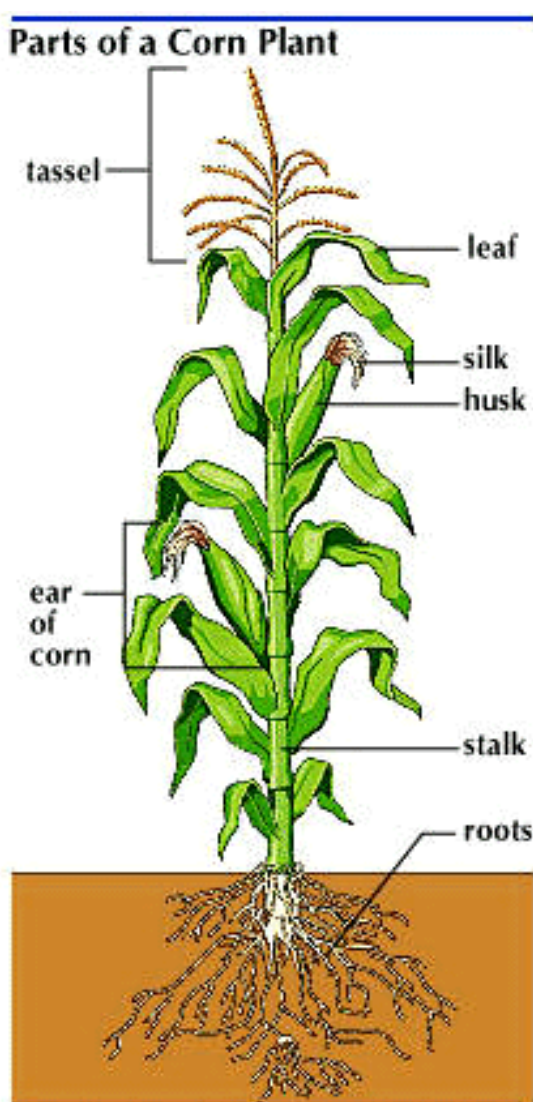


Figura 1 – Esquema ilustrativo da morfologia de uma planta de milho.

Fonte: Britannica Online for Kids¹. Legenda: *ear of corn* – espiga; *husk* – palha do milho; *leaf* – folha; *roots* – raízes; *silk* – cabelo do milho; *stalk* – caule; *tassel* – pendão.

A planta de *Zea mays* apresenta altura média de 1,5 a 1,8m (LAWS, 2013, p. 210), podendo atingir até dois metros (SILVA, 1997, p. 132). Como previamente apresentado, a inflorescência masculina surge previamente à feminina. Tal fator, mediado pela genética e, conseqüentemente, pela maquinaria da seleção natural, propicia que não ocorra autofertilização – isto é, a produção de sementes com o mesmo *pool* gênico do indivíduo parental. Na natureza, é importante que haja uma variabilidade genética ampla, afim de aumentar a quantidade de caracteres dentro do *pool* gênico de uma população e/ou espécie, propiciando a manutenção e o surgimento de características que as favorecem, estas podendo ser, por exemplo, estruturais, fisiológicas, defensivas, atrativas a polinizadores. Em várias espécies, a seleção natural ocorrente da polinização cruzada foi e é um meio de se evitar o surgimento de indivíduos desfavoráveis para a continuidade da população ou espécie, devido à combinação de materiais genéticos muito similares. Conforme o conceito apresentado pelo biólogo inglês Richard Dawkins, em seu clássico da literatura científica *O Gene Egoísta*, todos os organismos são “apenas” compartimentos para os genes, os quais precisam certificar a manutenção de sua continuidade. É um conceito um tanto fatalista, porém em seu princípio é realmente preciso.

Silva (1997, p. 132) descreve a morfologia da inflorescência masculina de forma bastante compreensiva, detalhando suas partes, assim revisando-se a ideia de que todo sistema pode ser “desmontado” e analisado:

A inflorescência masculina pode atingir de 50 a 60 cm de comprimento, possuindo coloração variável, podendo ser esverdeada, marrom ou vermelho-escura. Cada flor masculina é constituída de três estames protegidos por duas formações membranosas chamadas lema e pálea. Dois desses conjuntos são protegidos por plumas formando uma espiguetta que, em grupo de duas, são inseridas nos ramos da inflorescência.

¹ Disponível em <<http://kids.britannica.com/comptons/art/print?id=53137&articleTypeId=0>>. Acesso em: 28 jun. 2016.



Figura 2 – Fotografia da inflorescência masculina (pendão) da planta de *Zea mays*.

Fonte: SILVA, 1997, p. 138.

Devido à polinização anemófila (pelo vento), é um exercício simples de lógica indutiva afirmar que a planta de *Zea mays* produz uma grande quantidade de pólen. Os mecanismos evolutivos naturais – e artificiais provocados pelos seres humanos no processo de domesticação do milho – selecionaram indivíduos que eram capazes de produzir maiores quantidades de pólen afim de assegurar uma maior probabilidade de o material genético masculino encontrar flores femininas, devido à grande perda ocorrente pela dinâmica das correntes de vento. E realmente, como Brewbaker (2003, p. 17) apresenta, “O pendão libera até quatro milhões de grãos de pólen em um período de três dias, e poucos desses grãos vivem mais do que duas horas”.

A peça restante da maquinaria do sistema reprodutivo é a inflorescência feminina – e seu funcionamento. O grão de pólen, ao se encontrar com o estigma desta, prolonga uma estrutura – o tubo polínico – para o interior do estilo, até atingir o ovário, onde o material genético masculino se encontra com material genético do

óvulo, ocorrendo a fertilização. A inflorescência feminina é a espiga propriamente dita, a qual é

[...] constituída por um eixo (sabugo) com reentrâncias nas quais se desenvolvem as espiguetas. Cada espiguetas compõe-se de duas flores, uma fértil e outra estéril, e é recoberta por um par de glumas. O conjunto estilo-estigma é que vem a constituir o cabelo [...] do milho. (SILVA, 1997, p. 132).

A imagem das espigas com o cabelo de milho avermelhado projetado através de sua parte superior é parte do cotidiano de muitas populações rurais, não apenas no que se diz à produção agrícola, mas também à cultura, uma vez que são utilizadas como brinquedos por crianças, representando bonecas. O conceito cultural do milho, não apenas este simples exemplo, se originou com a agregação da planta às civilizações que a domesticaram, sendo cultuado por suas propriedades e representações relacionadas ao divino, como será posteriormente abordado.



Figura 3 – Fotografia da inflorescência feminina (espiga) da planta de *Zea mays*.

Fonte: SILVA, 1997, p. 133.

Estando assim apresentadas ambas as partes do sistema reprodutivo, é necessário prosseguir com o elemento originado de sua interação. Elemento este o responsável pelos motivos pela domesticação, utilização e globalização de *Zea mays* – a espiga de milho madura, contendo os grãos tão amplamente utilizados pela humanidade desde as civilizações pré-colombianas das Américas. A planta contém até duas espigas, sendo colhidas manualmente (LAWS, 2013, p. 210) pelos agricultores de pequena escala, e/ou fora de sistemas do agronegócio propriamente dito. Inseridas no eixo interior da espiga (sabugo), os grãos encontram-se dispostos em fileiras reluzentes de “[...] 12 a 16 [...]” (BREWBAKER, 2003, p. 17, tradução nossa), sendo que o padrão de cor mais comumente encontrado é amarelo (considerando-se as variedades mais cultivadas), embora exista uma gama ampla nas variedades crioulas, por exemplo. A espiga “[...] se alonga a seu comprimento máximo em uma semana de polinização, e os grãos se tornam [...] entumecidos em duas semanas” (BREWBAKER, 2003, p. 18, tradução nossa). O grão de milho não é uma semente – ele, na verdade, a contém em seu interior. Denominado cariopse, característico das gramíneas (Poaceae) (SILVA, 1997, p. 132), é um fruto seco e indeiscente, com o pericarpo (revestimento tissular mais externo) delgado e soldado ao tegumento da semente.

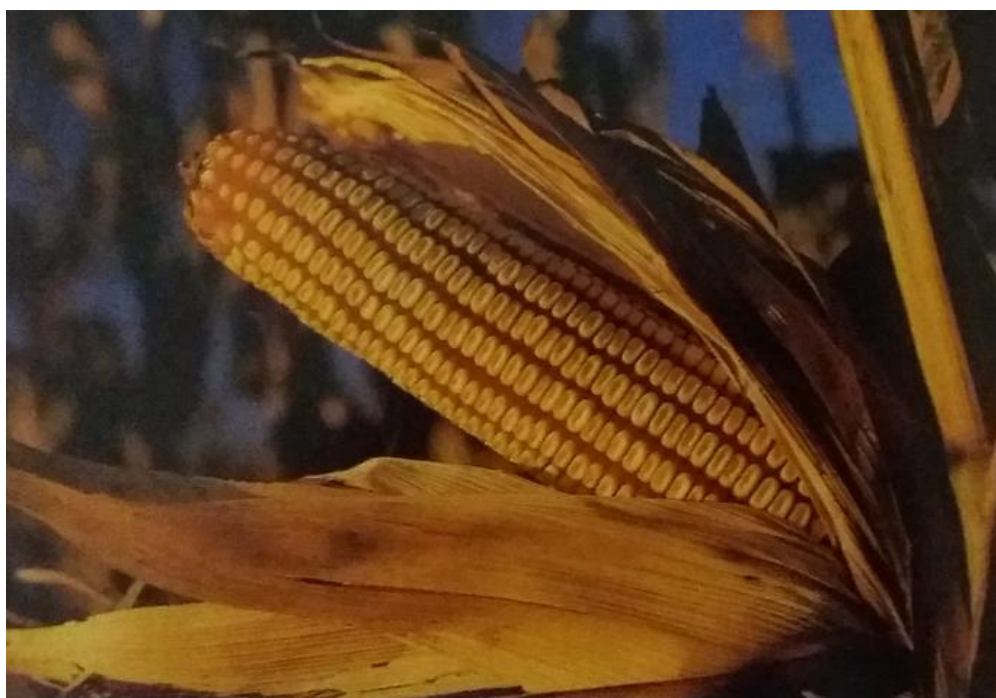


Figura 4 – Fotografia de espiga de milho em estado pleno de maturação.

Fonte: SILVA, 1997, p. 132.

Brewbaker (2003, p. 13, tradução nossa) apresenta: “As três partes principais do grão de milho são o embrião, o endosperma e o revestimento da semente ou pericarpo”.

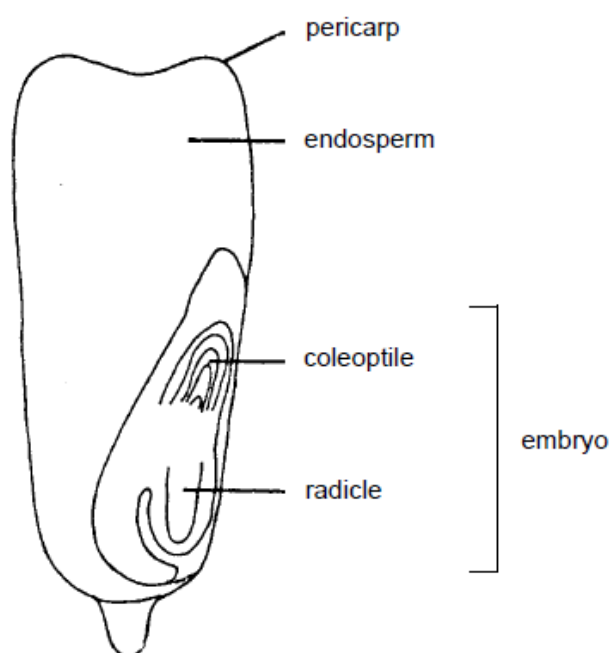


Figura 5 – Esquema anatômico do grão de milho.

Fonte: BREWBAKER, 2003, p. 14. Legenda: *coleoptile* – coleóptilo; *embryo* – embrião; *endosperm* – endosperma; *pericarp* – pericarpo; *radicle* – radícula.

O embrião, análogo ao feto em animais, é a parte propriamente viva inserida na semente, que irá dar origem a uma nova planta na ausência de fatores de risco, tais como ambientais, predatórios, patogênicos, genéticos (problemas na combinação, replicação ou divisão do DNA), ou até mesmo na produção de proteínas fundamentais. Ele

[...] inclui partes foliares (o coleóptilo e a plúmula) e a raiz jovem (radícula). Um rico tecido de reserva (escutelo [nome dado ao cotilédone das monocotiledôneas]) ocorre na extremidade do embrião. É bastante aumentado nas variedades com maior concentração de óleo [devido justamente por ser um tecido de reserva]. (BREWBAKER, 2003, p. 13-14, tradução nossa).

O endosperma (principal tecido de reservas, alocado para a nutrição do embrião), “[...] envolve o embrião e compõe cerca de 80% do peso do grão”. (BREWBAKER, 2003, p. 14, tradução nossa). A composição do endosperma é triploide, apresentando “[...] dois conjuntos de genes maternos e um conjunto de genes paternos” (BREWBAKER, 2003, p. 14, tradução nossa).

O pericarpo

[...] protege as sementes em desenvolvimento de [algumas] doenças e de danos causados por insetos [...]. A espessura do revestimento está relacionada à maciez do grão. Nossos estudos de 180 raças primitivas de milho mostraram que estes [seus grãos] são muito mais macios do que os cultivares modernos. (BREWBAKER, p. 15, tradução nossa).

Caso os fatores ambientais sejam favoráveis e não ocorra predação, doença ou mutações prejudiciais ao desenvolvimento, os grãos “[...] germinam em uma questão de horas depois da exposição a um ambiente úmido, tal como solo molhado [no fim das contas, a ciência da infância de se cultivar feijão ou milho em algodão encharcado tem fundamento]” (BREWBAKER, 2003, p. 15, tradução nossa).

A primeira parte do embrião a se situar no solo é a radícula, em uma média de “[...] 36 a 48 horas após ter tido contato com a água do solo” (BREWBAKER, 2003, p. 15, tradução nossa). Funcionando como uma verdadeira máquina em um processo de causa e efeito, o embrião “sabe”, através de processos inatos gravados em seu código genético, que as folhas só devem emergir após a disposição da radícula e, após tal fenômeno acontecer, “[...] se elevam pelo solo”. (BREWBAKER, 2003, p. 15, tradução nossa).

A emergência foliar é um dos eventos mais importantes no processo de germinação, uma vez que a planta necessita de nutrição conforme as reservas do endosperma vão sendo utilizadas. A plúmula, a primeira folha, “[...] rapidamente se torna verde ao ser exposta à luz” (BREWBAKER, 2003, p. 15, tradução nossa). A incidência da luz ativa mecanismos metabólicos responsáveis pela fotossíntese, desta forma, a planta prontamente começa a sintetizar açúcares como a glicose e a liberar oxigênio como subproduto do sistema de reações químicas. Ao redor do conjunto das folhas em desenvolvimento se situa um “[...] tubo rígido, esbranquiçado e de aparência foliar, o coleóptilo. Ele cobre e protege as folhas até sua emergência” (BREWBAKER,

2003, p. 15). O mesocótilo, terceiro tecido de importância fundamental para o processo de germinação

[...] é um pequeno [...] tubo que suporta o cotilédono e a plúmula, ambos. Esse tubo se anexa à semente, e seu comprimento varia de meia a seis polegadas aproximadamente [cerca de 1,3 a 15 centímetros]. Um hormônio de crescimento [do grupo das auxinas] governa tal alongamento, que serve para impulsionar as folhas e o coleóptilo na direção da superfície do solo. [...] Sementes que são postas em profundidades bastante acentuadas terão mesocótilos bastante longos [devido justamente a sua função de elevar as folhas para fora do solo para que a fotossíntese possa ser iniciada] (BREWBAKER, 2003, p. 15, tradução nossa).

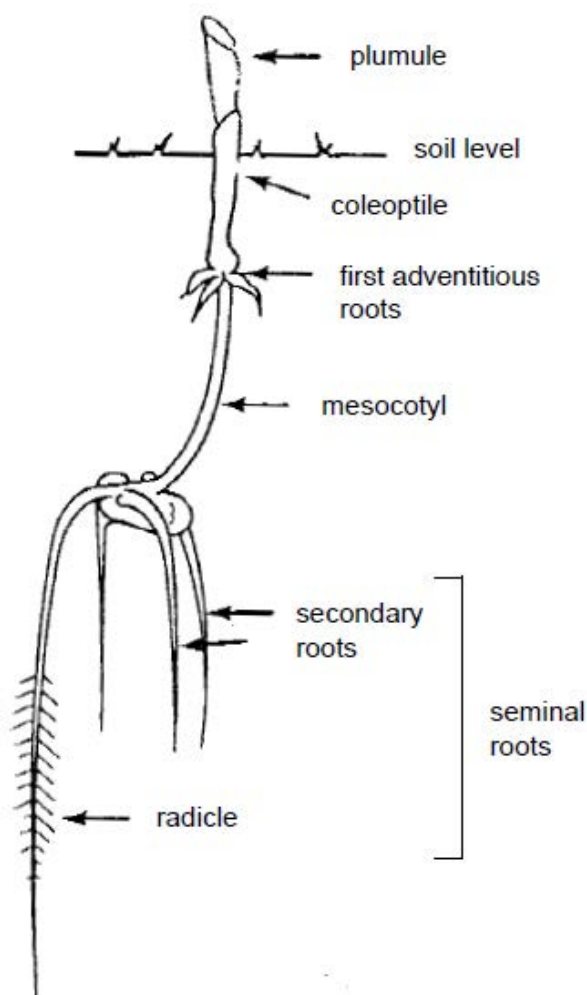


Figura 6 – Esquema anatômico de plântula de *Zea mays* de uma semana.

Fonte: BREWBAKER, 2003, p. 15. Legenda: *coleoptile* – coleóptilo; *first adventitious roots* – primeiras raízes adventícias; *mesocotyl* – mesocótilo; *plumule* – plúmula; *radicle* – radícula; *secondary roots* – raízes secundárias; *seminal roots* – raízes seminais; *soil level* – nível do solo.

Conforme Brewbaker (2003, p. 15-16), o coleóptilo, ao emergir da terra juntamente com a plúmula, é partido por esta e logo seca. Posteriormente, três folhas irão surgir a partir da plúmula, seguida rapidamente por uma quarta. A plúmula, por sua vez “[...] encerra seu desenvolvimento a um comprimento de cerca de duas polegadas [aproximadamente cinco centímetros], e logo morre”. (BREWBAKER, 2003, p. 16, tradução nossa).

A raiz, por sua vez, passa a prosseguir com seu desenvolvimento

[...] com uma mudança das raízes seminais para uma nova localização à coroa, que é localizada no nó onde o mesocótilo e a plúmula se juntam. Tal nó normalmente terá sido elevado pela alongação do mesocótilo a cerca de uma polegada [aproximadamente 2,5 centímetros] abaixo da superfície do solo. 10 dias após o plantio, haverá cinco ou seis raízes adventícias curtas nesse nó. Posteriormente, as raízes emergem em grandes números e formam uma touceira fibrosa [...]”. (BREWBAKER, 2003, p. 16).

O milho apresenta seu período mais crítico de desenvolvimento nos primeiros 10 dias, porém as plântulas jovens, por outro lado, apresentam uma grande capacidade de recuperação. (BREWBAKER, 2003, p. 16). A composição em porcentagens das partes quanto ao peso em uma planta de *Zea mays*, na média, são “[...] 45% de grãos, 20% de folhas, cerca de 20% de caule, e aproximadamente 15% de sabugo, palha e hastes das espigas”. (BREWBAKER, 2003, p. 16, tradução nossa).

Tendo seu crescimento vegetativo e reprodutivo plenamente desenvolvidos, a planta está apta a promover aquilo que seus genes “ordenam” – a formação de novas plantas e, assim, como um todo, uma nova geração.

1.2. Abordagem taxonômico-evolutiva

Uma vez apresentadas as características e mecanismos que compreendem os aspectos morfológicos, anatômicos e de desenvolvimento da planta de milho, e, por consequência, da espécie, o foco agora deve ser direcionado para outra faceta de sua biologia – sua taxonomia. Tão importante quanto destacar como a planta se apresenta em lógica física, “rígida” – isto é, todos os elementos que compreendem a morfologia, anatomia e fisiologia da mesma, responsáveis por evidenciar suas definições intrínsecas, diferenças e semelhanças entre as outras plantas de forma experimental – é apresentar como a planta se situa na escala evolutiva e, assim, como se relaciona às demais espécies. Tal lógica permite que a origem de organismos seja apontada

com precisão, ou que hipóteses sejam formadas acerca de sua diferenciação a partir de um ancestral comum com espécies familiares. O milho se situa no segundo caso.

O milho é taxonomicamente identificado como *Zea mays* L. subsp. *mays* (MACHADO; PATERNIANI, 1998; PATERNIANI, CAMPOS, 1999 apud NETO et al., 2008, p. 579). “[...] pertence à tribo Maydae na família Poaceae (Gramineae)” (BONAVIA, 2013, p. 8, tradução nossa). Tal tribo apresenta dois dos gêneros a serem evidenciados a fim de se destacar uma origem para a espécie *Zea mays* – *Zea* e *Tripsacum*, ambos coexistentes nas Américas e os protagonistas mais básicos da questão. Os demais gêneros existem apenas no Oriente – *Coix*, *Chionachne*, *Schlerachne*, *Trilobachne* e *Polytoca* (GALINAT, 1977 apud BONAVIA, 2013, tradução nossa).

De acordo com a bibliografia consultada, não se foi capaz até o momento de se pontuar com precisão a origem da espécie. Terá sido um único mecanismo evolutivo-reprodutivo? Dois? Uma sequência? Uma combinação de vários em diferentes etapas até que a planta conhecida como milho – necessário já apresentar, que passou por um processo de domesticação intenso pelas civilizações nativas das Américas Central e do Sul, uma seleção artificial de caracteres e indivíduos desejados – viesse a fazer parte da miríade de organismos existentes? A comunidade científica foi capaz de estimar a idade do milho em “[...] 11 milhões de anos” (NETO et al., 2008, p. 584). Quanto ao *como* desta história, existem hipóteses que levam a caminhos mais próximos de se desvendar ao mistério, mas estes não são de forma alguma totalmente lineares e não seguem sequências de causa-e-efeito perfeitamente descritas. A trajetória do passado de uma espécie é tortuosa, se ramifica e é ponto de chegada para outras. No caso do milho, isso é mostrado pela existência de pelo menos quatro explicações para se elucidar essa conturbação.

A primeira sugere que o milho, o teosinto – estes os primos mais próximos do milho, também pertencentes ao gênero *Zea*: *Zea mexicana*, *Zea parviglumis*, *Zea luxurians* (anuais) e *Zea diploperennis* (perene) (NETO et al., 2008, p. 580) e o *Tripsacum* se originaram de um ancestral comum, tendo suas diferenciações ocorridas em diferentes pontos da trajetória evolutiva, determinadas por fatores ambientais, genéticos e reprodutivos, mediados sempre pela seleção natural. Tal consideração é apresentada por Weatherwax (1954 apud NETO et al., 2008, p. 584). A evolução divergente, defendida na hipótese, foi responsável por um grande número

de surgimentos de novas espécies, sejam elas vegetais ou animais. Teria sido o mesmo para o milho? Considerada a complexidade na tentativa de se descobrir os vínculos envolvidos, ou minimamente uma evidência que mostre com certeza qual(is) da(s) trajetória(s) o milho percorreu durante sua história de formação, a probabilidade de um mecanismo tão “simples” é baixa. Porém, não pode ser totalmente desconsiderada. Em momentos da história evolutiva da tribo realmente ocorreram eventos de diferenciação, embora não seja claro se foram fundamentais para a formação dos caracteres que definem a planta por si só.

A segunda hipótese pode ser chamada de inclusiva – no caso, ao *Tripsacum*. Sua fundamentação se deve ao desenvolvimento e aos avanços da citogenética nos séculos XX e XXI, que propiciaram novos métodos de descoberta e observação a questões biológicas previamente bloqueadas de exploração. A defesa dessa hipótese apresenta como base a existência de *knobs* cromossômicos no genoma do milho. Os *knobs* são estruturas presentes em posições fixas nos cromossomos das células da planta, e, devido justamente a essa localização precisa, essa constância, seu grau de herança é tão bom para investigações quanto ao de um gene, conforme apresentado por Neto et al. (2008, p. 581). Assim, qual é o elo do *Tripsacum* com esse caractere? A hipótese parte do ponto do qual as espécies selvagens primitivas de *Zea* não apresentavam os tais *knobs*, tendo estes sido adquiridos através de hibridização das mesmas com espécies de *Tripsacum*. Posteriormente, certo híbrido se retrocruzou com uma espécie original de *Zea* e deu origem à planta que seria domesticada pelos indígenas. Até o momento não existe confirmação desse pressuposto, defendido por Reeves e Mangelsdorf (1942). Os *knobs* podem perfeitamente terem surgido de forma separada em cada um dos ramos da tribo Maydae, adquiridos por herança sem a necessidade de cruzamentos entre os mesmos.

Os autores que discordam da hipótese do *Tripsacum* inclusivo apresentam como fundação de sua defesa a diferença entre a posição dos *knobs* em *Tripsacum* e *Zea* – **terminais** no primeiro e **intercalares** no segundo (AGUIAR-PERECIN, 1987 apud NETO et al., 2008, p. 585). Tal característica oferece base ao surgimento independente das estruturas cromossômicas como apresentado no parágrafo anterior. Porém, a ciência abre portas a diferentes perspectivas, e aqui não é diferente – os *knobs* sim, podem ter sido adquiridos do ancestral comum, porém essa diferença de posicionamento não confirma que os mesmos não surgiram a partir do processo

de hibridização defendido em caso – apesar de sua constância ser comparada a um gene quando se trata de herança, deve-se lembrar que os genes também são suscetíveis a mudanças. Os processos de autorregulação e/ou mutações podem ter causado alterações que levaram à mudança de localidade, por causas que não são conhecidas, isto se realmente foi o que se deu. O ponto principal aqui é a existência de diversos fatores que podem contribuir para o surgimento de novas investigações.



Figura 7 – Fotografia de uma planta de *Tripsacum dactyloides*, com inflorescência evidente.

Fonte: Página da internet *Illinois Wildflowers*².

A hipótese mais aceita pela comunidade científica, por sua vez, é a que defende a origem direta do milho através do teosinto, em particular *Zea mexicana* ou *Zea parviglumis*. Ademais, devida a tamanha proximidade familiar, alguns autores sugerem que o teosinto “deveria ser considerado como conspecífico com *Zea mays* (NETO et al., 2008, p. 580). Desta forma, as espécies passariam a ter sua identificação

² Disponível em <http://www.illinoiswildflowers.info/grasses/plants/gama_grass.htm>. Acesso em: 28 jun. 2016.

taxonômica como *Zea mays* subsp. -epíteto-, como por exemplo *Zea mays* subsp. *mexicana* e *Zea mays* subsp. *parviglumis*. E qual seriam as fundamentações para tal afirmação? É claro que, ao pertencerem ao mesmo gênero, o grau de parentesco é bastante próximo, mas o mesmo ocorre com todos os organismos que dividem um gênero, e boa parte deles não surgiram a partir de um de seus primos, como é o caso de chimpanzés e humanos, por exemplo.



Figura 8 – Fotografia de plantas de milho (à esquerda) e de teosinto (à direita)

Fonte: Página da internet da University of Missouri³.

Primeiramente, *Zea mays*, *Zea mexicana* e *Zea parviglumis* apresentam o mesmo número cromossômico – 20. Isso já mostra que teoricamente, devido também a claro, seu parentesco imediato, seria possível algum grau de influência genética direta entre as espécies sem comprometimento dos genomas. A evidência para isso vem na forma da segunda fundamentação – a capacidade de as duas espécies de teosinto abordadas poderem, sim, cruzar com o milho. Ademais, seus descendentes

³ Disponível em <<https://newton.biology.missouri.edu/zea-mitochondrial-genome-database/photo-gallery>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

de primeira geração apresentam grau de fertilidade, conforme Goodman (1995 apud NETO et al., 2008, p. 585). O milho e o teosinto são tão próximos geneticamente que suas principais diferenças morfológicas se dão pela responsabilidade de apenas cinco genes (SZABO; BURR, 1996 apud NETO et al., 2008, p. 585). E, já que o assunto é morfologia, quais terão sido os mecanismos e fenômenos que levaram ao surgimento do elemento mais distinguível do milho? É claro que, a este ponto da evolução da planta, deve-se sempre lembrar de que se tratam de organismos ainda não sujeitos ao contato com seres humanos e, conseqüentemente, à seleção artificial. Porém, os astecas e incas não se depararam de forma alguma com uma planta desprovida de espiga – eles “apenas” – e as aspas contam muito, porque o processo não foi imediato e necessitou de um dispendioso empirismo – a aperfeiçoaram.

A primeira hipótese tem como sua fundação uma série de “[...] modificações da inflorescência pistilada do teosinto, através de um pequeno número de mudanças morfológicas controladas por um igualmente pequeno número de genes principais” (BEADLE, 1980; GALINAT, 1983, 1985, 1988; LANGHAM, 1940 apud BONAVIA, 2013, p. 7, tradução nossa). Uma vez que a morfologia dessa estrutura realmente lembra uma espiga de milho, embora claramente diminuta e de grau de complexidade reduzido – isto é, disposição e número de sementes – não é um exagero se basear em tal explicação, apesar de sua relativa simplicidade. A natureza por muitas vezes é refletida em tal característica.



Figura 9 – Fotografia de raque de teosinto e de espiga de milho.

Fonte: Página da internet *Understanding Evolution*, University of California, Berkeley⁴.

⁴ Disponível em <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/news/070201_corn>. Acesso em: 30 jun. 2016.

A segunda hipótese, de natureza mais complexa, tem como suporte a ideia de que ocorreu um fenômeno de transmutação sexual – uma feminização da inflorescência lateral primária do pendão central do teosinto. A apresentação da mesma ocorreu através do artigo de Hugh H. Iltis, *From Teosinte to Maize: The Catastrophic Sexual Transmutation* (1983), publicado no periódico *Science*, que apresenta extensivamente a teoria, inclusive na forma de um esquema demonstrativo de como o processo ocorreu. O trabalho claramente mostra os processos que a natureza pode ter tomado até originar o que pode ser reconhecido como espiga de milho propriamente dita.

A última das hipóteses a serem aqui abordadas possui caráter de uma certa forma, radical, já que seu centro de defesa se situa na impossibilidade de fazer uma correlação precisa de ancestralidade do milho com algum de seus parentes imediatos devido à série de alterações gênicas às quais a espécie foi submetida (TAKAHASHI et al., 1999; POGGIO et al., 2000 apud NETO et al., 2008, p. 586). Na existência de uma série de portas abertas para se atravessar em busca de respostas, um estudo de caráter “negativo” parece fora de contexto ou simplesmente não faz sentido no geral. Porém, deve-se prestar atenção que tal hipótese não sugere deixar toda e qualquer investigação de lado e aceitar por si só que não há como se resolver o problema – a proposta da investigação científica é **justamente** uma solução fundamentada e baseada em evidências.

O suporte para esta hipótese de “retrovisão bloqueada” é a grande presença de elementos transponíveis – os chamados “transposons” – sequências de DNA com capacidade de mobilidade através do genoma, os quais possuem habilidade de “[...] induzir diversos rearranjos cromossômicos, tais como deleções, duplicações, inversões e translocações recíprocas” (ZHANG; PETERSON, 1999 apud NETO et al., 2008, p. 586). Tal propriedade, tornando o genoma do milho uma estrutura de certa forma maleável – dentro dos limites suportados para a manutenção da integridade do código genético, claro – explicaria a dificuldade atual de se estabelecer um vínculo com suas espécies genitoras, devido a essa “[...] intensa diferenciação [...]” (WHITE, DOEBLEY, 1998 apud NETO et al., 2008, p. 586). Kidwell (2002 apud NETO et al., 2008, p. 586) apresenta que “60% do genoma do milho é constituído por esses elementos [...]”. Um genoma com mais da metade de sua estrutura apresentando tal composição é uma

forte pista a ser seguida, nesta verdadeira expedição de se elucidar o enigma da origem da espécie. A questão é – apenas uma das hipóteses está correta, do começo ao fim do processo, ou haverá ocorrido uma série de etapas evolutivas nas quais diversos elementos interagiram e contribuíram para o resultado geral? A questão ainda está em aberto, talvez fique por muito tempo, e novas ideias são sempre bem-vindas.

Estando assim as principais hipóteses devidamente apresentadas, uma conclusão é clara - uma série de fatores, relacionados uns aos outros ou não, aos poucos, moldou a espécie que viria a ser conhecida como *Zea mays*. Seus parentes selvagens mais próximos atualmente existentes permitem que os estudos continuem e que o caminho para se encontrar uma resposta mais concreta continue a ser percorrido. Há muita especulação feita e muita ainda há por vir, mas uma certeza pode ser tirada do estudo desta área – os membros de *Zea* entraram nas rotas evolutivas uns dos outros conforme evidenciado por inúmeros elementos citológicos e genéticos (DOEBLEY et al. apud NETO et al., 2008, p. 586). No “temor” de todo esse caminho tortuoso acabar em vazio pelo esgotamento de pistas a serem seguidas, a ciência terá feito a sua parte para desvendar o mistério. As culturas das diversas populações nativas que originalmente cultivavam o milho apresentam cada qual uma explicação e uma série de atribuições simbólicas ao mesmo. Laws (2013, p. 210) apresenta uma frase de reflexão: “Na ausência de uma história biológica, haverá um fundo de verdade em suas origens lendárias?” É claro que, para as ciências biológicas, tal campo de conceito não é aceitável. Porém, de forma alguma, isso torna a mitologia desprezível para o campo do conhecimento e história da humanidade. Afinal, ela é um dos fatores que nos definiram e nos levaram a explorar o mundo e a existência como um todo.

2. A CONCEITUAÇÃO DO MILHO NAS AMÉRICAS

2.1. Distribuição geográfica

As teorias sobre o surgimento do milho como espécie na natureza possuem diferentes facetas e, conforme visto, diferentes pontos para interpretação e análise. Os elementos aos quais tal investigação é feita possuem cada qual um potencial para novas perspectivas. Tal abordagem, como base desta produção, era fundamental e indispensável, uma vez que conceitua justamente o objeto de estudo do trabalho. Os aspectos biológicos são uma das principais bases que habilitam a progressão do estudo de *Zea mays* como aqui se determina.

É necessário que agora se introduza um aspecto fundamental para tal progressão – a geografia da espécie. Para um entendimento completo, é preciso que não apenas se explore *como* a espécie se originou, mas também *onde*, e a partir disso apresentar dados e levantar hipóteses sobre como se deu a dispersão e a diversificação do milho em variedades distintas. Tal área de estudo associa-se posteriormente à antropologia, uma vez que o ser humano foi um fator – senão o principal – que levou à transformação do que hoje, e na época de plena existência das civilizações nativas americanas, é conhecido como milho.

O registro que se tem, segundo Mangelsdorf, 1974; Brown et al., 1988 apud BONAVIA, 2013, p. 6, apresenta que na época que os expedicionários espanhóis chegaram ao continente americano, o milho se encontrava cultivado por uma série de civilizações nativas, não apenas em pontos de maior concentração como no atual México, como é mais conhecido e divulgado, mas em uma longa faixa de extensão que percorria desde o Canadá ao Chile. Tal informação apresenta que as rotas de dispersão são de caráter ainda mais ramificado do que se considerava, e que os pontos de maior concentração seguem uma lógica bastante básica – eram neles que as civilizações mais densas e desenvolvidas em complexidade se situavam.

Em relação à amplitude geográfica de localização da espécie na atualidade, tem-se que o milho é encontrado desde os

[...] 58° de latitude norte no Canadá e Rússia até os 40° de latitude sul no Hemisfério Sul. Cresce abaixo do nível do mar nas planícies da depressão do Mar Cáspio, e em altitudes acima de 3,600 metros acima do nível do mar nos Andes. Vive em zonas que recebem menos de 2,5 cm de pluviosidade anual nas regiões semiáridas das planícies russas,

assim como em outras com mais de 1,000 cm de pluviosidade anual nas orlas costeiras do Pacífico na Colômbia. Cresce nos curtos verões do Canadá, tal como nos verões perenes das regiões tropicais equatoriais do Equador e da Colômbia. Nenhuma outra planta cultivada cresce em uma área tão ampla, e apenas o trigo supera em área de superfície em acres. Na verdade, o milho se encontra em maturação em alguma parte do mundo, em todas as longitudes, durante o ano todo. (MANGELSDORF, 1974; BROWN et al., 1988 apud BONAVIDA, 2013, p. 6, tradução nossa).

Pode parecer óbvio, e talvez até seja, mas tal bloco de informação mostra claramente um dos porquês de o milho ter se tornado indispensável para a humanidade. Além de todos os fatores de utilização devido às suas propriedades, a planta ainda é capaz de prosperar em praticamente todos os ambientes ocupados pelo ser humano. Esta alta resistência e o igualmente alto fator de adaptação são consequências do processo de domesticação desenvolvido séculos atrás, nos quais os habitantes das Américas promoveram uma seleção artificial complexa sem terem quaisquer conhecimentos sobre genética. É a partir desse ponto, que começa aqui a ser abordado, que *Zea mays* como é conhecida pelo mundo nos dias de hoje, começa a tomar forma.

2.2. Sobre a domesticação

Conforme previamente abordado, o intenso entrelaçamento e os diferentes elementos envolvidos na questão da *origem* do milho não permitem que a investigação se conclua de forma pontuada, precisa, atingindo uma certeza completa. No caso da *domesticação*, esse entrelaçamento se torna ainda mais complexo e multifacetado. Diferentes posições, cada vez mais ramificadas, deram origem a uma bibliografia tão extensa que se tornou relativamente difícil abordar os elementos mais básicos, a raiz da questão. Bonavia (2013, p. 61) comenta que a situação chegou a excessos que não contribuíram com nada positivo e acabaram apenas impedindo o progresso do conhecimento. Apesar de toda a confusão, os pesquisadores foram capazes de chegar a **duas** hipóteses essenciais – **se o milho foi domesticado apenas no núcleo mesoamericano e posteriormente foi levado à América do Sul, ou se a domesticação ocorreu em dois núcleos distintos, um na Mesoamérica e outro na América do Sul** (BONAVIDA, 2013, p. 61, grifo nosso, tradução nossa). Tal pontuação foi um marco importante para a abordagem da questão, uma vez que se tendo as pistas empíricas como base para inferências, desdobramentos e aprofundamentos, mantêm-se a qualidade e a real manutenção do objetivo de se

chegar a respostas, ou, ao menos, facilitar a gênese das mesmas. A ciência se fundamenta em tais bases, e deve haver cuidado para que elas não sejam deixadas de lado nessa intensa busca.

No que se pode dizer sobre o primeiro conceito de investigação, tem-se uma ramificação posterior – alguns autores defendem que a domesticação ocorreu de forma centrada, em um lugar único, pontuado. Outros, por sua vez, através de suas próprias coletas de dados e, desta forma, se determinando a encontrar evidências adicionais para sustentar a teoria, apresentam a alternativa de que a domesticação foi descentralizada, ocorrendo em diferentes pontos onde agrupamentos humanos se localizavam. Porém, uma observação importante deve ser feita. Devido ao centro de origem mais provável da espécie não apresentar uma dimensão tão elevada, tais pontos, servindo de suporte para a investigação, devem ter sido dispostos dentro de uma mesma área geral. Porém, uma consideração importante deve ser apresentada. Apesar de as hipóteses terem sido reduzidas em grau a apenas dois pontos de partida, existe um problema quanto à falta de informações diretas. O *brainstorming* para se permitir o progresso da pesquisa se baseia em inferências e saltos intuitivos, que, apesar de estarem de acordo com a lógica científica, não possuem o mesmo peso que evidências diretas apresentam para novas interpretações e descobertas. Além disso, tais saltos estão ainda mais sujeitos a confusões e interpretações errôneas.

Porém, mesmo com essa relativa falta de dados diretos, a hipótese de surgimento pontuado, de princípio único na Mesoamérica é atualmente a mais aceita. Conforme apresenta Laws (2013, p. 211, grifo nosso): **“O primeiro milho pode ter sido cultivado no sudoeste do México, perto de Oaxaca”**. Posteriormente, conforme dois principais fatores importantes: o aumento em tamanho dos assentamentos e o surgimento de novos; e o contato entre indivíduos de civilizações distintas, as plantações foram crescendo e se espalhando pela extensão das Américas, “[...] para o vale Tehuacán, ao longo das costas do Golfo e do Pacífico, ao norte até o sudoeste dos Estados Unidos, e descendo até os planaltos da América do Sul” (LAWS, 2013, p. 211).

Quanto ao processo e dinâmica de domesticação em si, um salto intuitivo importante pode ser feito com segurança, uma vez que é um elemento comum a praticamente todos os agrupamentos e civilizações em seus estados de desenvolvimento a descoberta de plantas próximas a tais localidades nas quais

propriedades positivas eram notadas e verificadas, e, assim, era promovido um destaque a tais espécies e/ou variedades para que sua disponibilidade fosse contínua. A técnica em si apresenta uma simplicidade bastante acentuada. Tal mecanismo se difundiu e foi se aperfeiçoando conforme as trocas de informação e grãos eram feitas.

Cada vez que os dedos de um fazendeiro apanhavam os grãos e selecionavam quais seriam semeados no ano seguinte, ele escolhia o melhor de sua plantação. Esse processo [...] [o que hoje é denominado seleção artificial] [...] fez o milho evoluir e melhorar onde quer que fosse cultivado. (LAWS. 2013, p. 211).

2.3. Caracteres antropológicos e sociais

Desta forma, apresenta-se com total certeza, havendo uma série de registros dentro da antropologia e geografia, nos quais incluem-se elementos históricos relatados, culturais (entre eles aqueles pertencentes à mitologia) e descritivos, os quais continham informações bastante desenvolvidas e completas sobre o conceito da espécie *Zea mays* para os humanos de tais locais e épocas, que uma grande variedade de civilizações pré-colombianas em extensão da América do Sul até a América do Norte fazia uso indispensável do milho para as mais diversas áreas de sua estruturação, sendo elas dos mais diversos graus de estruturação, desde assentamentos simples a civilizações complexas.

Dentre tais civilizações, é extremamente indispensável destacar duas – a asteca, situada na região do México, e a inca, localizada na região do oeste sul-americano, mais precisamente nas áreas ocupadas pelos Andes. Os primeiros, situados desde o século XIII no Vale do México, e posteriormente em seu período de maior crescimento a partir da capital Tenochtitlán, atual Cidade do México, promoviam como principal elemento de sistema agrícola um campo de floresta desmatada denominado *milpa* (LAWS, 2013, p. 212). O *milpa* era uma forma de balancear a nutrição da civilização asteca, uma vez que o milho, apesar de ser uma das principais bases da alimentação, carecia principalmente de proteínas. Desta forma, os astecas utilizavam esse espaço para plantar, dentre outros alimentos, “[...] batatas-doces, abacates, melões, tomates, abóbora, feijões e pimentas-malaguetas” (LAWS, 2013, p. 212). Tal sistema evidencia a complexidade que a civilização possuía quanto à agricultura, sendo que as espécies e variedades apresentadas certamente também foram sujeitas a processos de seleção, mesmo que não em grau tão elevado quanto *Zea mays*, boa parte também devido à sua natureza intrínseca. O *milpa* devia ser

frequentemente sujeito a manutenções, devido à sua alta intensidade de utilização, porém, conseqüentemente, hora ou outra o espaço acabava por se exaurir. Os astecas apresentavam duas formas de lidar com esse acontecimento, como apresenta Laws (2013, p. 212): cultivava-se ininterruptamente por dois anos e depois deixava-se o campo descansar por oito; ou era simplesmente abandonado e um outro era aberto. As variações em fertilidade, localização em si, tipo de solo, tamanho do espaço, disponibilidade de água e chuvas, eram alguns dos fatores que os levavam a preferir e decidir uma forma pela outra. Os astecas também, evidenciando ainda mais a importância que davam para essa área, “[...] seguiam assiduamente seus detalhados guias de plantas e colheita de 365 dias, [...] dividindo o ano em 18 meses de 20 dias [...]” (LAWS, 2013, p. 212).

Um comentário importante deve ser feito quanto à capital Tenochitlán e o sistema de plantio que lá se instalava. Por estar estabelecida em duas ilhas pantanosas ao sul do lago Texcoco, a área de solo utilizável para a prática agrícola era limitada, e a importância do milho, principalmente, não devia ser negligenciada. A solução encontrada pelos astecas foi o desenvolvimento de balsas denominadas *chinampas*. Dispostas na superfície do lago e firmadas com árvores para o solo se manter unido, essas cestas de terra funcionavam como “[...] canteiros flutuantes para seu milho” (LAWS, 2013, p. 212). Assim, era permitido que o fornecimento da indispensável planta – e de outros cultivos – não se esgotasse a fim de abastecer os habitantes da grande cidade.

Os incas, por sua vez, dispostos inicialmente no vale de Cuzco nas montanhas peruanas, desenvolveram, por necessidade de adaptação ao terreno acidentado ao redor de onde seus assentamentos se localizavam, um sistema de terraços nas faces das montanhas, assim como aquedutos para conduzir a água de lagos e riachos até as plantações de milho. Similar ao sistema de *milpa* dos astecas, os incas também cultivavam outras espécies em associação ao milho, sendo a mais importante delas a batata, considerada uma cultura irmã a *Zea mays* pelos nativos, como apresenta Laws (2013, p. 212). A batata era considerada uma cultura de reserva e complementação, sendo plantada em terrenos mais altos.

No século XV o Império Inca encontrava-se em seu auge de expansão, compreendendo um território do Chile até o Equador, interligado por 30 mil quilômetros de estradas. Conforme os incas foram percorrendo tal área e se

assentando na mesma, pouco a pouco, o desenvolvimento do sistema de terraços se tornou ainda mais intenso e necessário. Em uma lógica simples e até mesmo óbvia, maiores números de indivíduos demandam um maior abastecimento de alimentos. E como o milho era uma parte indispensável para a civilização, novos e maiores espaços tiveram que ser criados para seu plantio. O esforço tecnológico do Estado inca para a propagação e colheita do milho era uma das bases centrais do governo. A planta era tão venerada que, na época da colheita,

[...] o milho era carregado para as casas em meio a grande celebração, com os homens e mulheres cantando e orando para a planta para que a mesma durasse por um longo tempo. Eles beberiam, comeriam e cantariam por três noites completas enquanto veneravam a Mama Zara (Mãe do Milho) [divindade do panteão inca] (MURRA, 1975 apud BONAVIA, 2013, p. 222, tradução nossa)

Os incas, ademais, não só o utilizavam como alimento – utilizavam os grãos para a produção de uma bebida fermentada e de alto teor alcoólico, chamada chicha. A chicha era tão importante para a cultura inca que era utilizada para cerimônias, reuniões, comércio, forja de alianças, ou apenas como forma de hospitalidade (BONAVIA, 2013, p. 222), o que se leva a traçar um paralelo nada raso com o papel da cerveja nos dias de hoje, sendo que muitas marcas, principalmente as mais populares, apresentam milho como ingrediente. Essa é apenas mais uma das variadas demonstrações de importância da espécie para a humanidade, tendo o elo, desde sua domesticação, nunca ter sido quebrado.

Algumas cerimônias de comunidades com ascendência inca, conforme Sevilla Panizo (1994 apud BONAVIA, 2013, p. 223, tradução nossa), ainda acontecem na atualidade, tendo caráter quase religioso. As sementes, das mais diversas variedades – o chamado **milho crioulo**, de forma geral – são cuidadosamente selecionadas e misturadas. Aqui temos um ponto interessante. A mistura das sementes não é apenas encorajada, mas sim também **promovida**. Os indivíduos dessas comunidades, através das tradições e observações ao decorrer do tempo, aprenderam que essa miscigenação levava ao surgimento de características positivas, e, assim, procuraram manter o registro da atividade para que a continuidade da mesma não fosse perdida.



Figura 10 – Simeona, do povo Quechua, bebe uma caneca de *chicha* durante uma cerimônia ritual à deusa Pachamama, na comunidade de Poques, Peru.

Fonte: Perfil do Instagram da *National Geographic*, agosto de 2016⁵.

Contudo, tal respeito e veneração pela planta nunca esteve limitado às duas grandes civilizações comentadas. Quase todas as populações nativas das Américas dispõem algum grau de reverência para o milho. Por exemplo, como apresenta Johannessen (1982 apud BONAVIA, 2013, p. 221, tradução nossa), na Guatemala quaisquer plantas para cultivo podem ser plantadas conforme o gosto e preferência do responsável. Não existem critérios fixos. É o oposto do que acontece com o milho. A planta “[...] passa por uma série de cerimônias quando é plantada” (JOHANNESSEN, 1982 apud BONAVIA, 2013, p 221, tradução nossa).

O fato de este elo, também, ter nunca sido partido, diz muito sobre a ênfase que os indivíduos e as comunidades locais colocam no conceito de **tradição**. Para elas, informações e elementos passados de geração em geração apresentam valor intrínseco, uma vez que, por terem sido mantidos durante os tempos, certamente a

⁵ Disponível em <https://www.instagram.com/p/BI-GXz_DTF8/?taken-by=natgeo>. Acesso em: 30 ago. 2016.

sabedoria de sua existência foi e continua a ser comprovada. Manter as tradições da comunidade também é uma das mais altas formas de respeito com os mais velhos, com os antepassados, e também com questões religiosas. O milho, tratado praticamente como divindade - apesar de, no geral, em grau menos intenso do que no período pré-colombiano – figura como um dos elementos cuja manutenção se permaneceu mais inalterada.

É importante ressaltar, também, que esse caráter cerimonial não se restringe às comunidades sul e mesoamericanas. Comunidades da América do Norte também realizavam rituais nos quais o milho se situava como elemento fundamental. Um desses, como apresenta Laws (2013, p. 214), envolvia o plantio do mesmo sobre uma área de solo na qual havia se enterrado um peixe, sendo que as proteínas, minerais e demais nutrientes promoviam uma fertilização de liberação lenta. Posteriormente, quando o milho já se situava em porte de médio a grande, abóbora e feijões-de-lima eram plantados às sombras do mesmo. Com seu típico crescimento verticalizado – se permitido – acabavam por se apoiar em suas hastes. As primeiras espigas, então, eram “[...] assadas nas brasas da fogueira do Festival do Milho Verde”. (LAWS, 2013, p. 214). O sentimento de coletividade e de união entre os indivíduos era reforçado por tais cerimônias, e especificamente esta – e similares – evidencia mais uma vez a importância do milho como algo muito além de apenas uma planta ou um alimento.

Um exemplo mais notável é o da cultura do povo Pueblo, do sudoeste dos Estados Unidos. Cerimônias periódicas também marcam a vivência desses nativos, mas o nível de veneração ao milho é tamanho que pode ser, até certo ponto, equiparado a aquele apresentado pelas grandes civilizações inca e asteca. O milho possui um caráter maternal para esse povo, transcendendo o conceito material e “[...] permeando cada objeto na vida dos Pueblo, do nascimento à morte, do presente ao futuro”. (FORD, 1994 apud BONAVIA, 2013, p. 221, tradução nossa).



Figura 10 – Ilustração de indígenas da Flórida, Estados Unidos, preparando o solo e semeando grãos de milho para o Festival do Milho Verde.

Fonte: LAWS, 2013, p. 214.

Enquanto os diversos povos nativos das Américas promoviam a continuidade de sua vivência, cultura, cotidiano, e, assim, de sua própria existência, um iminente choque se formava. O expansionismo promovido por nações europeias no século XIV – usualmente conhecido como “Grandes Navegações – cada vez mais se engrandecia, e não tardou para que tripulações chegassem às terras americanas. O intenso contraste entre os europeus e os indígenas permitiu que houvesse uma igualmente intensa troca de informações, tanto em forma de ideias e conceitos quanto em bens materiais, apesar de as barreiras linguísticas não permitirem em bom nível a comunicação falada. Esse importante fator antropológico se dispôs em uma série de níveis, principalmente no que se diz à observação direta e à demonstração dos elementos que ambas as partes, respectivamente, tinham em sua posse e em potencial de apresentação.

O milho, indiscutivelmente, era um desses elementos “dentro do grupo” dos nativos, assim por se dizer. Os espanhóis – primeiros a chegarem às Américas na época – em seus encontros com os indígenas e percorrendo as áreas onde as comunidades se instalavam, relataram a planta através de descrições visuais bastante

precisas, tanto em forma de texto quanto de esquemas desenhados. Cada estrutura era cuidadosamente estudada e registrada. Além disso, uma vez que não seguiam a religião e a mitologia panteística dos nativos – em vez disso, predominantemente, o cristianismo – os europeus observavam a planta como “apenas” um objeto material e uma fonte de potencial prático, tomando notas de como crescia e se desenvolvia, das partes de maior interesse, e como poderia ser utilizado e aproveitado nas mais variadas formas. Ressalta-se, assim, o pragmatismo do Velho Mundo contra o metafísico do Novo Mundo, em base.

Além de meticulosamente recolherem dados sobre a planta em si, os expedicionários, ao serem introduzidos aos bens derivados do milho, igualmente se certificaram em se informarem mais sobre os mesmos, principalmente sobre a farinha, sendo imediatamente comparada a aquela produzida a partir de trigo, e notando que suas propriedades eram equiparáveis. Ademais, como nota Bonavia (2013, p. 238), os espanhóis interessante “[...] não apenas aceitaram o milho imediatamente como alimento, mas inclusive o tornaram uma reserva de base em suas viagens”, fato comprovado pela série de registros provenientes tanto das expedições ao México e demais regiões da América Central como aqueles feitos pelas forças-tarefa posicionadas na América do Sul.

Como a História apresenta, o encontro dos nativos com os europeus não viria a perdurar de forma positiva. Com a intenção de conquistar e capturar território em nome da Coroa Espanhola, os estrangeiros começaram a sobrepujar os indígenas. Os astecas teriam previsto que um iminente desastre se aproximava, através de interpretação da observação de um cometa sobre a capital Tenochtitlán. A previsão, infelizmente, acabaria estando certa. Apesar de não haver correlação entre os acontecimentos, o desastre “[...] veio na forma de [...] Hernando Cortés [...] e sua força de 500 homens” (LAWS, 2013, p. 213), no ano de 1519. Os invasores portavam meios de ataque e defesa mais avançados que aqueles utilizados pelos indígenas, como armas de fogo, capacetes e peitorais de metal. Apesar de se encontrarem em número muito mais elevado e terem maior conhecimento do terreno, os astecas foram vencidos e dizimados de forma rápida e violenta. Em 1520, o último grande líder asteca, Montezuma, foi morto.

Na América do Sul, o sofrimento dos incas chegaria em 1532, através de Francisco Pizarro e sua expedição. Após a captura dos principais territórios incas e

do assassinato dos líderes; o imperador Atahualpa, assim como Montezuma, foi executado. Em 30 anos, duas das maiores civilizações das Américas haviam sido derrotadas e substituídas pelo governo colonial espanhol.

Desta forma, não chegou ao pensamento de ambas de que o milho viria a estar presente em praticamente qualquer área do planeta. De uma certa forma, no fim das contas, estavam certos quanto ao caráter divino da planta – o milho se tornou parte intrínseca das mais diversas populações e civilizações, e jamais deixaria de sair dessa posição.

3. ASPECTOS SOBRE O MILHO NA ATUALIDADE

3.1. Produção e questões quanto ao futuro

As trajetórias do milho através da natureza – a partir de sua origem, passando por sua especiação, domesticação e por fim, diversificação – foram, conforme abordado nos capítulos anteriores escritas por processos graduais que envolveram fatores biológicos, geográficos e antropológicos. Foi também vista a importância dos bens da planta para os nativos das Américas, principalmente no que se diz ao desenvolvimento das grandes civilizações asteca e inca. Com a chegada dos conquistadores espanhóis, foi absorvido aos costumes dos mesmos logo de princípio. Logo depois, em maio de 1493, Colombo levou a planta à Europa, depois de sua primeira viagem (BONAVIA, 2013, p. 250; LAWS, 2013, p. 215; SILVA, 1997, p. 234). A partir de esse ponto, a planta iria migrar e ser dispersada pelo mundo. O milho, essencialmente, forjou partes da história da humanidade por si só.

Porém, e quanto aos dias de hoje? Que papéis cumprem o milho no cenário atual da natureza e da humanidade? Como a planta se situa nas questões utilitárias e econômicas?

Com exceção de pequenas produções, o milho é cultivado inteiramente em extensas áreas agrícolas onde ocorre apenas o seu plantio – o chamado sistema de monocultura. Tal sistema, conforme comprovado por especialistas de diferentes áreas relacionadas à natureza, progressivamente causa esgotamento dos recursos do solo, erosão, desertificação (McNEELY; SCHERR, 2009, p. 28) e, além disso, primeiramente para que os espaços para plantio sejam obtidos, deve ocorrer desmatamento da cobertura vegetal original. Tal ação por si só já inicia os processos apresentados, além de causar perda da biodiversidade e mudança na dinâmica do clima local. Apesar disso, esta forma de cultivo vem se mantendo e se intensificando. Quais as razões por isso?

A utilização atual do milho continua concentrada na alimentação, conforme nos tempos de seu cultivo original pelas populações americanas nativas. Porém, o *alvo* da alimentação foi parcialmente alterado. Invés de se destinar totalmente de forma direta para o consumo humano, as safras vêm sendo utilizadas como alimento direto e também como componente de rações para animais. Silva (1997, p. 135) comenta: “O

porco é um saco de milho que anda”, sendo que os suínos, juntamente com as aves, são os principais destinatários do consumo dos grãos e de seus derivados.

Uma vez que a humanidade vem continuando a aumentar em número, sendo que atualmente se encontra superior a 7 bilhões de indivíduos, existe um crescimento diretamente proporcional também nas demandas por fontes alimentares. Conforme dados apresentados por Vercesi, Ravagnani e DiCiero (2009, p. 441-442), segundo a FAO (2004) a fome e a desnutrição matam mais de cinco milhões de crianças todos os anos. Estima-se que para alimentar a população da África em 2050, o continente terá que aumentar a sua produção de alimentos em 200% a Ásia em 69%, a América Latina e Caribe em 80% e a América do Norte em 30 por cento, de acordo com um estudo da FAO e do UNFPA (1996). O milho, devido à sua posição e papel como fonte de nutrição humana e animal, ambas, está inserido como peça-chave nessa questão. É uma correlação bastante simples – quanto maior o consumo de proteína animal, mais se necessita que o suprimento de suínos e aves seja repostos; para isso, mais milho deve ser plantado e colhido, e assim sucessivamente. O mesmo vale para a nutrição humana, uma vez que pode ser consumido *in natura* e na forma de uma quantidade imensa de derivados. As populações aumentam, o plantio aumenta, as áreas progressivamente em esgotamento também aumentam. É um ciclo vicioso não sustentável e que apresenta dificuldade em renovação dos recursos perdidos, muitas vezes tais tentativas sendo descartadas por não haver tratamentos viáveis.

Como abordar (e solucionar) de forma adequada essa questão? Como promover a manutenção da disponibilidade contínua de alimentos e ao mesmo tempo evitar ou ao menos reduzir o impacto ambiental desenfreado? O sistema atual perdura, e pragmaticamente atende – até certo ponto – em quantidade de produção, mas a péssima distribuição dos alimentos ao redor do mundo, as perdas na colheita, além de sempre a contínua degradação dos recursos naturais levam a questionar formas alternativas de produção, mais pontuadas, que não permitam desperdícios – nem do milho, nem dos outros elementos naturais envolvidos – e que supram a crescente demanda, além de apresentarem alto grau de sustentabilidade.

Sistemas típicos de agricultura familiar e de ecoagricultura têm sido bastante enfatizados nos tempos atuais, mas serão realmente capazes de suprir as demandas? Sabe-se comprovadamente que apresentam vários elementos positivos no que se diz à sustentabilidade e à manutenção do sistema produtivo. Porém, tais iniciativas têm

sido promovidas e aplicadas de forma apenas local ou regional, por agricultores e instituições, na forma de experiências ativas e adaptações, conforme os requisitos, do conhecimento já existente (McNEELY; SCHERR, 2009, p. 31). O tratamento local, infelizmente, não supre as demandas necessárias. Para se ter uma visão mais precisa para a implantação ampla desse sistema alternativo, é preciso que centros de ensino, pesquisa e órgãos governamentais, juntos, abordem a pesquisa e a busca por soluções como uma prioridade. A partir desse percurso, que tenha o potencial de ser elevada a uma gestão de forma global, é que grandes avanços terão a oportunidade de serem feitos.

Os Estados Unidos lideram a produção mundial, a qual se estende por mais de 35 milhões de hectares [sendo estes mais concentrados na área que compreende nove estados denominada *Corn Belt*], com uma produtividade média por volta de 9 mil a 10 mil kg/ha, esta considerada alta (GLAT, 2010). Espera-se que a safra de 2016/17 chegue a 366,54 milhões de toneladas, sendo 134,63 milhões a serem geradas para a produção de etanol (MENDES, 2016). A dimensão da produção de biocombustíveis leva a se questionar – com o esgotamento dos combustíveis fósseis, será o *Zea mays* – juntamente com a cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) – o combustível do futuro? São recursos renováveis, de fato, mas também se deve sempre manter em mente a questão das áreas a serem destinadas ao plantio extensivo. Ademais, chegaremos ao ponto no qual o impacto causado pelo esgotamento – causado pela queima – do petróleo e gás natural seja permitido?

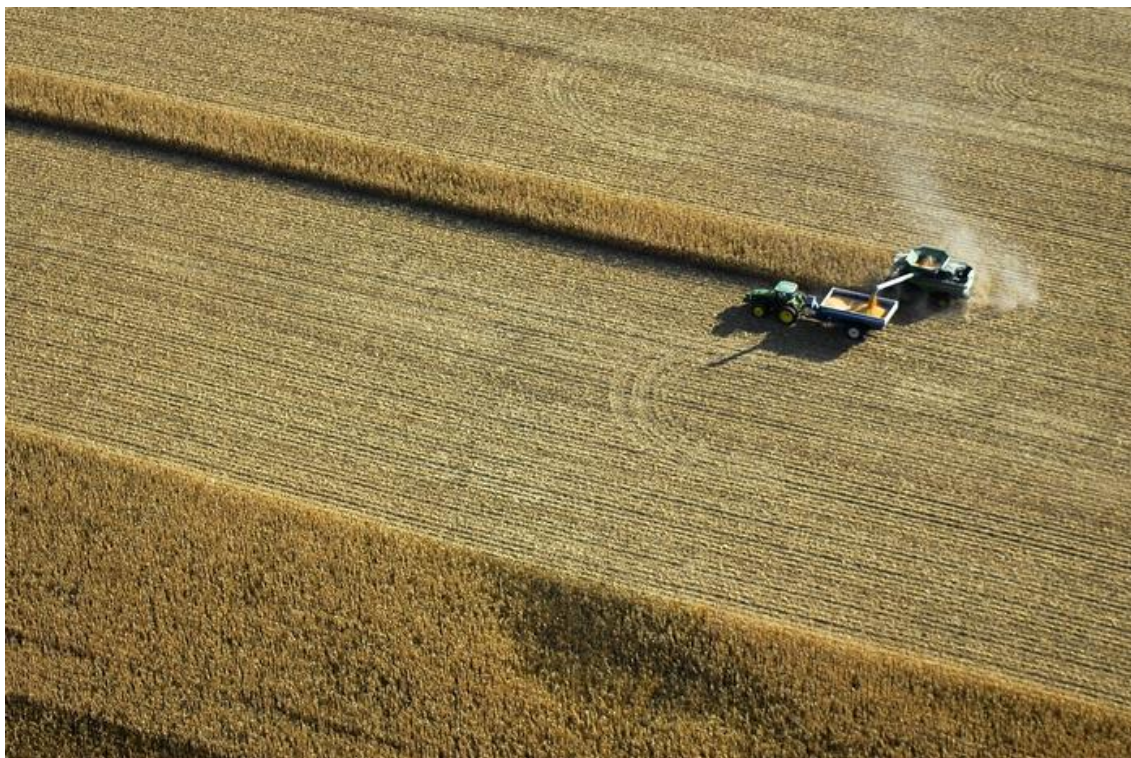


Figura 11 – Colheita de milho no estado de Dakota do Sul, Estados Unidos.

Fonte: Página da internet da *South Dakota Corn*⁶.

O milho, assim, apresentando-se como uma das principais *commodities* mundiais – em números globais, “[...] a nova safra mundial é esperada em 1.011,07 bilhão de toneladas e os estoques em 207,04 milhões de toneladas [...]” (MENDES, 2016) – deve ser levado em conta no topo da lista dessa abordagem. Especialistas devem promover estudos e testes para determinar os padrões de desenvolvimento e produtividade sob um sistema diferente do atual. Poderá um sistema similar aos quais os astecas e incas se dispunham, atrelado à ciência e às perspectivas atuais, ser aplicado de forma eficiente? É uma ideia com fundamentos. Os elementos para se promover uma experiência do tipo – e, a partir desta, gerar adaptações e melhorias – estão às mãos.

Independente de qual(is) forma(s) sejam adotadas a fim de se iniciar um processo de transformação, uma coisa é certa – deve-se promover um equilíbrio entre a produção agrícola, as áreas verdes e os demais recursos naturais. Nas palavras do ecologista britânico Norman Myers:

⁶ Disponível em <<http://www.sdcorn.org/2015/09/corn-harvest15-begins>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

É do comum interesse da agricultura e do mundo natural que uma relação de apoio mútuo seja desenvolvida entre eles. A produção de alimentos não tem necessariamente de destruir os ecossistemas selvagens do mundo e sua riqueza em diversidade biológica. E a preservação de ecossistemas selvagens não constitui uma ameaça para a necessidade da humanidade de se alimentar. De fato, o oposto que é verdadeiro. O uso sensato da natureza, que inclui o aumento de esforços substanciais de conservação, é essencial para alimentar o planeta. Natureza é igual a alimento. Sem lugares selvagens, não podemos esperar ter comida em nossos pratos. (MYERS, 1987 apud McNEELY; SCHERR, 2009, p. 33).

Reforçando-se – é preciso que uma atenção precisa seja dada ao peso bruto que o milho inflige ao mundo, tanto em quantidade quanto em necessidade de utilização, uma vez que é peça indispensável do sistema vigente, tanto para a alimentação quanto para a economia – ambas intrinsecamente ligadas. Poderia uma mudança de paradigma na produção de carne levar a mudanças de forma direta no sistema de produção de milho? Não se espera que uma transformação praticamente completa no tipo de alimentação que a maioria da humanidade leva aconteça. Cabe encontrar um equilíbrio com base na sustentabilidade. Porém, uma questão permanece – até que ponto alterar o sistema de produção, e manter o consumo, se torna viável e permite que o conceito seja renovável?

3.2. Variação genética e o aumento da produtividade

Na década de 20 do século XX, conforme os Estados Unidos cada vez mais se destacavam como líderes da produção mundial, iniciou-se por todo o país uma verdadeira revolução na produção de milho. Como as demandas cresciam, e, se conhecendo o alto potencial de variabilidade genética do milho, empresas do setor agrícola ampliaram seus setores de pesquisa e desenvolvimento em reprodução de plantas e genética – áreas cujo avanço estava em constante progresso. O aprimoramento de técnicas nesses campos foi fundamental para se promover um aumento como nunca havia sido feito nas colheitas e, conseqüentemente, nas safras e estoques. Assim, pela segunda vez na história, a humanidade começou a moldar o milho a seu favor – agora em escala industrial.

Tal alto potencial de variabilidade genética do milho está diretamente relacionado

[...] à alta capacidade de sua adaptação em ambientes de diferentes altitudes (de zero a mais de 2 mil metros), bem como aos diversos caracteres selecionados pelo homem. Essa variabilidade genética pode ser visualizada nas inúmeras raças de milho existentes. Conforme Galinat (1992), pela ampla adaptação geográfica, e pela

distribuição do milho pelos agricultores, a espécie se diferenciou em mais de 300 raças desde a época de Colombo (NETO et al., 2008, p. 591).

Os programas de melhoramento genético através da exploração da variação natural consistem basicamente em se cruzar variedades a fim de se gerar híbridos com caracteres de maior aproveitamento para atividades específicas – sendo os principais: produção de ração para animais, alimentos, óleo, combustível, além de tornar os cultivos mais resistentes a intempéries e pragas e mais capazes de se desenvolver em solos pouco férteis. Analisadas de forma puramente técnica e prática, essas iniciativas contribuíram, e têm contribuído, de forma bastante positiva e decisiva para o aumento da qualidade e do rendimento dos grãos. O investimento em pesquisas cada vez mais aplicadas, envolvendo todo o conceito evolutivo do milho, é um desafio para se continuar o melhoramento genético do cereal. Como apresentam os pesquisadores Poehlman e Sleper, [...] “nos últimos 50 anos o desenvolvimento e o uso de híbridos geneticamente melhorados, combinados com melhores práticas culturais, resultaram num aumento em torno de 340% no rendimento de milho nos Estados Unidos” (POEHLMAN; SLEPER, 1995 apud NETO et al., 2008, p. 593).



Figura 12 – Espigas do tipo de milho híbrido Optimum AQUAmax (esquerda) e de um híbrido de maturidade similar, mas com menor tolerância a seca (direita) produzidos sob considerável stress de seca em Johnston, Iowa 2012.

Fonte: Página da internet da empresa Pioneer, do grupo DuPont⁷.

Contudo, ao se analisar o lado social e ambiental da questão, surgem pontos que devem ser levados em conta. Primeiramente, o agricultor é encorajado, ou muitas vezes, se vê obrigado a obter sementes dos novos tipos para que consiga obter e /ou manter lugar no mercado. Como os tipos híbridos “[...] não produzem sementes fecundas para o replantio [...]” (SILVA, 1997, p. 135), a manutenção de suas safras é necessária para que os lucros não diminuam e que se possa continua comprando sementes a fim de repor suas plantações e colheitas, e assim sucessivamente. Isso aumenta os custos de produção e torna os produtores dependentes das empresas. Para os grandes produtores do agronegócio, ao menos em questão financeira, isso não é um problema. Porém, e quanto aos pequenos e médios produtores, que não apresentam o mesmo poder aquisitivo, e precisam dos frutos de sua produtividade para se manterem? Em muitas vezes chegam a uma escolha – aumentar a produtividade e se prenderem a fornecimento externo para iniciar novas safras, ou se manterem a métodos tradicionais com culturas menos produtivas, que podem ser diretamente repostas, porém que muitas vezes exigem tratamentos adicionais para que não se haja perdas muito danosas. Será isso eticamente correto, ainda mais se tratando numa questão tão fundamental quanto a dos alimentos?

O segundo ponto está quanto à continuidade das raças naturais de milho, denominadas crioulas. Por centenas de anos, as comunidades e os agricultores promoviam cruzamentos entre diferentes raças, que davam origem a indivíduos com potencial de reprodução, e, assim, de replantio. Com a ascensão dos híbridos, no entanto, “[...] a maioria dos agricultores, tanto de grandes quanto de pequenas propriedades, deixaram de cultivar as raças crioulas, que apresentavam um rendimento de grãos inferior ao dos híbridos, situação essa que se mantém até hoje [...]” (NETO et al., 2008, p. 592). Isso põe a sobrevivência dessas variedades numa linha fina, uma vez que estão concentradas em áreas pontuais onde coexistem com comunidades de populações tradicionais. Serão esses núcleos suficientes para garantir sua existência para o futuro – uma existência de parte da natureza em si? Além disso, não apenas a espécie em forma puramente natural estaria em risco, mas

⁷ Disponível em <<https://www.pioneer.com/home/site/us/products/corn/high-yield/hybrid-selection>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

também o imenso fator histórico e cultural que a mesma, com toda a sua diversidade, carrega. A questão fica em um equilíbrio entre a resolução de necessidades alimentares e energéticas, e as questões diretamente relacionadas a caracteres antropológicos, quando na verdade, ambas são necessárias para o verdadeiro progresso.



Figura 13 - Variabilidade genética, no grão, em variedades crioulas de milho.

Fonte: WIETHÖLTER in NETO et al., 2008, p. 592.

3.3. Análise dos OGMs e do milho transgênico

Os questionamentos gerados pela utilização cada vez mais ampla e generalizada das variedades de milho híbrido ainda continuam presentes entre estudiosos das áreas relacionadas a questões biológicas e ambientais. Existe um debate, conforme abordado o tema, sobre a importância de se manter a identidade da espécie, de forma natural, ao mesmo tempo que se consiga promover a disponibilidade de milho para sustentar pilares da questão alimentícia mundial. Contudo, o alvo de maior controvérsia nos dias de hoje se dá à produção e aplicação – cada vez mais difundida – de **organismos geneticamente modificados** (OGMs).

Até 1980, o cruzamento entre variedades da mesma planta era o único caminho para conduzir a outras variedades com as características desejáveis (SILVA, 1997, p. 136). No ano seguinte, a biotecnologia conseguiu desenvolver uma técnica com a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, na qual, alterando-se seus genes, permitiu-se que se tornasse inócua às plantas e injetasse genes benéficos nas mesmas. Porém, as gramíneas, ao não serem suscetíveis à bactéria, não apresentavam possibilidade de receber novos genes através de tal técnica. A solução foi encontrada através de microscópicas esferas de ouro ou de tungstênio recobertas com o DNA do organismo doador, disparadas diretamente nas células da planta receptora. O milho geneticamente modificado expressa a proteína cry1Ab, originada a partir da inserção do cry1Ab da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que faz com que as plantas resistam ao ataque por lagartas. A proteína cry1Ab “[...] está expressa em todas as partes da planta notando-se a baixa expressão em grãos e pólen comparativamente às folhas” (VERCESI; RAVAGNANI; DiCIERO, 2009, p. 446). Mais uma vez, pela terceira vez na história, o homem modificava o milho a fim de se obter ainda mais resultados e numa escala ainda maior que a das variedades híbridas.

Assim como a questão dos híbridos, a participação de empresas destinadas à produção de milho geneticamente modificado se encontra em papel de protagonista. O caso mais notável é o da multinacional Monsanto, com matriz nos Estados Unidos. A Monsanto foi pioneira no desenvolvimento de diversas variedades de OGMs. Porém, por que uma empresa com base em química industrial poderia se interessar por assuntos de desenvolvimento agrícola? A resposta está diretamente relacionada com a garantia e o acréscimo nas vendas do seu principal insumo, o herbicida Roundup. Conforme a base de informações apresentadas por Pelaez e Schmidt, (2000), os questionamentos – e as respostas – se tornam bastante claras: como prolongar a valorização desse produto de forma a induzir os agricultores a aumentar o uso do mesmo, em um momento no qual as normas ambientais nos Estados Unidos e no mundo se tornavam cada vez mais rígidas, impondo a redução do uso de agrotóxicos? Como garantir a fidelidade dos agricultores à marca de seu produto de modo a valorizá-lo ainda mais? O investimento na produção de sementes geneticamente modificadas, que produzissem certas toxinas ou que sejam capazes de resistir ao herbicida, parecia a solução ideal ao problema. A fim de driblar as regras para não modificar suas estruturas internas e, assim, garantir cada vez mais lucro, a

Monsanto – e posteriormente, outras empresas com os mesmos fins em última instância, como a Syngenta – deixaram os agricultores e os demais responsáveis diretos pela produção de alimentos com pouco poder de escolha, de forma ainda mais intensa do que no caso das variedades híbridas. Reduz-se, assim, ainda mais o protagonismo das variedades naturais do milho para consumo.

Segundo Pelaez e Schmidt (2000, p. 14),

Nos EUA, o processo de aprovação dos OGM mostrou-se ágil e pouco controvertido, viabilizando a rápida aceitação dos agricultores e consumidores norte-americanos [...]. A partir dessa etapa, a Monsanto investiu maciçamente na aquisição de grandes empresas sementeiras, transformando-se em um dos líderes mundiais de mercado. Os resultados desse empreendimento fizeram-se sentir rapidamente. As estimativas da American Soybean Association indicam uma evolução da área cultivada com soja transgênica nos EUA de 1%, em 1996, para 48%, em 1999. No caso do milho transgênico, os valores seriam de 0,7% para 30%.

Atualmente, nos Estados Unidos, quase 80% da área destinada ao plantio do milho é feita com sementes transgênicas (MENDES, 2016). No Brasil, a porcentagem de milho geneticamente modificado chega a 85% (PAPPON, 2013). Dentre as modificações presentes nos genes dos tipos de OGM estão: tolerância aos herbicidas glifosato, imidazolinona, glufosinato de amônio e cicloexanona (setoxidin); resistência a insetos da ordem Lepidoptera (lagartas de mariposas e borboletas) e Coleoptera (besouros); e modificação na amilase para produção de etanol (VERCESI; RAVAGNANI, DiCIERO, 2009. p. 443). Como se pode ver, a área tem dominância quase completa no setor de produção. Não por menos – os grãos e silagens são destinados aos grandes setores da alimentação animal e produção de etanol, com vantagens que vão desde maior produtividade e maior resistência a melhor composição nutricional (VERCESI; RAVAGNANI; DiCIERO, 2009, p. 442). Assim, analisando-se o milho OGM por uma lente puramente utilitária, sem se relacionar com as diversas questões ambientais e sociais, mostra-se que talvez seja uma opção viável (embora não absoluta). Porém, é totalmente irresponsável tomar em prática uma questão no topo das prioridades humanas por um viés apenas pragmático e, além disso, é possível se analisar apenas até um certo ponto – diga-se de passagem, raso – por esse ponto de vista. Para fins de precisão e, conseqüentemente, de segurança para o consumidor e para a sociedade como um todo, uma visão ampla deve ser tomada.

A questão é tão controversa que no Brasil, em 2010, a Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Ministério da Saúde) e o Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ministério do Meio Ambiente) foram contrários à decisão da CTNBio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança de liberar os milhos transgênicos Liberty Link, da Bayer; MON810, da Monsanto; e Bt11, da Syngenta. O Conselho de Ministros (CNBS), por sua vez, desconsiderou os argumentos técnicos dos órgãos do Ministério da Saúde e do Ministério do Meio Ambiente – certamente devido a lobbies e grande influência por parte das citadas multinacionais – e apoiou a liberação das variedades de milho. (INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR, 2010, p. 3). Como se pode ver, as dinâmicas de tomada de decisão por parte dos órgãos que, ao menos em título, deveriam ser responsáveis, são em boa parte baseadas em interesses a fim de se obter benefícios próprios, e não em prol dos interesses e do bem-estar coletivo.

Em geral, a identificação visual em busca de distinções entre um alimento totalmente natural e um transgênico não é possível, como ocorre no caso do milho. Porém, a diferença crucial, que desencadeia toda a controvérsia pelas mais diferentes lentes e abordagens, é que os organismos geneticamente modificados não teriam possibilidade alguma de surgir na natureza, uma vez que os cruzamentos genéticos são provocados entre seres vivos severamente distantes no parentesco entre si. Tais modificações, conforme uma série de estudos, têm o potencial de causar danos graves ao bem-estar social e à natureza. Outros estudos, por sua vez, concluem que os transgênicos não oferecem riscos diretos. No ponto médio dessa corda segurada por ambos os lados, está o consumidor e a insegurança que o assunto “transgênicos” traz. Quais serão, desta forma, os argumentos – e conclusões – a favor e contra a questão?

Abordando-se de forma imediata a questão social, o ponto de mais desconfiança é que os transgênicos causem danos à saúde. Segundo Vercesi, Ravagnani e DiCiero (2009), alguns estudos direcionados mostraram que é altamente improvável a passagem do transgene funcional através da ingestão direta do alimento contendo tais elementos, devido à alta degradação do DNA durante o processo de digestão. Além disso, segundo citação feita pelos autores, produtos derivados de animais alimentados com ração contendo OGM também não apresentam o DNA ou a proteína derivada do OGM em sua composição (CALSAMIGLIA et al., 2007 apud

VERCESI; RAVAGNANI; DiCIERO, 2009, p. 447). Os autores concluem, assim, que a carne e os produtos derivados da mesma não causam quaisquer efeitos adversos quando utilizados na alimentação. Contudo, como Costa et al. (2011, p. 333) apresentam, riscos alimentares podem surgir devido a “[...] efeitos pleiotrópicos [isto é, a capacidade de um gene determinar mais de uma característica fenotípica] de proteínas transgênicas e através dos efeitos regulatórios das construções inseridas”. Por mais que se tenha o controle preciso das modificações exatas a serem feitas para a criação de um alimento transgênico, a forte possibilidade de alterações no metabolismo – muitas vezes não desejáveis – e a atividade adicional de proteínas são processos complexos e muitas vezes difíceis de se acompanhar, sendo que por muitas vezes “[...] os pesquisadores não sabem exatamente quais características devem ser investigadas”. (COSTA et al., 2011, p. 333). Tais alterações indesejáveis já foram associadas a ao aumento de alergias nas pessoas, tendo, assim, o potencial de desencadear processos alérgicos em parcelas significativas da população, uma vez que se acaba não sabendo no fim das contas o que realmente está sendo ingerido. Mesmo que se argumente que o transgene em si não provoque risco ao consumo, os derivados do processo têm a forte possibilidade de desencadear malefícios.

Esta problemática técnico-biológica é abordada ainda mais a fundo pelos autores:

Quando os OGMs são desenvolvidos, algumas características existentes nos organismos podem ser alteradas não intencionalmente, afetando a expressão de componentes constitutivos. O transgene pode integrar dentro ou em regiões adjacentes dos genes da planta e perturbar sua expressão, pelo aumento ou diminuição dessa expressão. O transgene pode ser expresso de uma maneira tardia através da ação dos promotores em genes adjacentes da planta ou pela alteração das ORFs [*open reading frames*, sequências de DNA entre um códon de início e um códon de parada (BROWN, 2010)] do gene da planta. O rearranjo durante a integração pode criar ORFs alteradas que permitem ao transgene sintetizar produtos não intencionais (HASLBERGER, 2006 apud COSTA et al., 2011, p. 332).

Os processos envolvidos não param por aí. Os cientistas, após fazerem a edição genética desejada, precisam conferir se a mesma deu certo. Para isso, inserem ainda mais genes exógenos a fim de marcação, que na maioria dos casos são genes de bactérias resistentes a antibióticos. Conforme o Idec (Instituto Brasileiro de Defesa ao Consumidor) apresenta, a OMS (Organização Mundial da Saúde), a FAO

(Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), e a Comissão Europeia, para citar alguns dos órgãos mais importantes e conceituados, não recomendam a utilização de tais marcadores conforme a argumentação de que, pela ingestão de alimentos com tais adicionais, existe o risco de microrganismos patogênicos aos seres humanos desenvolverem resistência a medicamentos (INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR, 2010, p. 3). Mesmo assim, existem transgênicos autorizados no Brasil contendo tais genes adicionais. A regulamentação e fiscalização do que acontece no que se diz aos transgênicos no Brasil é baseada em critérios falhos e, na maioria das vezes, fora do que é estipulado ou ao menos recomendado por órgãos com poder muito mais superior de promover pesquisas sobre o tema, e, assim, de fornecer informações de forma realmente precisa.

A questão se torna ainda mais grave quando se confere que nunca foram feitos testes de médio ou longo prazo quanto aos impactos do consumo de milho GM em seres humanos, sendo inclusive repudiados pelas empresas que produzem os transgênicos (GREENPEACE, 2015). No entanto, testes feitos em ratos por pesquisadores da Universidade de Caen, na França, levaram a resultados bastante negativos. O milho transgênico NK603, utilizado para alimentar os animais — de uma das variedades mais vendidas do mundo — provocou câncer nos mesmos. Realizado por dois anos, o teste foi o primeiro a longo prazo realizado. Imagens um tanto perturbadoras de alguns animais, com tumores do tamanho de bolas de pingue-pongue, foram divulgadas, reacendendo ainda mais a desconfiança e a incerteza que paira por toda a abordagem dos transgênicos, e assim provocando mais um golpe na sua lógica de utilização.



Figura 14 – Espécimes de ratos utilizados nos testes de alimentação com milho NK603, realizados pela Unversidade de Caen, França. É notável a dimensão dos tumores gerados.

Fonte: GALILEU, 2015⁸.

Segundo a metodologia aplicada para a realização do estudo:

Na pesquisa, os ratinhos foram separados em grupos que comiam só milho transgênico, milho normal com herbicida ou transgênico com herbicida. A mortalidade entre essas cobaias foi até 3 vezes maior, no caso das fêmeas, em comparação com os animais do grupo de controle — que comiam milho normal e nada de herbicida (GALILEU, 2015).

Conforme continua e conclui a matéria:

O estudo foi publicado no Food and Chemical Toxicology Review, importante publicação científica, e acompanhou os animais por 24 meses, enquanto os testes para aprovar transgênicos costumam exigir apenas 3 meses. “Os primeiros grandes tumores apareceram entre o quarto e o sétimo mês, ressaltando que o padrão atual de triagem não é adequado”, dizem os autores da pesquisa, no artigo (GALILEU, 2015).

Após tamanhas evidências, é natural – e esperado – que a confiança do consumidor fique abalada. No Brasil, o milho transgênico são é amplamente utilizado na produção de muitos alimentos, como papinhas para crianças, salgadinhos e cereais matinais, óleos, bolachas e massas, margarinas e enlatados. São bens

⁸ Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI322531-18537,00-MILHO+TRANSGENICO+CAUSA+CANCER+EM+RATOS+E+REACENDE+DEBATE.html>>. Acesso em: 18 set. 2016.

consumidos por toda a população, e a presença dos transgênicos nos mesmos é um fator de imenso interesse a ser abordado pelas autoridades responsáveis por informar e promover a segurança do consumidor, uma das características fundamentais de uma sociedade em funcionamento saudável. Para isso, deve-se investir em ampliar e intensificar o acesso à informação, uma vez que é um direito fundamental do cidadão saber o que está fazendo parte de sua alimentação diária e, muitas vezes, também a de sua família.

Diversas pesquisas de opinião feitas no País atestam que os consumidores querem saber se o alimento é ou não transgênico: 74% da população (Ibope, 2001); 71% (Ibope, 2002); 74% (Ibope, 2003); e 70,6% (Iser, 2005) [...] Esta é uma vontade legítima, que está garantida pelo Código de Defesa do Consumidor. Também o Decreto de Rotulagem de Transgênicos (Decreto 4.680/03) exige a informação sempre que o alimento contiver mais de 1% de ingrediente transgênico (INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR, 2010, p. 7).

A segunda questão é tão importante quanto a primeira. Trata-se do impacto ambiental que a dependência de lavouras geneticamente modificadas pode provocar em larga escala e a longo prazo. O potencial gerado para a perda de biodiversidade e, como Laws (2013, p. 215) apresenta, para “efeitos colaterais imprevisíveis”, como o surgimento de organismos que, por não serem totalmente oriundos de processos naturais, venham a se tornar através de mutações, daninhos, é um problema que deve ser levado bastante a sério. Também existe o risco de contaminação de plantas tradicionais devido à transferência de pólen oriundo de plantas transgênicas. Se certas ervas daninhas acabarem passando por esse processo, o problema se torna ainda pior, pois a própria praga será resistente ao herbicida, o que alguns autores chamam de “super-erva” (XAVIER FILHO, 2002 apud DOS REIS, 2015, p. 9). Com isso, cada vez mais e mais agrotóxico precisará ser aplicado nas lavouras, levando a um aumento de resíduos não só nos alimentos, mas também na água e no solo, por sua vez intensificando ainda mais o ciclo vicioso de danificação ao equilíbrio do meio ambiente.

A longo prazo, é um caminho totalmente não sustentável e que demandaria ainda mais recursos para ser corrigido. Além disso, permite-se que empresas patenteiem o que originalmente era um recurso totalmente proveniente da natureza. Estaria certo deixar que isso aconteça? Patentear a própria vida, afim de se gerar cada vez mais lucros, e ainda mais com adicional desconsideração ao meio ambiente

– pois, como foi visto, o uso de sementes geneticamente modificadas é acompanhado também do uso intenso de herbicidas (a empresa que vende a semente de milho transgênico é a mesma que vende o veneno para aplicar na lavoura gerada) – é uma atitude ética? Uma das características mais defendidas e argumentadas pelos promotores dos transgênicos é a de serem resistentes às pragas. Porém, é importantíssimo se ressaltar que não são **imunes**, e assim, portanto, os agrotóxicos ainda são utilizados. A vantagem deveria ser que se utilizasse menos agrotóxico, mas não é o que acontece, justamente para que o insumo de combate a pragas possa continuar sendo vendido. Além disso, o alto custo das sementes contribui para ainda mais desigualdade social, uma vez que os países mais pobres têm recursos limitados para tais aquisições, o que por sua vez, os deixa incapazes de manter seus estoques nas quantidades necessárias.

Por fim, existe ainda o impacto para espécies animais, principalmente artrópodes, ampliando ainda mais o risco para a perda da biodiversidade. Um exemplo notável ocorreu no México, envolvendo pólen proveniente de lavouras de milho transgênico e populações de borboletas monarca (*Danaus plexippus*). A organização não-governamental Greenpeace publicou em 2005 o relatório “Perigos Ambientais das Plantas Transgênicas Inseticidas”, o qual apresenta a problemática:

Grande parte das lavouras transgênicas Bt atuais – a maioria quase absoluta – são geneticamente modificadas para trazerem em seu corpo o gene da toxidade contra determinadas espécies de mariposas e borboletas. As larvas desses insetos não-alvos também podem ingerir a toxina Bt inadvertidamente ao se alimentarem de folhas contaminadas com o pólen transgênico que se dispersam pelo vento das lavouras transgênicas. O impacto do pólen do milho Bt em larvas da borboleta monarca (*Danaus plexippus*) na América do Norte, é o exemplo mais conhecido desse fenômeno. O pólen do milho Bt (Bt176 da Syngenta) causou controvérsia sobre essa borboleta. Com isso, a variedade do milho Bt176 foi ou está sendo banido gradualmente, pois também se descobriu que ele era tóxico para larvas da borboleta-pavão da Eurásia (*Inachis io*).

[...]

Descobriu-se recentemente que a longa exposição ao pólen de dois tipos de milho transgênico Bt, MON810 e Bt11, causa efeitos adversos em larvas da borboleta monarca, embora essas variedades do milho Bt contenham menos proteína tóxica em seu pólen que o Bt176. Apesar de não terem sido observados efeitos a curto prazo (quatro a cinco dias), estudos de maior período (dois anos) descobriram que 20% menos larvas de monarcas alcançaram o estágio de borboleta adulta quando expostas ao pólen naturalmente depositado. Muitas espécies de borboletas e outros insetos já estão sob a ameaça de

fatores como as mudanças climáticas e a perda de hábitat. Um crescente stress resultante da exposição ao pólen Bt também poderia ameaçar certas espécies mais adiante. Avaliações de riscos ambientais lavouras Bt não exigem, hoje, estudos de exposição de longo prazo para organismos não-alvo, e já foi sugerido que períodos mais longos de exposição iriam aperfeiçoá-las. O caso da borboleta monarca demonstra que é vital que esses estudos sejam realizados. (GREENPEACE, 2005 apud CHAIA; CHAIA, 2011, p. 133)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até a atualidade, ainda não há unanimidade entre dentro a comunidade científica em relação ao milho transgênico, e aos OGMs no geral. Os partidários usam como argumento principal justamente a questão do aumento da produtividade em “[...] até 25% [em números absolutos], o que daria para alimentar 3 bilhões de pessoas” (LAWS, 2013, p. 215). Os opositores, por sua vez, apresentam dados e análises em abordagens mais amplas, envolvendo principalmente a segurança alimentar – o teste com os ratos de laboratório na Universidade de Caen acabou mostrando ser uma impactante contribuição para o assunto – e a extensiva prática de plantio e suas decorrências para o meio ambiente, seja em impactos diretamente provocados pelos transgênicos, seja em relação aos insumos pesticidas aplicados nas áreas de lavoura.

Deve-se manter uma visão aguçada em relação aos transgênicos, e fundamentalmente, aos tipos de milho submetidos a esse processo. A grande quantidade de estudos promovidos atualmente evidencia um pendor da balança na direção do lado contrário à utilização dos mesmos. Valerá a pena continuar arriscando com algo tão fundamental como a vida propriamente dita? O que está envolvido em torno dos transgênicos não é um mero jogo de dados. Mesmo que seja possível acabar ser comprovado de uma vez por todas que os produtos derivados de milho GM se mostrem, por fim, seguros ao consumo humano (e também animal), é preciso que a visão se mantenha em uma lente mais ampla, de conceito geral, onde preste-se atenção também ao meio ambiente, pois já foi comprovado que os efeitos negativos são ocorrentes. É por isso que o desenvolvimento de um sistema alternativo de produção, onde haja maior equilíbrio com a natureza, é cada vez mais necessário. É impossível manter o fluxo de produção e suprir a necessidade de alimentos em detrimento dos recursos naturais e do meio ambiente no geral.

É necessário também que sejam feitas constantes regulações – e inclusive restrições – às empresas responsáveis pela produção de sementes geneticamente modificadas. Permitir que usem e abusem como bem entenderem de um sistema tão importante como o da alimentação, e também promoverem ações que provoquem, seja a curto ou a longo prazo, danos à natureza, é um descaso com a humanidade no geral. Como apresenta Kunisawa (2005 apud ROSIERE, 2013 apud DOS REIS, 2015, p. 12), jamais questões de ordem econômico-financeira, como alto custo e diminuição

da margem de lucro, podem se sobrepor aos direitos à vida, à segurança e à saúde do consumidor, e bem como ao meio ambiente equilibrado. Os autores Antônio e Zilda (2005, p. 12) afirmam que: “No contexto de uma sociedade capitalista, no entanto, o principal objetivo da transgenia não é a alteração do organismo vivo, mas seu potencial uso econômico como mercadoria ou como instrumento para a obtenção de poder”.

Além disso, até que ponto poderá se dizer que está se consumindo diretamente um alimento ou um produto derivado do mesmo considerado de origem natural? Uma vez que híbridos e OGMs são produzidos em condições artificiais, e já apresentam dominância no cenário, existe sim, o risco real de se perder as raças tradicionais e sua força histórica Como Silva (1997, p. 136) apresenta:

Haveria um grande risco [...] de passarmos a depender, cada vez mais, da manipulação dos laboratórios para cumprir uma das mais elementares exigências da vida: comer. Isso pode significar abundância para as sociedades mais ricas e [...] miséria ainda maior para as mais pobres e com pouco acesso à tecnologia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, A. R.; MATTOS, Z. P. B. Ilusórias sementes. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 8, nº. 1, p. 101–120, jan./jun. 2005.

BONAVIA, Duccio. Maize: origin, domestication, and its role in the development of culture. Nova York: Cambridge University Press, 2013. 586 p.

BREWBAKER, James Lynn. Corn Production in the Tropics: The Hawaii Experience. Manoa: CTAHR Publications and Information Office, 2003. 75 p.

CHAIA, R. R; CHAIA, J. R. Organismos geneticamente modificados – análise crítica sob o enfoque do Desenvolvimento Local. Multitemas, Campo Grande, n.39, p.125-138, jul. 2011.

DOS REIS, A. F. Os transgênicos e as incertezas em relação a sua periculosidade: a necessidade de proteção do consumidor. 2015. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, 2015.

GALILEU. Milho transgênico causa câncer em ratos e reacende debate. 2015. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI322531-18537,00-MILHO+TRANSGENICO+CAUSA+CANCER+EM+RATOS+E+REACENDE+DEBATE.html>>. Acesso em: 18 set. 2016.

GLAT, D. A dimensão do milho no mundo. Disponível em <<http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

GREENPEACE. Ruim para o produtor e para o consumidor. 2015. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Transgenicos/>>. Acesso em: 18 set. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. Cartilha Transgênicos: feche a boca e abra os olhos. Disponível em: <<http://www.idec.org.br/ckfinder/userfiles/files/Cartilha%20Transgenico.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2016.

LAWS, Bill. 50 plantas que mudaram o rumo da história. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Sextante, 2013. 223 p.

McNEELY, J. A.; SCHERR, S. J. Ecoagricultura: alimentação do mundo e biodiversidade. Tradução do Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CPDA-UFRRJ), da Rede Brasileira Agroflorestal (Rebraf) e de Ecoagriculture Partners. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009. 459 p.

MENDES, C. EUA 2016/17: USDA estima aumento de área, produção e estoques de milho e redução na soja. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/usda/173115-usda-espera-producao-menor-de-soja-na-safra-201516-com-reducao-de-area-e-productividade.html#.V8eExpgrLIX>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

NETO, J. F. B. et al. Milho: Uma cultura sob domínio humano. In: EMBRAPA. (Org.). Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília, DF, 2008. p. 577-598.

PAPPON, T. Conheça 10 transgênicos que já estão na cadeia alimentar. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_lista_tp.shtml>. Acesso em: 31 ago. 2016.

PELAEZ, V.; SCHMIDT, W. A difusão dos OGM no Brasil: imposição e resistências. Estudos Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro, p. 5-31, abr. 2000.

SERENO, M. J. C. M.; WIETHÖLTER, P.; TERRA, T. F. Domesticação das plantas. In: EMBRAPA (Org.) Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília, DF, 2008. p. 577-598. p. 39-58.

SILVA, S. Milho. In: _____. (Org.). Flores do alimento. São Paulo: Empresa das Artes, 1997. p. 132-137.

VERCESI, A. E.; RAVAGNANI, F. G.; DI CIERO, L. Uso de ingredientes provenientes de OGM em rações e seu impacto na produção de alimentos de origem animal para humanos. Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, DF, v. 38, p. 441-449, 2009.