



DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE ALGODÃO: A ATUAÇÃO DA EMBRAPA **DEVELOPMENT OF COTTON CULTIVARS: EMBRAPA'S PERFORMANCE**

THAISE DANTAS DE ALMEIDA XAVIER¹; SERGIO MEDEIROS PAULINO DE CARVALHO²; JAQUELINE CAROLINO³; CELSO LUIZ SALGUEIRO LAGE²

¹ Embrapa/Doutoranda no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)

² Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)

³ Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

thaise.xavier@embrapa.br; sergio.paulinodecarvalho@gmail.com; jqcarolino@gmail.com;
clslage@gmail.com

Grupo de Trabalho (GT): GT8. Conhecimentos, tecnologias e inovações no rural

Resumo

A proposta deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica sobre cultivares de algodão, considerando a atuação da Embrapa. A Embrapa é uma empresa pública, vinculada ao MAPA constituindo-se na maior e principal instituição de pesquisa agropecuária brasileira, destacando-se na esfera internacional como o principal centro de tecnologia agropecuária tropical do mundo. Como parte do cumprimento da sua missão destacam-se a conservação de recursos genéticos em bancos de germoplasma e o desenvolvimento de novas variedades de plantas através dos programas de melhoramento genético. O processo de indicação de cultivares é dinâmico e contínuo. Periodicamente a pesquisa recomenda novas cultivares em substituição àquelas que estão sendo utilizadas pelos agricultores, sempre buscando uma maior rentabilidade econômica. O sucesso de uma lavoura de algodão depende, essencialmente, da cultivar escolhida para o plantio. A Embrapa já colocou no mercado uma grande diversidade de cultivares à disposição dos produtores, de modo a oferecer os melhores resultados.

Palavras-chave: Algodão. Cultivar. Embrapa.

Abstract

The proposal of this study is to perform a bibliographic review on cultivars of cotton, considering the performance of Embrapa. A Embrapa is a public company, linked to MAPA, becoming the largest and main Brazilian agricultural research institution, standing out in the international sphere as the main center of tropical agricultural technology in the world. As part of fulfilling its mission, the conservation of genetic resources in germplasm banks and the development of new plant varieties through genetic improvement programs stand out. The cultivar indication process is dynamic and continuous. Periodically, the survey recommends new cultivars to replace those being used by farmers, always seeking greater economic profitability. The success of a cotton crop essentially depends on the cultivar chosen for planting. Embrapa has already placed on the market a great diversity of cultivars available to producers, in order to offer the best results.

Key words: Cotton. Cultivar. Embrapa.

1. Introdução

O algodoeiro pertence à família das malváceas e ao gênero *Gossypium*. E sob este, estão identificadas cerca de cinquenta espécies, distribuídas nos continentes: Ásia, África, Austrália Oceania e América. O *Gossypium hirsutum* L., é uma das quatro espécies cultivadas no mundo, para a produção da fibra de algodão sendo explorada economicamente numa ampla faixa tropical e em algumas regiões subtropicais (GOMES; BORÉM, 2013). O Algodão é considerado como a mais importante das fibras têxteis, naturais ou artificiais e também como a



planta de aproveitamento mais completo, a qual fornece os mais variados produtos de utilidade (MAGALHÃES, 2006).

O comércio mundial da pluma de algodão, que é a *commodity* proveniente da cotonicultura, movimentou cerca de US\$ 12,2 bilhões em 2020, com mais de 32 milhões de hectares plantados que produzem em média 25 milhões de toneladas de pluma (ICAC, 2018; ABRAPA, 2023). Apesar do cultivo ser praticado em mais de cem países, a concentração é notável, com 78% da produção mundial e 90% da área colhida proveniente de cinco principais representantes: Índia (5.900,00 toneladas de pluma), China (5.730.000 toneladas de pluma), Estados Unidos (3.758.000 toneladas de pluma), Brasil (2.167.000 toneladas de pluma) e Paquistão (981.000 toneladas de pluma) (ICAC, 2018; ABRAPA, 2023).

A forma de cultivo entre os países é variada. Existem grandes representantes da cotonicultura tradicional, baseada em pequena propriedade ou de escala familiar e intensiva em mão de obra, quanto da cotonicultura empresarial, na qual o cultivo é em escala, altamente mecanizado, aliado a boas práticas de manejo e controle de pragas, utilização de sementes melhoradas, adubos e insumos químicos (EMBRAPA, 2017; ABRAPA, 2017). De forma geral, no primeiro grupo, com produtores de menor porte, porém em grande número, encontram-se países como Índia, China e diversos países africanos. Já no segundo grupo, a produção ocorre nos moldes empresariais e tem como principais representantes os Estados Unidos, Brasil e Austrália.

O Brasil é o quinto maior produtor de Algodão e tal oferta visa atender principalmente a demanda por fibras da indústria têxtil interna e dos países asiáticos. A trajetória da cotonicultura nacional consolidou um modelo empresarial de produção nos anos 2000. O atual estágio produtivo e qualitativo do algodão brasileiro foi conquistado devido à pesquisa e desenvolvimento de material vegetal adaptado às condições edafoclimáticas das atuais regiões produtoras, além do desenvolvimento de germoplasmas de qualidade com as características técnicas da fibra exigidas pela indústria têxtil (TELES; FUCK, 2016; ABRAPA, 2023).

Encontram-se nove sistemas de produção de algodão no Brasil. Seis sistemas referem-se a cultivos praticados por produtores familiares ou pequenos e médios produtores e três sistemas predominantes (97% da produção e 100% das exportações) representam cultivos mecanizados e de alta tecnologia (ABRAPA, 2017; CARRARO, 2021).

A unidade da Embrapa responsável pela pesquisa no algodão foi criada em 1975. A Embrapa Algodão é uma das 42 Unidades da Embrapa. Localizada em Campina Grande, na Paraíba, conta com 209 funcionários, sendo 56 pesquisadores e atua em todo o país, na geração de tecnologias, produtos e serviços para as culturas do algodão, mamona, amendoim, gergelim e sisal. Entre suas atividades está o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de controle biológico, biotecnologia, mecanização agrícola, qualidade de fibras e fios de algodão, além de prestar serviços de consultoria, assessoria, treinamento e análises laboratoriais (EMBRAPA, 2015a, 2023).

Atualmente as instituições públicas ocupam um papel secundário no melhoramento genético para a cotonicultura empresarial, contudo, buscam variedades dentro da cultura do algodoeiro e voltam seus esforços também ao pequeno produtor. Dessa forma, o programa de pesquisa da Embrapa é dividido em dois núcleos: um dedicado à região do semiárido, visando atingir localidades tradicionais no cultivo de algodão e com importância para a agricultura familiar e para o pequeno produtor; e o outro núcleo é voltado para aos estados produtores na região do bioma dos cerrados, contemplando então, além do Centro-Oeste, os estados nordestinos e do norte da região do Mapitoba (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia) que são a mais recente fronteira agrícola do agronegócio (MIYAMOTO, 2014; PAES, 2021).

O artigo está estruturado, além da Introdução, em mais duas seções, a de Metodologia e a de Resultados e Discussão, e por fim as Considerações finais.



2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa qualitativa e descritiva sobre a cultura do algodão que no seu desenvolvimento foram utilizadas de informações, com ênfase ao uso de dados secundários, pesquisa bibliográfica e *sites* especializados.

Para as buscas de documentos foram utilizadas como palavras-chave: algodão, cultivares de algodão, algodão colorido, fibra, melhoramento genético. Nos casos em que determinado artigo apresentava referências consideradas importantes, a busca prosseguiu, tendo-se em conta os artigos citados como referência para este trabalho. A seleção inicial foi feita através da leitura dos resumos e os artigos selecionados foram lidos na íntegra.

A escolha da Embrapa se justifica pela importância de suas contribuições para a sociedade brasileira. Como instituição governamental dedicada à pesquisa agropecuária, a Embrapa ajudou o Brasil a superar as barreiras que limitavam a produção de alimentos, fibras e energia, tornando a agropecuária brasileira uma das mais eficientes e sustentáveis do planeta. Em seu Balanço Social, em 2021, a empresa demonstrou que para cada real investido, obteve-se um retorno de R\$ 23,38 (vinte e três reais e trinta e oito centavos) para o país (EMBRAPA, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A competitividade da agricultura brasileira, conquistada com grande esforço e forte participação da Embrapa nestes 50 anos, depende do sucesso em manter a variabilidade genética das espécies de importância atual e potencial para a agricultura, e do desenvolvimento de novas e melhores variedades de plantas. Neste contexto, tem-se a cultura do algodão.

3.1 A Cultura do Algodão

O cultivo do algodão resulta em produtos com aplicação industrial diversificada, em que tudo da planta é aproveitado. O fruto do algodoeiro é composto pelas sementes (52%), fibras (40%) e demais estruturas botânicas (8%) (BRASIL, 2007). As fibras crescem aderidas às sementes seladas numa cápsula, denominada de capulho, que se abre quando madura. O capulho maduro ou caroço de algodão é colhido e dele tanto as sementes quanto as fibras são aproveitados após o processo de descaroçamento. A fibra tem maior importância econômica e dela se deriva, principalmente, a pluma (fibras longas de alta qualidade), linter (fibras curtas que envolvem o caroço) e fibrilha (subproduto do processo de descaroçamento) das quais se produz uma série de variedades têxteis. Do caroço, parte é destinado à alimentação animal sem que haja nenhum beneficiamento e o restante é destinado às esmagadoras que obtêm óleo, torta e farelo (ABRAPA, 2017).

Após a colheita, o caroço de algodão é compactado, formando fardos com peso médio de 10 toneladas, podendo alcançar densidade de até 200kg/m³, que armazenam o algodão até que seja transportado ao local do beneficiamento (EMBRAPA, 2017). O processo de beneficiamento do algodão ou descaroçamento é realizado nas chamadas algodoeiras e consiste na separação da fibra da semente de forma a manter as qualidades intrínsecas da fibra. No Brasil, as unidades produtivas de grande porte contam com algodoeiras próprias de forma a agregar valor à produção, além de realizarem a prestação do serviço de beneficiamento a outros produtores (BRASIL, 2007; XAVIER, 2018). A unificação da unidade produtiva do algodão com seu beneficiamento foi essencial para elevar os ganhos do cotonicultor, que deixou de vender o algodão em caroço para vender o algodão beneficiado, a pluma, que é a *commodity*

em si (GONÇALVES; RAMOS, 2008). O pequeno produtor agrega valor à produção através das miniusinas de beneficiamento e prensas hidráulicas (desenvolvidas pela Embrapa) instaladas em associações de pequenos agricultores (MIYAMOTO, 2014).

A partir do beneficiamento, a pluma é comercializada para a produção de fios e segue o fluxo da indústria têxtil, com a fabricação de tecidos, malhas e confecções para atacado e varejo. Do caroço, cerca de 40% da produção nacional, é destinada in natura para alimentação de animais na pecuária e o restante é levado às esmagadoras para obtenção do linter, óleo, torta e farelo (ABRAPA, 2017).

Além de possíveis diferenças no potencial de produção e de qualidade da fibra, cultivares de algodoeiro se distinguem, pelo menos, por quatro características, que pesam na sua escolha para plantio: a) porte e conformação da planta, o que condiciona adaptabilidade a diferentes sistemas de produção; b) duração e grau de determinação do ciclo produtivo, o que tem implicações na época de semeadura, exigências nutricionais e manejo da cultura; c) rendimento no beneficiamento (porcentagem de fibra), fator de escolha que resulta da forma de comercialização do produto (em caroço ou pluma) pelo produtor; e d) resistência ou tolerância a doenças, ponto decisivo segundo o histórico ou probabilidade de ocorrência de patógenos na área a ser cultivada. Aham-se disponíveis no Brasil numerosas cultivares de órgãos públicos e empresas privadas que se destacam em uma ou mais dessas características. “O produtor deve escolher aquela que sobressai quanto à característica que julga mais importante para o seu sistema de produção, sem que, por outro lado, apresente deficiências graves, notadamente, suscetibilidade a doenças” (TELES; FUCK, 2016, XAVIER, 2018; NUNES, 2020).

3.2 Cultivares de fibra branca

O processo de indicação de cultivares é dinâmico e contínuo; periodicamente a pesquisa recomenda novas cultivares em substituição às aquelas que estão sendo utilizadas pelos agricultores, sempre buscando uma maior rentabilidade econômica. Na região Nordeste, o algodoeiro é cultivado em dois ecossistemas bem diferenciados: O Cerrado do oeste da Bahia, sul do Piauí e do Maranhão e o Semiárido (Agreste e Caatinga) que abrangem os demais estados. Diante das diferenças edafoclimáticas destes ecossistemas, os objetivos do programa de melhoramento conduzidos nestes ecossistemas também são distintos (VIDAL NETO; FREIRE, 2013).

O sistema de produção do algodoeiro predominante na região do Cerrado (oeste da Bahia, sul do Piauí e do Maranhão) é semelhante ao utilizado no Cerrado do Centro-Oeste. Se caracteriza pelo uso intensivo de insumos e defensivos agrícolas, emprego de maquinários da semeadura à colheita, beneficiamento e comercialização da pluma diretamente com as indústrias têxteis e de óleo, exigindo-se cultivares de alto rendimento de pluma e com características tecnológicas que atendam às exigências das indústrias do Brasil e dos mercados importadores da América Latina, Ásia e Europa (MORELLO et al., 2011). A Embrapa Algodão tem disponíveis as cultivares BRS 336, BRS 335, BRS 293, BRS 286, BRS 269 Buriti, BRS Aroeira, BRS 187 8H e BRS 416 de fibras brancas (EMBRAPA, 2015b).

3.3 Cultivares de fibras coloridas

O algodão naturalmente colorido (Figura 1) tem origem na América antiga onde tecelões já fiavam e teciam os algodões de cor marrom e verde, desde sua domesticação há 4.500 anos (NARAYANAN; SUNDARAM, 1996). A maioria dos materiais de algodão naturalmente colorido cultivados no mundo é descendente de estoques pré-colombianos, selecionados pelos povos antigos das Américas (STEPHENS, 1975). Escavações encontraram algodões coloridos

no Peru, produzidos aproximadamente a 2.500 a.C., e no Paquistão foram encontrados algodões de fibra branca produzidos em 2.700 a.C., demonstrando que o algodão colorido e o branco são igualmente antigos (GULATTI; TURNER, 1928). O línter (fibras curtas) e a fibra longa dos algodões tetraploides ocorrem nas cores que vão do branco a diversas tonalidades de verde e marrom. Os genes que conferem essas tonalidades estão descritos na literatura. No caso dos algodões silvestres, a maioria possui coloração em suas fibras curtas e não fiáveis (HARLAND, 1935; KOHEL, 1985; WARE, 1932; CARVALHO, 2016).

Em termos de características, os trabalhos de melhoramento realizados desde a metade do século 20 produziram cultivares superiores e adaptadas às regiões de cultivo, enfatizando a diferença de importância econômica dos dois tipos de algodão. No entanto, o algodão colorido se encontra com fibra de característica inferior em relação ao branco (VIDAL NETO; FREIRE, 2013).

É crescente o interesse no cultivo do algodão de fibra colorida na região Nordeste do Brasil pela agricultura familiar, tanto em manejo convencional quanto orgânico. Tal interesse deve-se a possibilidade do agricultor poder comercializar a fibra colorida por um preço melhor quando comparada a fibra do algodão branco. Fatores tais como coloração natural; produção de forma orgânica fazem com que o produto tenha um alto valor comercial (CARVALHO, ANDRADE, SILVA FILHO; 2011). Neste ambiente, desde a década de 1980, a Embrapa Algodão vem realizando trabalhos de melhoramento genético com a finalidade de selecionar cultivares de fibra colorida com boa produtividade e qualidade de fibra.

Para tanto, foram realizados cruzamentos de espécies coloridas para a obtenção de um produto com resistência e comprimento da fibra adequados ao processo industrial. Como resultado, houve a retomada da cotonicultura na região do semiárido no Nordeste. O algodão colorido desenvolvido pela Embrapa é considerado ecologicamente correto, pois elimina o processo de tingimento, um dos mais poluentes da indústria têxtil economizando, assim, 87,5% de água no processo de industrialização (NCC, 2015).

Foram lançadas comercialmente seis cultivares: BRS 200 e BRS Topázio, de cor marrom-clara, BRS verde, de cor verde claro, BRS Rubi e BRS Safira, de cor marrom-avermelhada, e mais recente, BRS Jade, também de coloração marrom-clara (Figura 1) (EMBRAPA, 2015b).

Figura 1 - Da esquerda para a direita: Algodão de fibra branca, BRS 200, BRS Verde, BRS Rubi.



Fonte: Carvalho et. al. (2011).



3.4 Cultura do Algodão no Cerrado

A cultura do algodoeiro tornou-se nos últimos anos uma das principais *commodities* brasileiras. O avanço da cultura no Cerrado brasileiro resgatou o país da condição de importador para a de exportador de pluma. Esse é o resultado do esforço dos produtores, técnicos, pesquisadores e governos por meio de associações de produtores, das instituições públicas e empresas privadas na geração e transferência de novas tecnologias visando aperfeiçoar o sistema produtivo. Este aspecto tem feito com que o Cerrado brasileiro detenha as mais altas produtividades na cultura do algodoeiro no Brasil e no mundo, em áreas não irrigadas (EMBRAPA, 2017).

A segunda metade da década de 90 significou um marco na migração da cultura do algodoeiro, das áreas tradicionalmente produtoras no Semiárido para o Cerrado brasileiro. Hoje esta região responde por 99% da produção brasileira de algodão, tendo o Estado de Mato Grosso como o maior produtor (NEVES; PINTO, 2012). Percebe-se que a Embrapa vem participando da evolução da cotonicultura do Cerrado por meio da geração e transferência de tecnologias. Realização de pesquisas, visando aperfeiçoar os sistemas de produção, bem como desenvolvimento de novas cultivares com as características de produtividade, qualidade de fibra e resistência às doenças demandadas pelo setor produtivo, são exemplos das atividades desenvolvidas pela Embrapa. Recentemente, a transgenia para facilitar o controle de plantas daninhas e pragas também passou a ser uma tecnologia demandada pelo sistema produtivo, e a Embrapa também está empenhada em disponibilizar cultivares que atendam a essa demanda (EMBRAPA, 2017).

O programa de melhoramento do algodoeiro da Embrapa para o Bioma Cerrado foi iniciado em 1989, em Mato Grosso. Posteriormente, o programa foi expandido para os cerrados de Goiás e da Bahia, resultando em uma série de cultivares desenvolvidas especificamente para esses estados (EMBRAPA, 2015a).

Atualmente, o programa está estruturado para desenvolver cultivares considerando condições ecológicas e de sistema de produção no Cerrado com foco em duas regiões: o cerrado da região Centro-Oeste, envolvendo os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Tocantins, Minas Gerais e Rondônia e o cerrado da região Nordeste, envolvendo os estados da Bahia, Maranhão e Piauí. O programa voltado para o cerrado da região Centro-Oeste preconiza a busca de cultivares com resistência múltipla às principais doenças e nematoides, de ciclo médio a curto e com maior precocidade de maturação, permitindo, inclusive, o cultivo em segunda safra. Já o programa voltado para o cerrado da região Nordeste busca cultivares de ciclo médio a tardio, resistentes às principais doenças e nematoides e com qualidade de fibra diferenciada (EMBRAPA, 2014).

Para ambas as regiões, a produtividade deve ser acima de 300 arrobas/ha, com percentagem de fibra superior a 41%. Em se tratando de fibra de padrão médio de comprimento, as características tecnológicas avaliadas em HVI (*High Volume Instruments*) devem apresentar finura (índice micro-naire) entre 3,7 a 4,2; comprimento entre 28,5 mm a 31 mm; resistência superior a 28 gf/tex; uniformidade de comprimento superior a 80%; índice de fibras curtas inferior a 7%; número de neps que mede o enovelamento da fibra inferior a 250; fiabilidade superior a 2.200 e alongamento superior a 7%. Adicionalmente, a agregação de características através da transgenia, como a tolerância a herbicidas e a resistência a lepidópteros, contribui para uma melhor eficiência do sistema produtivo. As cultivares devem apresentar boas respostas a aplicação de insumos, incluindo fertilizantes químicos, inseticidas, herbicidas, fungicidas, reguladores de crescimento e desfolhantes. É exigida boa adaptação à colheita mecanizada, devendo as plantas apresentar a inserção do primeiro ramo frutífero acima de 20

cm do solo; porte ereto, mesmo quando manifestando todo seu potencial produtivo e capulhos bem aderidos às cápsulas (FUZATTO, 1999).

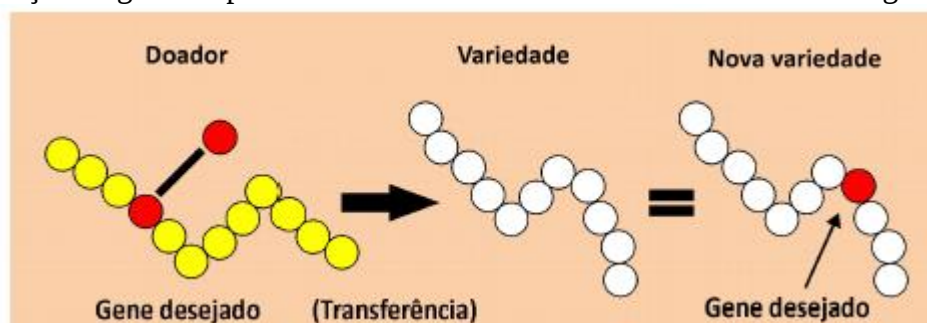
Como resultados do programa de melhoramento, a Embrapa já desenvolveu diversas cultivares de algodoeiro para as condições do Cerrado: CNPA ITA 90, CNPA ITA 92, BRS ITA 96, CNPA ITA 97, BRS ANTARES, BRS FACUAL, BRS AROEIRA, BRS IPÊ, BRS SUCUPIRA, BRS ITAUBA, BRS CEDRO, BRS ARAÇA, BRS 269-BURITI, BRS 286, BRS 293, BRS 335 e BRS 336, BRS 368 RF, BRS 369 RF, BRS 370 RF, BRS 371 RF, BRS 372, BRS 430 B2RF, BRS 432 B2RF, BRS 433 FL B2RF e BRS 500 B2RF (EMBRAPA, 2015b).

3.5 Cultivares de Algodão Transgênico

O manejo de pragas é um fator limitante para o cultivo do Algodão, seja em pequena ou larga escala, pois muitas vezes chega a representar 30% do custo total de produção, em consequência das inúmeras pulverizações exigidas para o controle de insetos e ácaros. Desta forma, o controle de pragas do algodoeiro acaba sendo um fator condicionante da rentabilidade desta cultura (RICHETTI et al., 2004).

Entre os principais avanços para o controle de pragas na cultura do algodão, podemos citar a disponibilidade das variedades de algodão chamadas geneticamente modificadas ou transgênicas (SANTOS; TORRES, 2010). As plantas transgênicas são plantas geneticamente modificadas mediante inserção no seu genoma de um ou mais genes de outros organismos, através da tecnologia de DNA recombinante que permite efetuar um processo de transferência de genes entre espécies diferentes, de forma a garantir a expressão gênica de interesse (NODARI; GUERRA, 2001) (Figura 2).

Figura 2 - Inserção de genoma para desenvolvimento de uma nova variedade transgênica.



Fonte: Nodari e Guerra (2001).

Cultivares de algodoeiro geneticamente modificadas pela tecnologia do DNA recombinante, apresentaram nas últimas duas décadas, grandes avanços em relação às cultivares convencionais, principalmente em relação à resistência a pragas e doenças e tolerância a herbicidas, não havendo, a princípio, diferenciação da qualidade da fibra entre as mesmas (BLAISE, 2011). No entanto, Santana et al. (2000) destacam que diversos fatores abióticos e bióticos, como a pluviometria, temperatura média, radiação solar, fertilidade do solo, presença de insetos-praga e doenças podem afetar a produtividade e a qualidade de fibra do algodoeiro. Segundo Baldo et al. (2009) o estresse hídrico, situação comum no semiárido brasileiro, induz, a redução de altura, diâmetro de colo e número de folhas, além de restringir a formação de estruturas reprodutivas no algodoeiro, principalmente quando a falta de água ocorre durante o desenvolvimento dos capulhos, reduzindo a produtividade, com efeito potencializado em solos

de baixa fertilidade, pobres em nitrogênio e micronutrientes, considerados os principais fatores químicos limitantes sob clima árido e semiárido (SINGH; RAO, REGAR, 2010).

O uso de cultivares transgênicas de algodão representa inúmeras vantagens e dentre as principais destaca-se a redução no número de aplicação de inseticidas, diminuindo assim a depreciação dos equipamentos envolvidos nessa operação e aumento da população de inimigos naturais de insetos-praga, diminuindo as perdas na lavoura (BENNETT; MORSE; ISMAEL, 2006).

Cultivares geneticamente modificadas de algodoeiro são cultivadas em quase todos os principais países produtores de algodão do mundo (JAMES, 2004). No Brasil, a primeira aprovação para uso comercial de algodoeiro transgênico data de março de 2005 (Parecer Técnico Conclusivo, CTNBio nº.513/2005), data em que o País entrou na era dos algodoeiros transgênicos (BARROSO et al., 2005). Atualmente, o Brasil se apresenta como o segundo maior produtor de variedades transgênicas no mundo (CONAB, 2019).

Os procedimentos de regulamentação envolvidos na autorização de um novo evento transgênico, até o lançamento das sementes transgênicas no mercado são complexos e passam por diversos setores do poder público, mas toma-se como marco a aprovação comercial concedida pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, e o posterior registro das cultivares derivadas desse evento junto ao Registro Nacional de Cultivares – RNC do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Governo Federal do Brasil (XAVIER, NUNES FILHO, LOPES; 2018).

3.6 Cultivares de Algodão Transgênico Desenvolvidas pela Embrapa

O algodão designado comercialmente de Algodão RRFlex significa uma linhagem ou cultivar de algodão que contém o evento de transformação genética MON 88913. O Evento MON 88913, representa a segunda geração de algodão tolerante ao herbicida glifosato, e apresenta maior tolerância ao glifosato durante as fases críticas de crescimento, quando comparado ao algodão MON 1445 (primeira geração de algodão geneticamente modificado tolerante ao glifosato) (BRASIL, 2011). Conforme Horak e Woodrum (2003), a utilização do algodão MON 88913 possibilita a aplicação do glifosato sobre a cultura de algodão geneticamente modificado até estágios mais tardios de desenvolvimento das plantas, se comparado ao algodão MON 1445. Isso irá proporcionar um controle mais efetivo das plantas daninhas durante o cultivo, com riscos mínimos de danos à cultura do algodão.

Produtores de algodão do Cerrado Brasileiro passaram a contar com novas cultivares de algodão com excelentes características genéticas. A Embrapa reuniu nessas cultivares a qualidade da empresa no desenvolvimento genético com a tecnologia RR Flex da Monsanto para tolerância ao glifosato. Essas são as primeiras cultivares brasileiras com a tecnologia RR Flex, que oferecem maior flexibilidade no controle de plantas daninhas pelo glifosato, permitindo a aplicação do herbicida nos diferentes estágios de desenvolvimento do algodoeiro.

O quadro 1 reúne as principais características das cultivares BRS371RF, BRS370RF, BRS369RF e BRS368RF (algodão RRFlex) desenvolvidas pela Embrapa, comercializadas por seus parceiros licenciados, para produtores dos estados de Goiás, Bahia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e seus respectivos números no Registro Nacional de Cultivares.

Quadro 1 - Cultivares de algodão RRFlex desenvolvidas pela Embrapa.

Denominação da Cultivar	Nº de Registro no RNC	Principais Características
BRS 371RF	30479	Resistência múltipla a doenças, com destaque para a mancha da ramulária e ao nematóide das galhas. Indicada para cultivo em primeira safra nos estados de GO, MT, MS e BA.
BRS 370RF	30480	Ampla adaptação aos estados de GO, MT e MS, para cultivo em primeira e segunda safra.
BRS 369RF	30481	Alta produtividade no cultivo em segunda safra nos estados de GO, MT e MS. Indicada para espaçamento normal e estreito.
BRS 368RF	30482	Alta produtividade para cultivo em primeira safra (sequeiro) e segunda safra (irrigado) no estado da BA.

Fonte: Adaptado de Xavier, Nunes Filho e Lopes (2018).

O Algodão Bollgard II RRFlex é resultante do cruzamento, através do melhoramento genético clássico, dos parentais de algodão geneticamente modificados MON 88913 e MON 15985. As primeiras gerações de algodão geneticamente modificado resistente a pragas foi a variedade de algodão MON 531 e de algodão tolerante ao glifosato foi a variedade de algodão MON 1445. Ambas têm sido amplamente utilizadas por cotonicultores em diversos países onde essas tecnologias se encontram aprovadas individualmente, ou a combinação delas em um só produto, como inclusive o Brasil. Tanto o algodão MON 15985 quanto o algodão MON 88913 representam as segundas gerações de algodão resistente a pragas e tolerante ao glifosato, respectivamente. A utilização do algodão MON 15985 x MON 88913 possibilita, portanto, o controle mais efetivo de pragas alvo importantes na cultura do algodão e a aplicação do glifosato sobre a cultura até estágios mais tardios de desenvolvimento das plantas, com riscos mínimos de danos à cultura do algodão (BRASIL, 2012).

As cultivares Bollgard II RRFlex, geneticamente resistentes às principais lagartas do algodoeiro e tolerantes ao herbicida glifosato, possuem elevada produtividade, estabilidade de produção e fibra de qualidade superior. A Embrapa oferece aos produtores cultivares que conciliam a excelência genética com a biotecnologia de ponta, para a produção de algodão no Cerrado do Centro-Oeste e Nordeste do Brasil.

O quadro 2 reúne as principais características das cultivares de algodão Bollgard II RRFlex desenvolvidas pela Embrapa e seus respectivos números no Registro Nacional de Cultivares.

Quadro 2 - Cultivares de algodão Bollgard II RRFlex desenvolvidas pela Embrapa.

Denominação da Cultivar	Nº de Registro no RNC	Principais características
BRS 430 B2RF	36252	Cultivar de porte médio e ciclo médio a precoce, indicada para o meio/fechamento do plantio de safra nos Estados do MS, MT, GO e na região MATOPIBA e para cultivo em segunda safra (safrinha) nos estados de GO, MT e MS. Possui elevado potencial produtivo (acima de 4500 kg/ha) e rendimento de aproximadamente 40% de fibra. É resistente às doenças mancha angular (bacteriose), doença azul e mosaico comum (viroses).
BRS 432 B2RF	36251	Cultivar de porte médio e ciclo médio a longo, indicada para a abertura do plantio de safra nos Estados do MS, MT, GO e na região do MATOPIBA. Possui elevado potencial produtivo (acima de 4500 kg/ha) e rendimento de aproximadamente 42% de fibra. É resistente às doenças mancha angular (bacteriose), doença azul e mosaico comum (virose).
BRS 433FL B2RF	36253	Cultivar de porte médio e ciclo longo, indicada para a abertura do plantio de safra nos Estados do MS, MT, GO e na região do MATOPIBA. Também é recomendada para o cultivo em condições irrigadas do semiárido do Nordeste. Possui elevado potencial produtivo (acima de 4500 kg/ha) e rendimento de aproximadamente 38% de fibra. Sua fibra possui elevada resistência e comprimento superior a 32 mm quando as condições climáticas são favoráveis, classificando a sua fibra como do tipo “longa”. É resistente às doenças mancha angular (bacteriose), doença azul e mosaico comum (viroses).
BRS 500 B2RF	44648	Cultivar de algodoeiro transgênica (B2RF), de alta produtividade e produção de fibra branca de comprimento médio; resistente a lagartas e ao herbicida glifosato (Bollgard II RRFlex); com resistência à doenças, com destaque para resistência à mancha de ramulária e ao nematoide das galhas. Indicada para cultivo em áreas comerciais de elevada produtividade e áreas com incidência de nematoide das galhas na região do Cerrado.

Fonte: Adaptado de Xavier, Nunes Filho e Lopes (2018).

O Algodão Bollgard II RRFlex (Evento MON 15985 x MON 88913) possui o maior número de cultivares registradas no RNC, seguido do Algodão Roundup Ready Flex e do Algodão Widestrike. De acordo com a Embrapa (2014) as cultivares de Algodão Bollgard II RRFlex apresentam-se como opção de cultivares com genética adaptada ao ambiente tropical, aliada a biotecnologia eficiente, para produção de algodão com rentabilidade, elevada produtividade, estabilidade de produção, fibra de qualidade superior, resistência às principais lagartas e tolerância ao herbicida glifosato. A Monsanto do Brasil S.A., detentora da tecnologia, afirma que o Evento MON 15985 e MON 88913 é uma ferramenta importante para ajudar no manejo integrado de pragas, aumentando a flexibilidade no manejo de plantas daninhas e no aumento dos resultados para o produtor rural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso de uma lavoura de algodão depende, essencialmente, da cultivar escolhida para o plantio. Como visto, a Embrapa já colocou no mercado uma grande diversidade de cultivares à disposição dos produtores, cada uma com características específicas que as tornam adaptadas ao sistema de produção utilizado e ao local de implantação da lavoura, de modo a oferecer os melhores resultados.

Trabalhos de melhoramento com o algodão estão sendo intensificados. Considerando a disponibilidade de cultivares/linhagens em fase final de avaliação pela Embrapa Algodão, com perspectiva de lançamento de até 6 novas cultivares no mercado para uso na safra 2022/2023, incluindo cultivares transgênicas e coloridas, os produtores devem ficar atentos para adquirirem sementes das cultivares que aliem boas qualidades de fibras e alta produtividade, com outras características agrônômicas como a resistência às doenças de maior importância nas suas regiões, como estratégia de redução de riscos e de custos de produção.

Como perspectivas futuras tem-se que tudo ocorre para que, num futuro próximo, algumas características como tolerância a estresses abióticos, como seca, salinidade, calor, encharcamento etc. e resistência a estresses bióticos, como doenças e pragas, sejam a realidade nas culturas de algodão. Outras demandas do mercado algodoeiro são a modificação do óleo derivado das sementes de algodão, de modo a obter um óleo comestível mais saudável e produtos que atendam à demanda bioenergética, como também melhoria de características qualitativas e quantitativas da fibra.

O mercado têxtil anseia por fibras de algodão coloridas, com maior resistência e que apresentem um diferencial quanto à sedosidade e ao conforto térmico. Além disso, avanços nas áreas de bioquímica, fisiologia, genética e biologia molecular vegetal, levarão cada vez mais ao uso eficiente de nutrientes e eficiência no uso da água, o que permitirá maior competitividade e manutenção da cultura algodoeira no Brasil.

O reconhecimento de que a biotecnologia vegetal perpassa por diversas áreas do conhecimento, conduz a uma reflexão bem mais abrangente do que simplesmente à geração de algodões transgênicos. É essencial que essa tecnologia esteja associada à otimização de processos de seleção nos programas de melhoramento convencional, na identificação de novas fontes de variabilidade em espécies nativas e selvagens, e na melhor compreensão dos genes e das proteínas que controlam as respostas das plantas frente a estresses bióticos e abióticos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODÃO (ABRAPA). **A Cadeia do Algodão Brasileiro: Safra 2016/2017: Desafios e Estratégias** / Organizadores: Marcos Fava Neves e Mairun Junqueira Alves Pinto. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODÃO (ABRAPA). **Dados**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2023. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx>. Acesso em: 22 jan. 2023.

BALDO, R.; SCALON, S. P. Q.; ROSA, Y. B. C.; MUSSURY, R. M.; BETONI, R.; BARRETO, W. S. Comportamento do algodoeiro cultivar Delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1804-1812, 2009.

BARROSO, P. A. V.; FREIRE, E. C.; AMARAL, J. A. do; SILVA, M. T. **Zonas de exclusão de algodoeiros transgênicos para preservação de espécies de *Gossypium* nativas ou naturalizadas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Comunicado técnico, 242).

BENNETT, R.; MORSE, S.; ISMAEL, Y. The economic impact of genetically modified cotton on South African smallholders: yield, profit and health effects. **The Journal of Development Studies**, v.42, n.4, p.662-677, 2006.

BLAISE, D. Tillage and green manure effects on Bt transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.) hybrid grown on rainfed Vertisols of central India. **Soil and Tillage Research**, v. 114, p. 86-96, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadeia produtiva do algodão / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Inter-americano de Cooperação para a Agricultura. Antônio Márcio Buainain e Mário Otávio Batalha (coordenadores), Pedro Vieira Junior, Sheila Ferreira Leite. – Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Proteção de Cultivares no Brasil / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, 2011.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Parecer Técnico nº 2956/2011. Liberação Comercial de Algodão Geneticamente Modificado tolerante ao glifosato (2ª geração). 2011. Disponível em: <<http://www.ctnbio.mcti.gov.br>>. Acesso em: 29 mai. 2021.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Parecer Técnico nº 3365/2012. Liberação Comercial – algodão MON15985 x MON88913. 2012. Disponível em: <<<http://www.ctnbio.mcti.gov.br> >. Acesso em: 29 mai. 2021.

CARRARO, I. M. A **Evolução do Algodão no Brasil**. Seednews. Pelotas, Ed. XXV, mar. 2021. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/3496-a-evolucao-do-algodao-no-brasil-edicao-marco-2021>. Acesso em: 22 jan. 2023.

CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. Embrapa Algodão-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE), 2011.

CONAB. Perspectivas para a agropecuária. v. 7. Safra 2019/2020. Companhia Brasileira de Abastecimento: Brasília, 2019.

EMBRAPA. Algodão RF: BRS 371RF, BRS 370RF, BRS 369RF, BRS 368RF lançamentos. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

EMBRAPA. Balanço Social 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/balanco-social-2021> >. Acesso em: 20 de mar. de 2023.

EMBRAPA. Cultura do Algodão no Cerrado. 2017. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7718&p_r_p_-996514994_topicoId=7985#>. Acesso em 20 de abr. de 2021.

EMBRAPA. Embrapa Algodão, c2015a. História. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/algodao/historia>>. Acesso em 20 de abr. de 2021.

EMBRAPA. Embrapa Algodão, c2015b. Soluções Tecnológicas. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/algodao/busca-de-solucoes-tecnologicas>>. Acesso em 13 de set. de 2021.

EMBRAPA. Equipe. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/equipe>. Acesso em: 22 jan. 2023.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. dos. (eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p.15-34.

GOMES, W. S.; BORÉM, A. Biotecnologia: novo paradigma do agronegócio brasileiro. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 11, n. 1, p. 115-136, 2013.

GONÇALVES, J. S.; RAMOS, S. Algodão brasileiro 1985-2005: surto de importação desencadeia mudanças estruturais na produção. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 54-64, jan. 2008.

GULATTI, A. M; TURNER, A. J. A Note on the early history of cotton. Bombaim: Indian Central Cotton Committee, 1928. (Technical Laboratory Bulletin,17).

HARLAND, S. C. The genetics of cotton. XIV. The inheritance of brown lint in New World cotton. **Journal genetics**, Bangalore, v. 31, p. 27-37, 1935.

HORAK, M. J.; WOODRUM, C. L. Phenotypic and ecological observations of Roundup Ready flex cotton MON 88913 in U.S. field trials during 2002 for an assessment of equivalence and weed potential. **Monsanto Technical Report**, MSL 18876, 2003.

ICAC. International Cotton Advisory Committee, c2018. Portal de Dados. Disponível em: <[http:// https://icac.org/DataPortal/DataPortal?Units=Area&Year=2021/22%20est](https://icac.org/DataPortal/DataPortal?Units=Area&Year=2021/22%20est)>. Acesso em: 13 de set. de 2021.

JAMES, C. Global status of commercialized biotech/GM Crops: 2004. **ISAAA Briefs**, n. 32. ISAAA: Ithaca, NY.

KOHEL, R. J. Genetic analysis of fiber color variants in cotton. **Crop Science**, v. 25, n. 5, p. 793-797, 1985.

MAGALHÃES, M. T. Q. de. **Toxinas Cry**: perspectivas para obtenção de algodão transgênico brasileiro. 2006. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

MIYAMOTO, B. C. B. **Determinantes da adoção de variedades de algodão geneticamente modificado por pequenos produtores**. 2014. 96f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico). Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; FREIRE, E. C. **Cultivares de algodoeiro para o cerrado. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. (Folder).** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/18295/1/CIRTEC93.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2023.

NARAYANAN, S. S.; SUNDARAN, V. Basic requirement and breeding procedures for developing coloured cottons in India. **Indian Journal of Society for Cotton Improvement**. v. 21, p. 159-169, 1996.

NCC. Natural Cotton Color, 2015. História do algodão colorido da Paraíba. Disponível em: <https://www.ecofriendlycotton.com/2015/10/a-historia-do-algodao-colorido-da-paraiba>. Acesso em: 13 set. de 2022.

NEVES, M. F.; PINTO, M.J.A. **A cadeia do algodão brasileiro: desafios e estratégias.** Brasília-DF: ABRAPA, Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2012.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.18, n.1, p.61-116, 2001.

NUNES, J. L. S. Plantio de cultura do algodão. Agrolink. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/algodao/informacoes-da-cultura/pre-plantio-e-plantio/plantio-da-cultura-do-algodao_438097.html. Acesso em: 22 jan. 2023.

PAES, G. Panorama Setorial - Força do Matopiba. Máquinas & Inovações Agrícolas. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://portalmaquinasagricolas.com.br/panorama-setorial-forca-do-matopiba/> Acesso em: 22 jan. 2023.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G.A.; LAMAS, F.M.; STAUT, L.A.; FABRÍCIO, A.C. Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2004/05, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 2004. 16p (Comunicado Técnico, 91).

SANTANA, J. C. F. DE; BELTRÃO, N. E. DE M.; LUZ, M. J. DA S.; SILVA JUNIOR, N.; ANDRADE, E. DE O.; WANDERLEY, M. J. R.; LIMA, M. DO S.N.; LINHARES, I. T.; SILVA, N. F. Características tecnológicas da fibra e tipos comerciais dos algodões cearense e dos Estados Unidos da América do Norte. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.3, p.207-213, 2000.

SANTOS, R. L.; TORRES, J. B. Produção da Proteína Cry1Ac em algodão transgênico e controle de lagartas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p. 509-517, out-dez, 2010.

SINGH, Y.; RAO, S. S.; REGAR, P. L. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 965-970, 2010.

STEPHENS, S. G. A re-examination of the cotton remains from Huaca Prieta, north coastal Peru. **American Antiquity**, v. 40, n. 4, p. 406-418, 1975.

TELES, G. C.; FUCK, M. P. Pesquisa e desenvolvimento de cultivares: o perfil tecnológico da Cotonicultura Brasileira. **Informe Gepec**, v.20, n.1, p. 61-77, jan./jun., 2016.



VIDAL NETO, F. das C.; FREIRE, E.C. de. Melhoramento genético do algodoeiro. Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro científico (ALICE), 2013.

WARE, J. O. Inheritance of lint colors in upland cotton. **Journal of the America Society of Agronomy**, v. 24, p. 550-562, 1932.

XAVIER, T. D. A.; NUNES FILHO, L.; LOPES, S.S.S. Análise prospectiva do algodão transgênico no Brasil. Cadernos de Prospecção, v. 11, n.3, 2018.

XAVIER, T. D. D. **Avaliação do modelo de negócio para o desenvolvimento das cultivares de algodão transgênico na EMBRAPA**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) - Universidade Federal de Pernambuco. CCSA, Recife, 2018.