



SUMÁRIO EXECUTIVO

Benefícios Ambientais da Biotecnologia no Brasil

“O caso do algodão Bollgard”

A agricultura representa a atividade econômica mais antiga e importante do planeta, ocupando, atualmente, cerca de 40% da área global (COAG, 2007), gerando 1,3 bilhões de empregos e produzindo, anualmente cerca de US\$ 1,3 trilhão em matérias-primas e mercadorias (EL FEKY, 2000).

Segundo o Fundo de População das Nações Unidas – UNFPA, o aumento da população e, conseqüentemente, do consumo, estão agravando o estresse sobre o meio ambiente mundial, provocando o aumento do aquecimento global e do desmatamento, tornando crescente a escassez de água e diminuindo as terras de cultivo.

Mesmo diante de acirradas controvérsias, os cultivos transgênicos expandiram-se por todo o mundo, tornando-se a tecnologia mais rapidamente adotada que se conhece na história da agricultura, sendo apontada como crucial para romper a barreira da produtividade (MANN, 1999) e oferecer solução para as limitações impostas por estresses bióticos e abióticos, especialmente em áreas onde baixa produtividade, má nutrição e fome são ameaças constantes (HERRERA-ESTRELLA, 2000).

A gestão responsável da biotecnologia permitiu que os primeiros doze anos de culturas geneticamente modificadas fossem conduzidos sem nenhum dos terríveis resultados previstos pelos oponentes da tecnologia. Em 2007, 114,3 milhões de hectares de culturas transgênicas foram plantados por 12 milhões de fazendeiros em 23 países, comparados com os 102 milhões de hectares cultivados por 10,3 milhões de produtores em 22 países em 2006.

Segundo Peter Raven, com as mudanças globais de temperatura, torna-se evidente a necessidade de uma rápida adaptação das culturas para produção de alimento, a qual somente poderá se manter por meio da utilização das ferramentas mais eficientes disponíveis, incluindo aquelas que possibilitam uma maior conservação da água. No entanto, essas mudanças não serão alcançadas se o paradigma dos efeitos negativos dos transgênicos não for derrubado. Para quem vive em países industrializados, aceitar medicamentos produzidos por meio da engenharia genética por esses serem necessários para eles e ao mesmo tempo negar a produção de alimentos por um método semelhante para os africanos subnutridos revela uma grande contradição.

Nesse sentido, a opção tecnológica mais promissora para aumentar a oferta de alimentos, rações e fibras é combinar as vantagens do antigo e do novo, integrando o melhor da tecnologia convencional (germoplasma adaptado) com as aplicações da Biotecnologia (novas características) (JAMES, 2006).

Em 2007, o Brasil se manteve em terceiro lugar com relação à área plantada com culturas GM, cultivando 15 milhões de hectares, embora os números demonstrem que o País alcançou o maior crescimento absoluto neste ano, com uma variação de 3,5 milhões de hectares plantados com culturas transgênicas, seguido dos Estados Unidos, com 3,1 milhões de hectares e pela Índia, com 2,4 milhões de hectares (JAMES, 2007).

No mundo, já são milhões de produtores utilizando variedades transgênicas em suas lavouras (JAMES, 2007). Por esse motivo, a implementação de culturas geneticamente modificadas, pode ser considerada um dos pilares da estratégia global de luta contra a pobreza e a fome, na qual há necessidade de se incluir a distribuição suficiente de alimentos aprimorados (JAMES, 2006).

O cultivo do algodão Bollgard traz entre outros benefícios a possibilidade de aumento da produtividade sem necessariamente, expandir as fronteiras agrícolas; a diminuição da contaminação da água e do solo; a redução da emissão de gases de efeito estufa; a garantia de melhor qualidade de saúde e de vida para os produtores

(VILLALOBOS, 2007) e a redução de custos já constatada (benefícios líquidos globais das lavouras transgênicas acumulados de 1996 a 2005 foram de US\$ 27 bilhões) (JAMES, 2006).

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar os impactos ambientais gerados com a adoção do algodão Bollgard no Brasil através da revisão da literatura científica, relativa aos impactos ambientais decorrentes do seu cultivo no Brasil e, como referência, no mundo, determinar e detalhar os benefícios sócio-ambientais obtidos e percebidos pelo produtor com a adoção da tecnologia do algodão geneticamente modificado.

Como objetivo secundário, o estudo pôde ainda analisar a percepção do usuário da tecnologia (produtor rural) com relação a aspectos sócio-ambientais relevantes e inerentes ao evento Bollgard.

A METODOLOGIA

A metodologia deste estudo contemplou a realização de entrevistas *in loco* com produtores rurais selecionados em regiões produtoras de algodão convencional e transgênico. Foram amostrados os estados do Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais, responsáveis por 90% do total cultivado com algodão na safra 2007/08.

Em função da área plantada na safra 2007/08 (1.086 mil hectares), foram previstas entrevistas com produtores em uma base amostral de uma entrevista para cada 12,1 mil hectares de área plantada, perfazendo no total 90 entrevistas (com arredondamento estatístico).

Visando um melhor grau de entendimento da problemática da adoção do algodão Bollgard, e a comparação dos resultados observados em larga escala com o resultado potencial da adoção desta tecnologia, a pesquisa foi dividida em duas etapas:

- ✦ Primeira etapa: Revisão detalhada da literatura científica e entrevista com empresas de consultoria nas áreas visitadas;
- ✦ Segunda etapa: Pesquisa de campo com produtores rurais nos estados selecionados.

Primeira Etapa

Foram realizadas, nessa primeira etapa, visitas técnicas a regiões relevantes na produção de algodão no Brasil. No decorrer dessas visitas foram efetuadas entrevistas com empresas de consultoria agrícola, responsáveis pelo acompanhamento técnico das propriedades da região.

A título de referência, foram pesquisados os modelos de produção agrônoma adotados no Mato Grosso e no Oeste da Bahia, as duas principais regiões para a produção de algodão no Brasil. Foi considerado como *benchmark* o modelo de produção do algodão convencional comparado com o algodão Bollgard. Também foram simulados os impactos e benefícios da adoção do algodão Bollgard II, o algodão Bollgard II + RR e o algodão Bollgard II + Flex. Com as informações obtidas nas visitas *in loco* foi possível ainda, estimar:

- ✦ A redução do uso de água;
- ✦ A redução do uso de combustível fóssil;
- ✦ A redução de emissões de gás carbônico.

Ainda na pesquisa da primeira etapa, também foi possível estimar, por meio do modelo agrônomo de manejo e produção, o uso de ingrediente ativo (i.a.) e avaliar o perfil toxicológico dos principais defensivos químicos utilizados na cultura de algodão, tendo como referência a cultura convencional e para a transgênica (Bollgard). Para esse fim, a metodologia baseou-se no levantamento dos seguintes itens de produção, para ambos os sistemas de produção:

- ✦ Número de pulverizações de defensivos;
- ✦ Levantamento do consumo médio de combustíveis;
- ✦ Levantamento do consumo médio de água utilizada na

preparação e aplicação da calda de defensivos;

- ✦ Levantamento do pacote típico de insumos utilizados.

Para tais variáveis, as unidades consideradas foram hectare (10 mil m²) para área, quilograma (Kg) para massa e litros ou m³ para volume.

Segunda etapa

Para a segunda etapa, buscou-se essencialmente avaliar os benefícios sócio-ambientais percebidos por uma amostragem maior de produtores e, assim, identificar a percepção dos mesmos com relação a temas gerais do aspecto sócio-ambiental e temas específicos da tecnologia Bollgard.

A primeira parte do questionário, com temas gerais, teve como intuito obter do produtor rural opinião referente a temas como a genética e a biologia do algodão Bollgard, a influência dos transgênicos no meio ambiente físico (solo, água e ar) e na biodiversidade, aspectos da segurança alimentar, saúde e segurança do trabalhador rural, qualidade de vida e produção agrícola.

A segunda parte do questionário teve como finalidade identificar o grau de atratividade e risco ambiental percebido pelo produtor rural, através da adoção do algodão Bollgard. Com o objetivo de prover informações para auxiliar os estudos sobre impacto ambiental do algodão Bollgard no Brasil, foram trabalhadas adaptações da metodologia de análise SWOT e da análise de posicionamento estratégico de Porter. As metodologias foram utilizadas para elaboração de cenários prospectivos, com definição de indicadores ambientais e avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que geram influência sobre o ambiente.

Neste estudo, as forças e oportunidades foram denominadas atratividade ambiental, enquanto as fraquezas e ameaças denominadas risco ambiental, buscando demonstrar quais as vantagens e as desvantagens da adoção de produtos geneticamente modificados.

Foram atribuídos, então, valores de relevância (pesos) e efetividade (resposta) para cada indicador de forma relativa (considerando a importância de cada indicador em relação aos demais), de modo a serem obtidos índices para as avaliações pretendidas. Estes índices resultam da multiplicação dos valores atribuídos para relevância (entre 0 - 100%) pelos valores de efetividade (entre 0: resposta pobre; e 10: resposta superior) de cada impacto. A seguir, encontra-se o racional matemático utilizado na definição da análise de atratividade e risco ambiental.

$$At = \sum_1^{n!} (N \times W) \qquad Ri = \sum_1^{n!} (N \times W)$$

Onde:

At : atratividade sócio-ambiental

Ri : risco sócio-ambiental

n! : número total de entrevistas realizadas com os produtores

N : Nota atribuída para cada variável definida para atratividade e risco sócio-ambiental, como indicador de relevância

W : Peso atribuído a cada variável

Sendo que N para a atratividade como (Mínimo : 0 e Máximo : 10) e N para risco como (Mínimo : 10 e Máximo : 0), lembrando que ao menos uma variável precisa ter nota 10.

Sendo que W é o peso atribuído a cada variável oscilando entre 0,0 e 1,0, com o total igual a 1,0

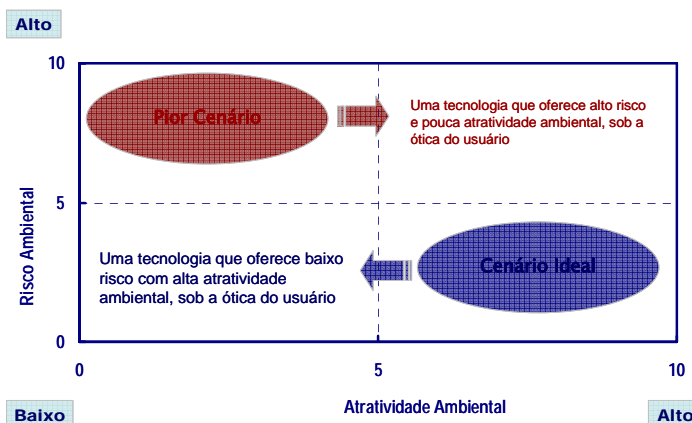
O somatório dos índices relativos à atratividade ambiental e ao risco ambiental, ao serem comparados, revela se as vantagens sobrepujam as desvantagens, de modo a avaliar a validade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia, considerando os impactos envolvidos

(PÉSSOA; CARVALHO, PEREIRA Jr, 2006).

Os valores considerados para os pesos (W) foram baseados nos fundamentos da tecnologia desenvolvida, a partir de avaliações da agricultura transgênica e convencional disponível na literatura científica. Já os valores para o indicador de relevância (N) foram obtidos através de pesquisas de campo nos estados selecionados na pesquisa.

Por meio da análise das matrizes elaboradas para o algodão Bollgard, foi possível a construção da matriz (Figura 1), que demonstra qual seria o cenário ideal para continuidade da adoção dos transgênicos e o pior cenário, que implicaria na descontinuidade da adesão à tecnologia.

Figura 1. Projeção do cenário ideal e do pior cenário para avaliação da continuidade da adoção dos transgênicos.



Fonte: Céleres Ambiental

OS RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

A água é um recurso natural indispensável, pois é um insumo essencial para a produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico. A água é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas, sendo dessa forma considerada fundamental para a produção agrícola.

Os usos mais comuns e freqüentes dos recursos hídricos estão ligados ao setor agrícola (irrigação), a indústria e ao abastecimento urbano. À medida que as atividades econômicas se diversificam, as necessidades de água aumentam para atingir níveis de sustentação compatíveis com as pressões da sociedade de consumo, a produção industrial e agrícola.

A Biotecnologia é uma ferramenta estratégica na preservação do meio ambiente porque permite racionalizar o uso dos recursos naturais. A adoção da biotecnologia, no caso o algodão Bollgard, possibilita uma redução no número de aplicações de inseticidas, o que resulta em ganhos ambientais diversos, como a redução significativa do volume de água utilizada para preparar a calda aplicada nas lavouras de algodão, a redução do volume de óleo diesel, utilizado como combustível nos pulverizadores e, conseqüentemente, uma redução na emissão de Gases de Efeito Estufa lançados na atmosfera.

Tomando como referência a região do oeste da Bahia e a região central do Mato Grosso, considerando o consumo médio de 120 litros de água para a preparação da calda aplicada por hectare, é possível obter uma redução de 360 litros de água por hectare ao ano, assumindo a redução de 3 aplicações de inseticidas nas lavouras que utilizam o algodão Bollgard, considerando um pulverizador auto-propelido de 2.000 litros de capacidade de tanque.

Problemas ambientais são causados pela intensificação do uso de recursos naturais, em particular os combustíveis fósseis (Kaya & Yokobori, 1997), contudo, em diversos centros urbanos no mundo, as emissões dos

veículos estão crescentemente contribuindo para a deterioração da qualidade do ar e para os danos ambientais (Kojima & Lovei, 2000).

Um dos benefícios sócio-ambientais alcançados com a adoção da Biotecnologia é a economia no uso de combustível fóssil, neste caso óleo diesel.

Avaliando-se as mesmas regiões (oeste da Bahia e região central do Mato Grosso), estima-se que a redução no consumo de óleo diesel seja de 3 litros por hectare ao ano com a redução de três aplicações de inseticidas nas lavouras de algodão Bollgard. Diante da variabilidade observada nas diferentes regiões produtoras de algodão no Brasil, a redução do consumo de óleo diesel, mantida as mesmas premissas, pode chegar a 7,2 litros por hectare, ao ano, num cenário onde ocorra uma redução de seis aplicações e menor rendimento operacional do pulverizador auto-propelido que possui rendimento médio de 12 litros de diesel por hora.

Considerando a diminuição de aplicações de inseticidas em lavouras de algodão Bollgard e, conseqüentemente, a economia no consumo de óleo diesel, foi possível quantificar a emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE reduzida em decorrência do menor uso deste combustível fóssil. Para a realização desta avaliação foi utilizada a metodologia do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), a qual analisa as emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, considerando a quantidade de combustível queimado, teor de carbono e as emissões correspondentes de CO₂.

A redução de 3 aplicações de inseticidas em culturas com algodão Bollgard implica na redução de 0,0077 toneladas de CO₂ por hectare ao ano lançados na atmosfera, ou seja, 7,7 quilos de CO₂ por hectare ao ano para o mesmo pulverizador considerado.

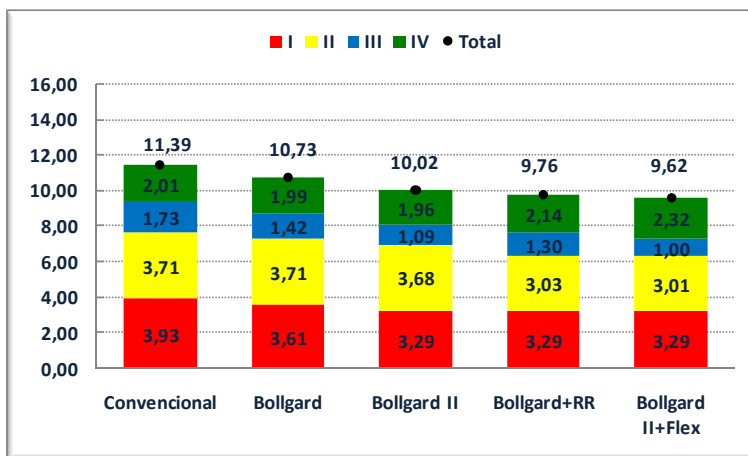
Um dos principais problemas enfrentados pelos cotonicultores de algumas regiões brasileiras, como o oeste da Bahia e a região central do Mato Grosso é a alta incidência de infestação de lagarta-do-cartucho, principalmente, *Spodoptera frugiperda*, a qual minimiza os benefícios do algodão Bollgard, pois a maioria dos inseticidas utilizados para controle de lagarta-do-cartucho, no cultivo do algodão, também são eficientes no controle da lagarta curuquerê (*Alabama argillacea*), da lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*) e da lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*), pragas estas controladas pelas plantas com tecnologia Bollgard. No entanto, mesmo diante desse cenário, estudos prévios no campo e dados técnicos de pesquisas no Brasil demonstram uma redução de 2 a 4 aplicações de inseticidas nas lavouras de algodão Bollgard, em situações nas quais o manejo de pragas indica o controle apenas de insetos-alvo pelo Bollgard, o que pode ser considerado o pior cenário em termos de redução de aplicações de inseticidas.

A tecnologia Bollgard garante ainda uma maior tranquilidade no controle da lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*) que é de difícil monitoramento em função do hábito noturno da mariposa e no aumento da eficácia de controle do curuquerê (*Alabama argillacea*), na etapa inicial do desenvolvimento da cultura, permitindo a otimização do uso do maquinário agrícola em outras atividades.

Com base no manejo observado em lavouras do oeste da Bahia, a tecnologia Bollgard permite reduzir em 5,8% a quantidade total de ingrediente ativo por hectare (i.a/hectare), sendo que a diminuição do volume de ingredientes ativos da classe toxicológica I, a mais agressiva para o meio ambiente e para a saúde humana é de 8,1% (Figura 2).

Porém, a adoção de novos eventos tecnológicos, como Bollgard II, Bollgard + RR e Bollgard II + Flex, segundo estimativas obtidas na pesquisa de campo, potencializaria uma redução ainda mais significativa do uso de ingredientes ativos por hectare da classe toxicológica I, podendo alcançar uma redução de até 16% para as tecnologias do Bollgard II, Bollgard + RR e Bollgard II + Flex. Para a classe toxicológica II poderiam ser reduzidos em até 18,8% os ingredientes ativos por hectare com a adoção do Bollgard II + Flex ou do Bollgard + RR (Figura 2), demonstrando que o maior benefício alcançado, neste caso, consiste na redução do volume de ingredientes ativos das classes toxicológicas mais agressivas ao meio ambiente e à saúde do trabalhador rural.

Figura 2. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no algodão no Oeste da Bahia, por kg de i.a./ha.

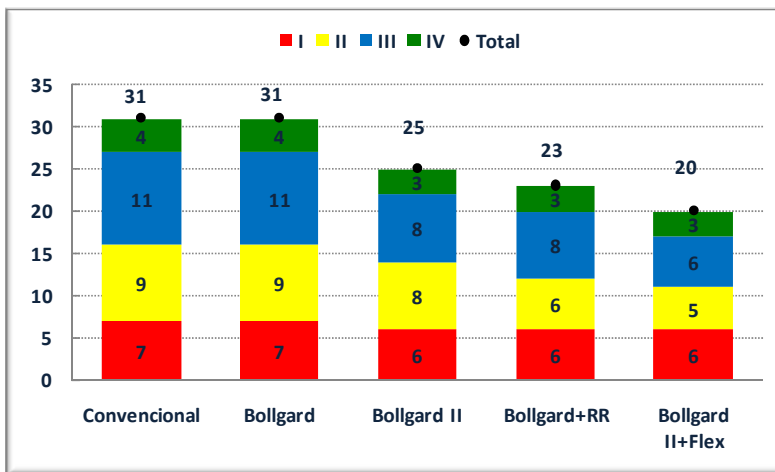


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Além da redução direta do uso de ingrediente ativo por hectare, a adoção dos novos eventos teria impacto direto no menor número de defensivos utilizados no manejo da cultura de algodão, com implicação sobre a logística, pois contaria com menor volume de insumos transportados; sobre o meio ambiente, devido ao menor volume de embalagens descartadas; sobre a gestão, com uma menor necessidade de armazenamento; sobre a segurança, visto que diminuiria o risco de roubos de defensivos nas fazendas e, sobretudo, em maior facilidade de gestão do processo produtivo.

De acordo com o manejo do algodão observado no oeste da Bahia, nota-se que o número de produtos utilizados para a cultura convencional e para o Bollgard permanece o mesmo, evidenciando que a aprovação de novos eventos tecnológicos trará enormes benefícios sociais, ambientais e econômicos no que se refere à cotonicultura brasileira (Figura 3). Isso porque, de acordo com estimativas, se verifica uma redução gradual do número de produtos utilizados com a adoção de Bollgard II, Bollgard + RR e Bollgard II + Flex, possibilitando uma redução de até 11 produtos do pacote tecnológico do algodão com o uso do Bollgard II +Flex.

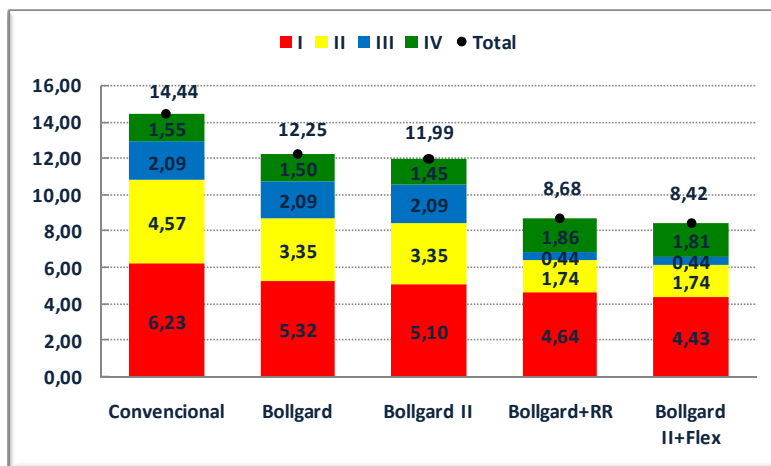
Figura 3. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no algodão no Oeste da Bahia por número de produtos utilizados.



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Já para a região central do Mato Grosso, no caso do manejo observado em áreas de cultivo do algodão, a tecnologia do Bollgard reduz em 15% o volume total de ingredientes ativos utilizados, por hectare, quando comparado ao convencional, porém, a adoção dos novos eventos tecnológicos pode levar à redução de até 41,7% no volume de ingrediente ativo por hectare, no caso da previsão para o Bollgard II + Flex. Para a classe toxicológica II a redução do volume de ingredientes ativos do algodão convencional para o Bollgard seria de 26,7%, com diminuição expressiva no volume de ingredientes ativos dessa classe caso fossem aprovadas as tecnologias Bollgard + RR e Bollgard II + Flex, o que significaria uma redução de 62% (Figura 4).

Figura 4. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no algodão no Mato Grosso, por Kg de i.a./ha.

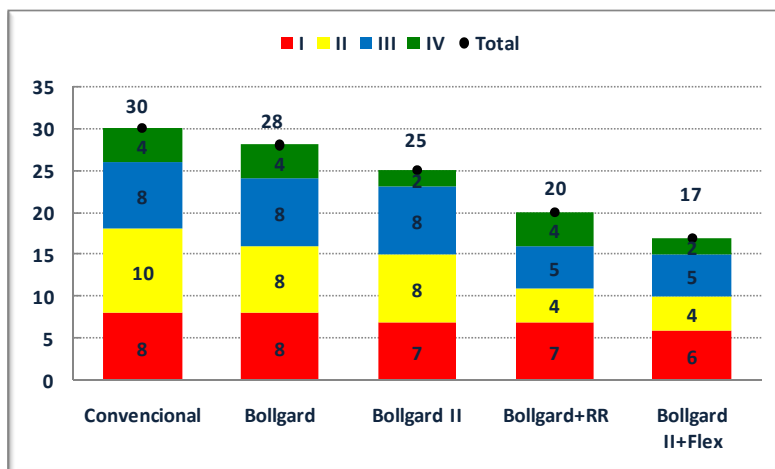


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Assim como previsto para o Oeste da Bahia, no caso da região central do Mato Grosso também é esperado uma expressiva redução no número de defensivos utilizados na cultura do algodão com a adoção das novas tecnologias. Os impactos positivos são percebidos com a redução do volume de produtos transportados, beneficiando a logística; no menor volume de embalagens descartadas, que deixariam de impactar negativamente no meio ambiente; na menor necessidade de armazenamento em função da redução do volume de produtos; no menor risco de roubos de defensivos nas fazendas evidenciando um aumento da segurança na zona rural; na maior facilidade de gestão do processo produtivo e ainda, no benefício para a saúde do trabalhador rural.

De acordo com o manejo do algodão observado na região central do Mato Grosso, nota-se uma redução de 2 produtos quando comparado o algodão Bollgard com o convencional, no entanto, essa redução pode chegar a 17 produtos, ou seja, uma redução de 43,3% no número de produtos utilizados nessa cultura (Figura 5). Esses dados só reforçam a necessidade de aprovação dos demais eventos tecnológicos para que o Brasil possa alcançar os resultados positivos já constatados em países onde esses eventos já foram aprovados.

Figura 5. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no algodão no Mato Grosso por número de produtos utilizados.



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

OS RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Por meio dos questionários ambientais aplicados durante as visitas a campo, foi possível levantar informações sócio-ambientais relevantes relacionadas à cotonicultura brasileira. Foram abordados nas perguntas dos questionários ambientais, tanto aspectos quantitativos como qualitativos relativos aos benefícios sócio-ambientais prováveis com a adoção do algodão Bollgard, buscando levantar as informações pertinentes ao assunto, junto ao produtor rural.

Os produtores rurais foram questionados quanto aos benefícios percebidos em relação à melhoria da qualidade da água, do solo, da fauna e do ar, com a adoção do algodão Bollgard.

No caso da água, a maioria dos produtores rurais relatou que percebe alguma diferença na qualidade da água e, de acordo com a grande maioria, essa diferença traduz alguma vantagem para sua atividade. Os principais comentários foram com relação à melhoria da qualidade das nascentes. O algodão Bollgard possibilita uma maior preservação das nascentes e uma menor contaminação dos mananciais devido à redução de insumos utilizados na cultura e substituição de produtos de classe toxicológica mais agressiva por produtos de classe menos agressiva ao meio ambiente e à saúde do trabalhador rural.

Com relação à fauna local e do entorno da propriedade, grande parte dos entrevistados percebe que existe alguma diferença no número de animais observados. Para a grande maioria dos entrevistados essa diferença significa uma grande vantagem para sua atividade. Ainda, de acordo com relatos, a cultura do algodão Bollgard promove aumento da população de insetos benéficos, principalmente os inimigos naturais de pragas.

A melhoria na qualidade do solo também é percebida pelos proprietários rurais com a adoção do algodão Bollgard. A tecnologia permite um menor fluxo de máquinas nas lavouras devido a redução do número de aplicações de inseticidas. Apesar de ser um benefício difícil de mensurar, a aprovação de novos eventos só potencializaria essa percepção, pois o tráfego de máquinas seria muito menor.

Apesar da maior parte dos entrevistados achar difícil mensurar as melhorias na qualidade do ar com a adoção do algodão Bollgard, verificou-se que a maioria percebeu alguma diferença do ar com a adoção da biotecnologia. É possível constatar ainda, que essa diferença na qualidade do ar é percebida como uma vantagem pelo produtor rural e de acordo com a maioria dos relatos, ela ocorre devido ao menor número de entradas com máquina na lavoura e, conseqüentemente, menor volume de combustível fóssil sendo

queimado.

A análise das informações de campo e dos resultados das entrevistas não só evidenciaram, mas, sobretudo, reforçaram os benefícios da tecnologia Bollgard.

De acordo com a revisão da literatura e com as visitas a campo, os indicadores julgados mais importantes e seus respectivos pesos para a cultura do algodão Bollgard no Brasil, são demonstrados nas matrizes de atratividade e de risco ambiental abaixo (Figura 6 e Figura 7).

Vale salientar que na matriz de atratividade ambiental os fatores listados e considerados mais relevantes na análise, foram calibrados de acordo com a percepção do produtor rural. Assim, os pesos obtidos vieram dos resultados das entrevistas de campo.

Figura 6. Matriz de atratividade ambiental para a cultura do algodão Bollgard no Brasil.

	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO*		Peso
	MÍN	MÁX	(0% a 100%)
Redução do uso de defensivos agrícolas	0	10	27,1%
Maior proteção contra pragas e doenças	0	10	20,0%
Eventos de biotecnologia liberados através de procedimentos de biossegurança mais rigorosos	0	10	18,8%
Maior segurança para os trabalhadores	0	10	15,3%
Melhoria da qualidade e sustentabilidade da produção	0	10	9,4%
Melhor otimização dos fatores de produção	0	10	9,4%
Atratividade Ambiental Ponderada			100,0%

Para a matriz de risco ambiental (Figura 7), os fatores indicados como mais importantes dentro da cultura do algodão Bollgard no Brasil vieram da revisão bibliográfica. Isso porque o cotonicultor brasileiro ainda tem muita dificuldade em mensurar os riscos ambientais da cultura do algodão.

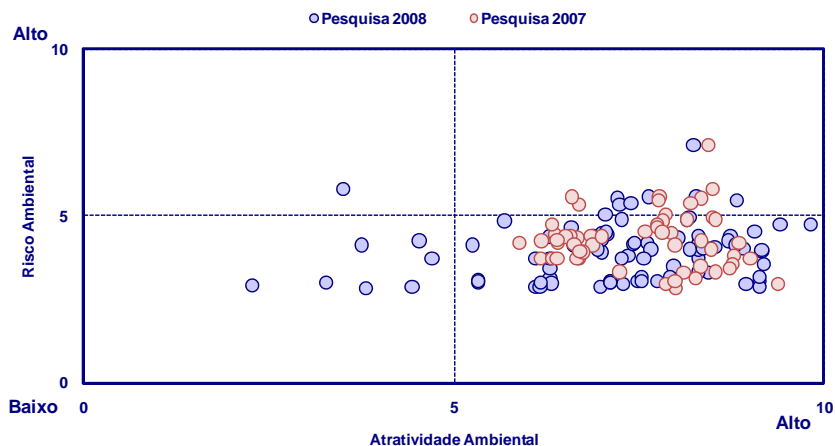
Figura 7. Matriz de risco ambiental para a cultura do algodão Bollgard no Brasil.

	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO*		Peso
	MÍN	MÁX	(0% a 100%)
Contaminação de culturas convencionais por fluxo gênico	10	0	25,0%
Dependência do agricultor na aquisição da tecnologia	10	0	17,0%
Desenvolvimento de resistência pelas pragas alvo	10	0	15,0%
Desconhecimento por parte dos produtores dos procedimentos de biossegurança	10	0	13,0%
Redução da biodiversidade	10	0	12,0%
Aparecimento de novas espécies e substâncias indesejadas	10	0	10,0%
Incertezas do local de inserção e expressão dos genes introduzidos	10	0	8,0%
Risco Ambiental Ponderado			100,0%

A distribuição do resultado da análise da atratividade ambiental com base em cada um dos questionários de campo revela que o algodão Bollgard é uma tecnologia que oferece risco ambiental mediano e atratividade ambiental positiva (Figura 8), constatada por meio da aceitação da tecnologia expressa pela adoção da mesma desde sua aprovação no Brasil.

Um comparativo entre os resultados da pesquisa de campo dos anos 2007 e 2008 com relação à matriz atratividade/risco ambiental, permite perceber uma redução na expectativa do cotonicultor brasileiro com relação à tecnologia Bollgard.

Figura 8. Comparativo da matriz atratividade/risco ambiental do algodão Bollgard no Brasil, ano 2007 e 2008.



Fonte: Céleres Ambiental baseado na pesquisa de campo

A aprovação por outros países que adotam culturas transgênicas de eventos biotecnológicos mais condizentes com as dificuldades enfrentadas na cultura do algodão eleva a ansiedade do produtor rural em poder utilizar as mesmas ferramentas tecnológicas que seus concorrentes, o que justificaria essa redução na expectativa dos produtores brasileiros.

Apesar da aceitação da biotecnologia ser irrefutável a aprovação de novas tecnologias permitiria que o potencial dos benefícios sócio-ambientais, já constatados pelos produtores rurais, fosse ainda maior.

A ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS SÓCIO-AMBIENTAIS DA ADOÇÃO DO ALGODÃO BOLLGARD NO BRASIL

A análise dos dados obtidos nas visitas técnicas a campo mostrou aspectos relevantes no que diz respeito a benefícios na preservação do meio ambiente e aumento da segurança do trabalhador rural com a adoção do algodão Bollgard. A redução do consumo de água, a economia de óleo diesel e a diminuição da emissão de gás carbônico são alguns dos benefícios da adoção do algodão Bollgard.

Minimizar o uso de recursos naturais implica na redução de impactos negativos ao meio ambiente, favorecendo a preservação dos ecossistemas. A biotecnologia é uma ferramenta importante nesse contexto, pois permite a racionalização do uso de recursos naturais como a água e o combustível fóssil. Nesse contexto, fica evidente a necessidade de estimar e quantificar os benefícios sócio-ambientais que podem ser obtidos pelos produtores brasileiros de algodão, pela simples adoção da tecnologia Bollgard.

Mesmo nas regiões do oeste da Bahia e centro do Mato Grosso, onde se verifica uma situação bastante conservadora quanto à redução das aplicações de inseticidas nas lavouras com plantio de algodão Bollgard, a redução de água observada foi de 450 l por hectare ao ano. Partindo dessa análise e extrapolando os dados para o cenário nacional, considerando a projeção de plantio de 170,9 mil hectares com algodão Bollgard na safra 2007/08 (CÉLERES, 2007) e a redução de 3 aplicações de inseticidas, pode-se inferir uma redução do consumo de água de, aproximadamente 61,5 milhões de litros de água por ano (Figura 9).

Figura 9. Redução no volume de água na preparação da calda aplicada nas lavouras com algodão Bollgard no Brasil. Safra 2007/08.

Calda Aplicada (l/ha)	Número de aplicações reduzidas com algodão Bollgard					
	1	2	3	4	5	6
	Volume de água economizado (milhões l/ano)					
100	17,1	34,2	51,3	68,4	85,5	102,6
110	18,8	37,6	56,4	75,2	94,0	112,8
120	20,5	41,0	61,5	82,0	102,6	123,1
130	22,2	44,4	66,7	88,9	111,1	133,3
140	23,9	47,9	71,8	95,7	119,7	143,6
150	25,6	51,3	76,9	102,6	128,2	153,8
160	27,3	54,7	82,0	109,4	136,7	164,1

^{1/} Considerando um pulverizador autopropelido de 2.000 litros de carga

^{2/} Considerando um pulverizador autopropelido com consumo médio de 12 l de diesel/h

Fonte: Céleres Ambiental baseada na pesquisa de campo

Partindo do mesmo raciocínio, com base nos dados obtidos e sintetizados nos estados da Bahia e do Mato Grosso, e ainda, considerado a mesma projeção de plantio para a safra 2007/08 (CÉLERES, 2007), é possível prever uma economia anual para o Brasil de 513 mil litros de óleo diesel por ano considerando a redução de 3 aplicações de inseticidas nas lavouras de algodão Bollgard (Figura 10).

Figura 10. Redução no volume de óleo diesel nas lavouras com algodão Bollgard no Brasil. Safra 2007/08.

Rendimento (ha/h)	Número de aplicações reduzidas com algodão Bollgard					
	1	2	3	4	5	6
	Volume de diesel economizado (mil l/ano)					
10	205	410	615	820	1.026	1.231
11	186	373	559	746	932	1.119
12	171	342	513	684	855	1.026
13	158	316	473	631	789	947
14	147	293	440	586	733	879
15	137	273	410	547	684	820
16	128	256	385	513	641	769

Fonte: Céleres Ambiental, 2007. Considerando a estimativa de plantio de 170,9 mil ha com algodão Bollgard na safra 2007/08 (Dados: Céleres)

Ao admitir o potencial de redução na emissão dos gases de efeito estufa como decorrência da adoção do algodão Bollgard, no Brasil, chega-se a conclusão de que, mesmo assumindo uma estimativa conservadora, no que tange a redução do número de aplicações, os valores estimados mostram-se significativos.

O volume de gás carbônico que deixa de ser lançado na atmosfera por hectare ao ano, parece pequeno, no entanto, estimando uma área de plantio de 170,9 mil ha de plantio de algodão Bollgard para a safra 2007/08, observa-se uma redução de 1,323 mil toneladas de CO₂ ao ano lançadas na atmosfera (Figura 11).

Figura 11. Redução da emissão de GEE em tCO₂ em decorrência do menor uso de diesel no algodão Bollgard no Brasil. Safra 2007/08.

Rendimento (ha/h)	Número de aplicações reduzidas com algodão Bollgard					
	1	2	3	4	5	6
	Redução da emissão de GEE, em tCO ₂ (tCO ₂ /ano)					
10	529	1.058	1.587	2.116	2.645	3.174
11	481	962	1.443	1.924	2.405	2.886
12	441	882	1.323	1.763	2.204	2.645
13	407	814	1.221	1.628	2.035	2.442
14	378	756	1.134	1.512	1.889	2.267
15	353	705	1.058	1.411	1.763	2.116
16	331	661	992	1.323	1.653	1.984

Fonte: Céleres Ambiental, 2007. Considerando a estimativa de plantio de 170,9 mil ha com algodão Bollgard na safra 2007/08 (Dados: Céleres)

Assumindo o padrão atual de crescimento econômico, o mercado mundial passará a depender cada vez mais do algodão produzido no Brasil para suprir suas necessidades. Assim, projeta-se para os próximos dez anos, que a produção brasileira de algodão, em pluma, passará de 1,56 milhão de toneladas (2007/08) para 3,95 milhões de toneladas na safra 2017/18, apenas para manter o quadro de suprimento mundial equilibrado. Para suportar tal ritmo de crescimento, a cotonicultura brasileira conta com a biotecnologia como uma ferramenta para exigir menor esforço ambiental, em termos de área plantada e uso dos demais recursos naturais, devido ao maior potencial produtivo das variedades transgênicas.

A partir da tendência de crescimento na produtividade do algodão brasileiro, observada nas últimas dez safras, para atingir a produção necessária para 2017/18, será necessário o plantio de 2,52 milhões hectares, ao passo que, apenas com a adoção do algodão Bollgard, (considerando os incrementos de produção já observados em campos brasileiros) a necessidade de área de plantio será menor, ou seja, de 2,4 milhões de hectares.

Embora pareça uma diferença pequena no horizonte da análise (próxima a 140 mil hectares a cada ano), o acumulado nos próximos dez anos, como área incremental, chega a 1,4 milhão de hectares. O plantio desta área adicional, no período considerado, tem fortes implicações do ponto de vista do custo ambiental.

Nas projeções dos benefícios ambientais deste estudo, para o período de 2008/09 a 2017/18, foram consideradas as premissas de área e adoção de algodão Bollgard mostradas na Figura 12.

Figura 12. Premissas de adoção de área com o algodão Bollgard considerada nos cálculos

	Área total	Inferior	Superior	Potencial
06/07	1.101,9	82,1	148,0	716,2
07/08	1.086,2	138,0	170,9	869,0
08/09	960,9	155,0	189,0	768,7
09/10	1.159,7	610,4	726,8	927,7
10/11	1.481,4	965,1	1.135,7	1.185,1
11/12	1.532,3	1.047,6	1.204,6	1.225,8
12/13	1.614,1	1.158,3	1.287,6	1.291,3
13/14	1.973,6	1.436,2	1.578,9	1.578,9
14/15	2.115,5	1.556,3	1.692,4	1.692,4
15/16	2.188,7	1.627,7	1.750,9	1.750,9
16/17	2.239,6	1.683,4	1.791,7	1.791,7
17/18	2.396,0	1.801,0	1.916,8	1.916,8

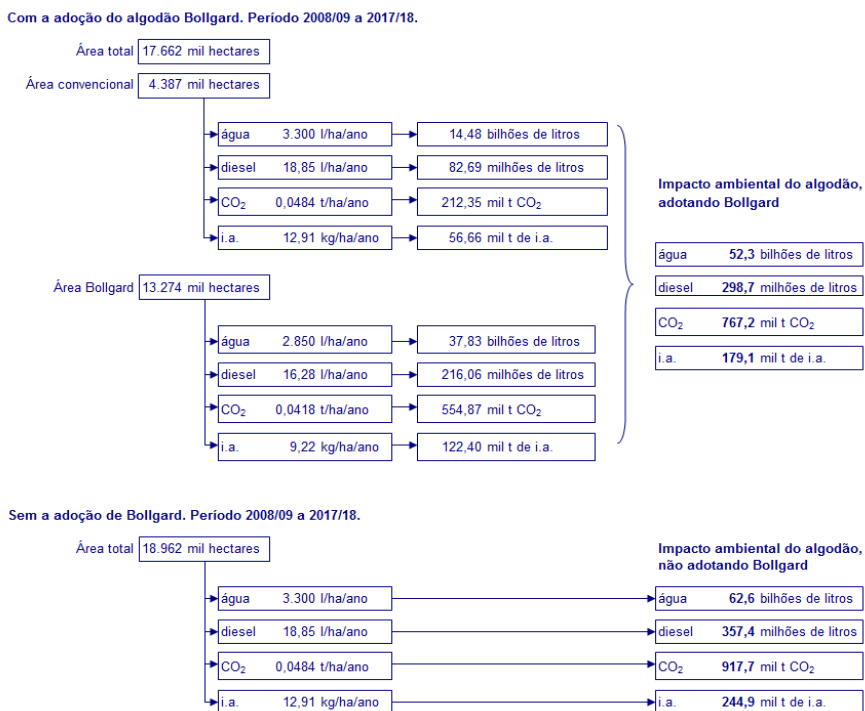
Fonte: CÉLERES. Baseada em estimativas próprias. Valores em mil hectares

Assim, ao considerar a projeção anual de plantio do algodão para os próximos dez anos (Figura 13), assumindo a adoção do algodão Bollgard, e já ponderado o impacto esperado da produtividade, o total de área plantada com a fibra ao longo desse período chega a 17,6 milhões de hectares, sendo que deste total, aproximadamente 13,3 milhões de hectares referem-se ao algodão Bollgard e 4,3 milhões de hectares ao algodão convencional. Admitindo tal taxa de adoção, ao longo do período considerado, a adoção média do algodão Bollgard no Brasil equivalerá a 75,6% do total semeado com a fibra.

Por outro lado, admitindo-se a não adoção do algodão Bollgard no Brasil, para efeito de cálculo do benefício ambiental líquido da adoção desta tecnologia, a necessidade de área plantada no período seria de aproximadamente 19 milhões de hectares, entre 2008/09 e 2017/18. Tal incremento é consequência do menor potencial produtivo das variedades convencionais frente ao algodão Bollgard.

De posse desses dois cenários, com e sem adoção do algodão Bollgard, simulou-se inicialmente, o impacto ambiental de ambos os cenários (Figura 13). No cômputo do impacto ambiental total no cenário com a adoção do algodão Bollgard foi ponderada a área remanescente cultivada com algodão convencional. O mesmo conceito foi aplicado para determinar o impacto do algodão convencional. E ao final, foi calculado, por diferença, o benefício ambiental líquido da adoção do algodão Bollgard no Brasil, entre 2008/09 e 2017/18.

Figura 13. Sumário dos impactos ambientais do cultivo do algodão no Brasil período de 2008/09 a 2017/18.



Notas:

^{1/} Para o cálculo do impacto ambiental considerou-se apenas o consumo de diesel nas aplicações de defensivos agrícolas. Não foram consideradas operações de preparo de solo ou colheita.

^{2/} Para o algodão convencional foram consideradas 22 aplicações de defensivos através de pulverizadores autopropelidos de 2.000 litros. Para o algodão Bollgard considerou-se 19 aplicações, baseado nos resultados de campo deste estudo

Fonte: Céleres Ambiental baseada na pesquisa de campo.

Como premissa de ganhos decorrentes da adoção do algodão Bollgard para óleo diesel, água e emissão de CO₂, considerou-se os resultados obtidos neste estudo, através das entrevistas de campo e dados sumarizados.

Considerando a diferença entre o impacto ambiental das duas tecnologias, chegou-se ao benefício líquido do algodão Bollgard, onde na conta da água, o benefício chega a 10,2 bilhões de litros, volume este suficiente para abastecer uma cidade de 234,3 mil habitantes ao longo de dez anos (Figura 14). Trata-se evidentemente de um volume considerável de água que deixa de ser consumida com a simples adoção de uma tecnologia que é comprovadamente segura e eficiente por diferentes países do mundo.

O benefício ambiental obtido com o algodão Bollgard não é menos importante e considerável para a redução no uso de óleo diesel. Estimou-se este benefício em 58,6 milhões de litros de diesel, que serão economizados ao longo dos próximos dez anos, assumindo as taxas de adoção da tecnologia já discutidas neste estudo (Figura 14). Tal volume de combustível fóssil seria suficiente para abastecer, aproximadamente, 24,4 mil camionetes de porte médio, como o modelo S-10. Em tempos de combustível fóssil cada vez mais escasso e, por consequência, mais caro, trata-se de um benefício ambiental que possui todas as características para fomentar a adoção desta tecnologia.

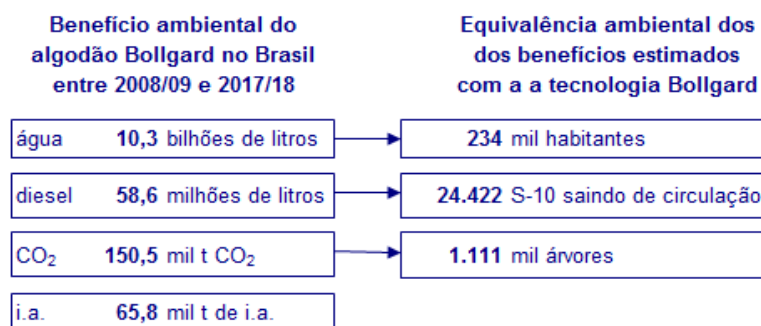
Para as emissões de CO₂, o benefício líquido com a adoção do algodão Bollgard evitaria a emissão de 150,5 mil tCO₂ para a atmosfera ao longo dos próximos dez anos, que por sua vez equivalem a praticamente 1,1 milhão de árvores sendo preservadas (Figura 14). As espécies da flora consideradas no cálculo da conversão foram as de floresta ripária¹

¹ Mata ciliar

Diante do modismo atual de temas como a neutralização de carbono e a sustentabilidade, a adoção do algodão Bollgard e de outros eventos da biotecnologia está naturalmente alinhada com essa visão.

Por fim, o último item de avaliação do benefício ambiental considerado no estudo foi o uso de ingredientes ativos. Em função das reduções observadas em campo neste trabalho, o benefício ambiental deste item chega a 65,8 mil toneladas de produtos químicos que deixarão de ser lançados no meio-ambiente ao longo dos próximos dez anos (Figura 14), o que é, indiscutivelmente, um nítido benefício da adoção do algodão Bollgard no Brasil.

Figura 14. Sumário dos benefícios ambientais da adoção do algodão Bollgard no Brasil



Notas:

Recomendação ONU para abastecimento de água: 120 litros/habitante/dia

Cálculo da quilometragem: 24.000 km/ano com rendimento de 10 km/l

Coefficiente de conversão de árvores: 7,38 árvores/tCO₂ economizada

Fonte: Céleres Ambiental baseada em pesquisa própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as observações feitas neste estudo, a não adoção da tecnologia Bollgard implica em prejuízos ambientais diversos, como um incremento na área a ser cultivada com algodão nos próximos anos o que, conseqüentemente, significa afirmar a necessidade de abertura de novas áreas de plantio.

Os benefícios ambientais obtidos com a adoção da biotecnologia são evidentes. O algodão Bollgard permite a redução do número de aplicações de inseticidas nas lavouras, e garante inúmeros benefícios sócio-ambientais, tais como: redução no consumo de água usada nas aplicações, diminuição do uso de combustível fóssil (óleo diesel) e, conseqüentemente, redução da quantidade de gás carbônico emitida para a atmosfera, proteção e conservação do solo, preservação dos inimigos naturais além de promover a manutenção da biodiversidade local.

A adoção do algodão Bollgard permite a redução do volume de ingredientes ativos no solo o que implica na redução do número de defensivos químicos utilizados na cultura, favorecendo entre outros fatores, a preservação dos recursos hídricos, do solo e a diminuição do volume de embalagens descartadas no meio ambiente.

A crescente adoção do algodão Bollgard reforça a alta aceitação da tecnologia no país. O produtor rural brasileiro evidencia além dos ganhos econômicos, uma redução na dependência de defensivos químicos convencionais, percebe melhoria da qualidade da água, da fauna, do solo e do ar e, principalmente, na saúde do trabalhador rural. A adoção dos demais eventos biotecnológicos só tende a potencializar os benefícios estimados neste trabalho, colocando o Brasil em condições de igualdade frente aos seus principais concorrentes no mercado internacional, e com uma atitude de responsabilidade sócio-ambiental maior.

Sobre a Céleres Ambiental É uma empresa de consultoria ambiental que atua no setor agrícola. Buscando se adaptar as exigências de mercado alcançou ainda, competência comprovada na gestão ambiental de projetos do setor sucroalcooleiro. Conta com uma equipe multidisciplinar de profissionais altamente qualificados capazes de se adaptar com maior velocidade às necessidades dos clientes na execução de diferentes tipos de projetos, entre eles:

- **Licenciamento Ambiental**
- **Due Diligence Ambiental (DDA)**
- **Avaliação de Viabilidade Locacional de Empreendimentos**
- **Adequação à Legislação Ambiental.**

Sobre a autora *Paula Carneiro* é sócia-diretora da Céleres Ambiental. Bióloga formada pela Universidade Federal de Uberlândia, especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (MG), em especialização em Direito Ambiental e Sustentabilidade pela PUC/São Paulo. Atualmente é consultora ambiental de usinas de Açúcar e Alcool em municípios do Triângulo Mineiro e Ribeirão Preto. Atuou na elaboração e coordenação de projetos de diagnóstico e avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários e usinas de açúcar e álcool, licenciamento ambiental, projetos de recuperação de áreas degradadas, projetos técnicos de reconstituição da flora, projetos de controle ambiental, relatórios de controle ambiental, estudos de impacto ambiental, relatórios de impacto do meio ambiente entre outros. É conselheira do CIB (Conselho de Informações em Biotecnologia).

Para informações adicionais a respeito deste estudo, contate a Céleres Ambiental:

ambiental@celeres.com.br

www.celeresambiental.com.br

R. Eng. Hélivio Felice, 119, Morada da Colina

Uberlândia (MG) – CEP: 38411-414

Tel.: (34) 3229-1313 – Fax: (34) 3229-4949
