



## SUMÁRIO EXECUTIVO

### *Benefícios Ambientais da Biotecnologia no Brasil "O caso do milho YieldGard"*

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 milho transgênico é o terceiro produto agrícola alterado geneticamente a receber autorização de plantio no Brasil, depois da soja e do algodão.

A aprovação do milho resistente a insetos no Brasil em fevereiro de 2008, possibilitará alcançar benefícios como 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).

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar os impactos ambientais gerados com a adoção do milho resistente a insetos 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 milho geneticamente modificada.

Como objetivo secundário, o presente estudo também ainda analisar a expectativa do usuário da tecnologia (produtor rural) com relação aos aspectos sócio-ambientais inerentes à tecnologia YieldGard.

## A METODOLOGIA

A metodologia deste estudo contemplou a realização de entrevista *in loco* com produtores rurais selecionados em regiões produtoras de milho. Foram amostrados, para o milho verão, os estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso, responsáveis por 90% do total cultivado com milho na safra 2006/07. Já para o milho inverno, foram amostrados os estados do Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Minas Gerais.

Em função da área plantada de milho na safra 2007/08 (10.162 mil hectares), foram previstas entrevistas com produtores em uma base amostral de uma entrevista para cada 55,8 mil hectares de área plantada, perfazendo no total 182 entrevistas (com arredondamento estatístico, sendo 92 entrevistas para o milho verão e 90 entrevistas para o milho inverno).

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram que a expectativa do produtor rural com relação aos benefícios sócio-ambientais possíveis com a adoção do milho YieldGard no Brasil é bastante alta.

### **Primeira Etapa**

Foram realizadas, nessa primeira etapa, visitas técnicas a regiões relevantes na produção de milho 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, para as áreas de milho verão, foram entrevistados produtores no Paraná e Goiás, empresas de assistência técnica, visando determinar qual é o resultado potencial da adoção do milho YieldGard no Brasil em produtores reconhecidos como de primeira linha, no que diz respeito às práticas agronômicas e gerenciais. Os produtores de interesse para o milho inverno foram entrevistados nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além das empresas de assistência da área.

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 do milho tendo como referência a cultura convencional e a transgênica (YieldGard). 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 m<sup>2</sup>)

para área, quilograma (Kg) para massa e litros ou m<sup>3</sup> para volume.

### Segunda etapa

Para a segunda etapa, buscou-se essencialmente abstrair do produtor rural os benefícios sócio-ambientais percebidos e esperados por uma amostragem maior de produtores de milho verão e inverno e assim, identificar o grau de expectativa dos mesmos com relação a temas gerais do aspecto sócio-ambiental e temas específicos da tecnologia YieldGard.

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 milho YieldGard, a expectativa com relação à 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 esperado pelo produtor rural, através da adoção do milho YieldGard. Com o objetivo de prover informações para auxiliar os estudos sobre impacto ambiental do milho YieldGard 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

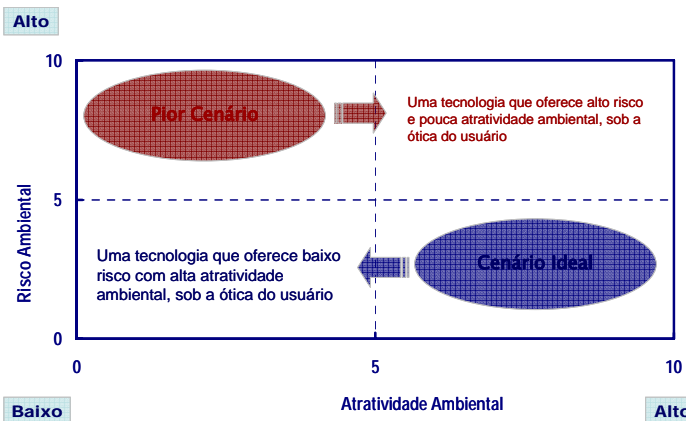
O somatório dos índices relativos à atratividade ambiental e ao risco ambiental, ao serem comparados, revela se as vantagens sobrepujam as desvantagens, de modo a avaliar a validade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia, considerando os impactos envolvidos (PÉSSOA; CARVALHO, PEREIRA Jr, 2006).

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 milho YieldGard, foi possível a construção da matriz, que demonstra qual seria o cenário ideal para a adoção dos transgênicos e o pior cenário, que implicaria não adesão à tecnologia (Figura 1).

**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 do milho YieldGard, 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 pulverizada nas lavouras, 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.

Analisando a cultura do milho no Brasil e tomando como referência os estados de Goiás e Paraná (para o milho verão) e Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (para o milho inverno), considerando o consumo médio de 120 litros de água para a elaboração da calda pulverizada por hectare, é esperada uma economia de 360 litros de água por hectare ao ano, assumindo a redução média, de 3 aplicações de inseticidas nas lavouras que adotem o milho YieldGard, 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 os estados considerados como referência na cultura do milho

verão, Goiás e Paraná, e do milho inverno Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, estima-se que a economia no consumo de óleo diesel será de 3 litros por hectare, ao ano, considerando um pulverizador auto-propelido que possui rendimento médio de 12 litros de diesel por hora.

Considerando a diminuição esperada no número de aplicações de inseticidas em lavouras de milho YieldGard e, conseqüentemente, a economia no consumo de óleo diesel, é 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 CO<sub>2</sub>.

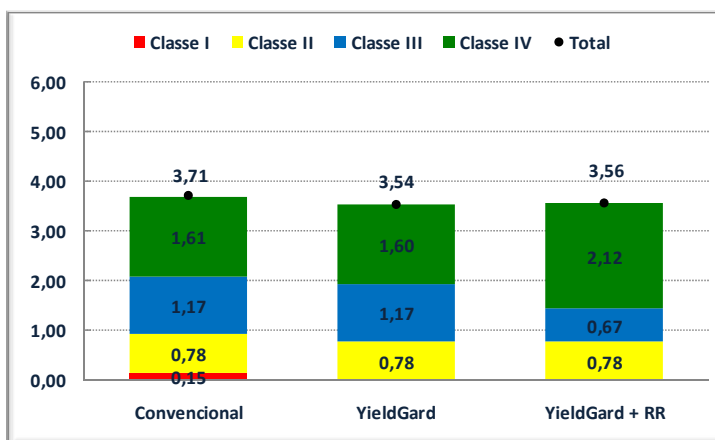
A expectativa de redução de 3 aplicações de inseticidas em culturas com milho YieldGard implica em 0,0077 toneladas de CO<sub>2</sub> deixando de ser emitidas para a atmosfera por hectare ao ano, ou seja, uma redução prevista de 7,7 quilos de CO<sub>2</sub> para as lavouras que optarem pela adoção desta tecnologia, para o mesmo pulverizador considerado acima.

Um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores no Brasil é a incidência de pragas na cultura do milho. Baseado nas informações obtidas nas entrevistas de campo com agricultores e com a equipe técnica de consultores, responsável pelo acompanhamento de algumas propriedades, foi levantado o pacote de produtos utilizados nas lavouras de milho verão e inverno no Brasil. Essas informações foram as ferramentas utilizadas para estimar o pacote tecnológico para os eventos YieldGard e YieldGard+RR. Os estados brasileiros considerados para a análise do pacote tecnológico foram para o milho verão Goiás e Paraná, e no caso do milho inverno Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A tecnologia YieldGard garante a redução de aplicações de inseticidas nas lavouras de milho o que traduz em um grande benefício ambiental com uma menor quantidade de ingrediente ativo contaminando solo e mananciais e, permitindo, dessa forma uma maior proteção dos recursos naturais.

Com base no manejo observado em lavouras de milho convencional de Goiás para a safra verão, e diante das estimativas do pacote tecnológico com a adoção da tecnologia YieldGard a quantidade total de ingrediente ativo por hectare (i.a./hectare) reduziria em 4,6% com a adoção do milho YieldGard, e 4% com a adoção do YieldGard+RR (Figura 2).

Figura 2. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no milho no estado de Goiás, por kg de i.a./ha.



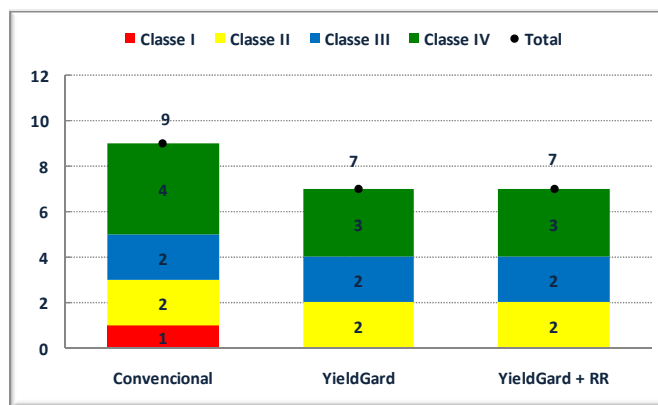
Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Vale ressaltar que o aspecto mais significativo em termos de impacto ambiental é a redução de ingredientes ativos de classes toxicológicas mais agressivas ao meio ambiente e à saúde humana. Diante do exposto, e analisando a (Figura 2) percebe-se que tanto o evento YieldGard, como o YieldGard+RR permitem a exclusão de produtos da classe toxicológica I, considerada a mais agressiva ao meio ambiente.

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 do milho, com implicação sobre a logística, pois permitiria a redução do 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, com maior facilidade de gestão do processo produtivo.

De acordo com o manejo do milho observado no estado de Goiás, nota-se uma redução de número de produtos de 22,2% nas lavouras que adotarem os eventos YieldGard ou YieldGard+RR (Figura 3), evidenciando que tais eventos tecnológicos trarão enormes benefícios sociais, ambientais e econômicos no que se refere a cultura do milho. Isso porque de acordo com estimativas se verifica uma redução gradual do número de produtos utilizados com a adoção do YieldGard e YieldGard+RR, possibilitando a diminuição de 2 produtos com a adoção de tais eventos.

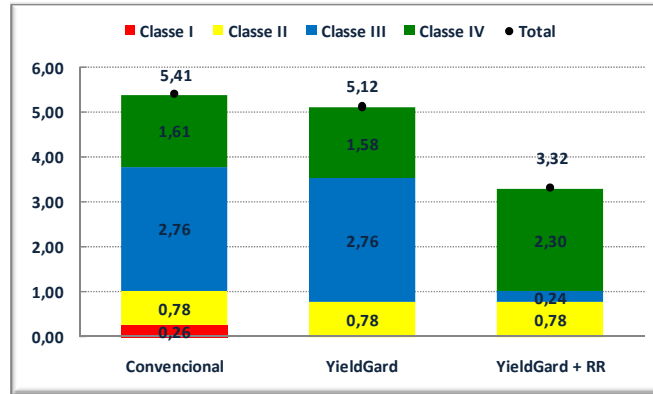
**Figura 3. Número de produtos utilizados na cultura do milho no estado de Goiás, e estimativa do número de produtos com a adoção de YieldGard e YieldGard+RR.**



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

No caso do Paraná também para a safra verão observa-se uma quantidade maior de produtos sendo utilizados nas lavouras quando comparado com o estado de Goiás. No entanto, a adoção do milho YieldGard permitiria uma redução de 5,4% no total de ingredientes ativos em relação ao milho convencional (Figura 4). Quando comparados milho convencional e o evento YieldGard+RR a redução total de ingredientes ativos seria de 38,6% (Figura 4) reforçando ainda mais os benefícios ambientais já constatados com a adoção dos eventos que já estão em comercialização. Pode-se ainda concluir que, além da redução total da quantidade de ingredientes ativos com a adoção da biotecnologia outro benefício deve ser considerado, a eliminação de produtos da classe toxicológica I, considerada a mais agressiva para o meio ambiente e para a saúde humana (Figura 5).

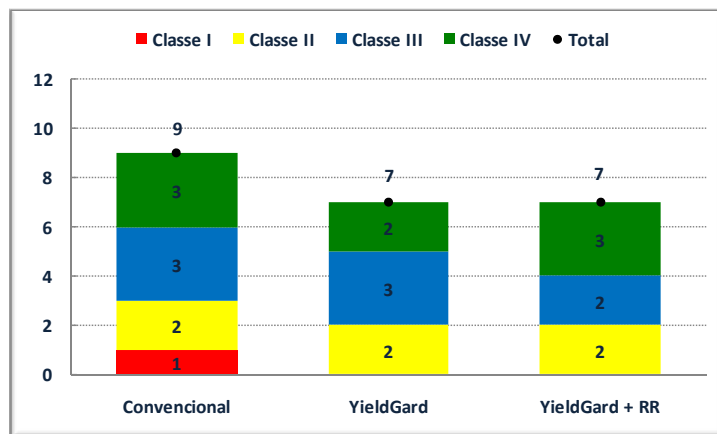
Figura 4. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no milho no Paraná, por kg de i.a./ha



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Pode-se afirmar que a eliminação do produto de classe toxicológica I, no caso da opção de adoção do milho YieldGard e da possibilidade de aprovação para comercialização do milho YieldGard+RR, implicaria em lavouras com menor uso de ingredientes ativos por hectare, utilização de produtos menos agressivos e, conseqüentemente, com um menor impacto ambiental.

Figura 5. Número de produtos utilizados na cultura do milho no Paraná, e estimativa do número de produtos com a adoção de YieldGard e YieldGard+RR.

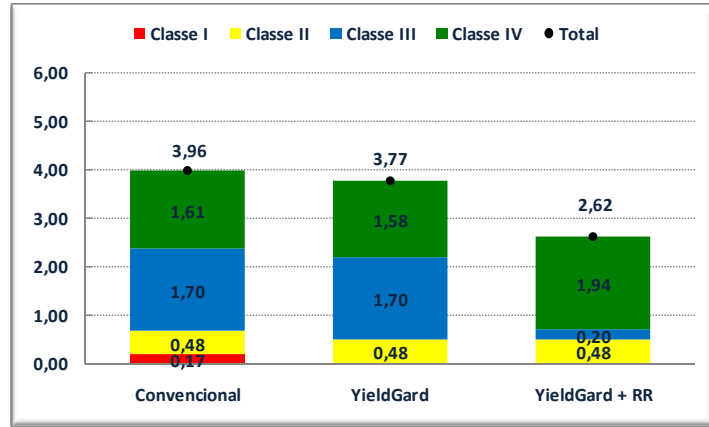


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Assim como foi analisado o pacote tecnológico previsto para o milho verão, na análise do milho inverno os estados selecionados como referência foram Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

No caso do manejo observado em áreas de cultivo de milho do Mato Grosso, a tecnologia YieldGard reduz em 4,8% o volume total de ingredientes ativos utilizados, por hectare, na cultura do milho porém, a adoção dos novos eventos tecnológicos pode levar à redução de até 33,8% no volume de i.a. por hectare no caso da previsão para o YieldGard+RR (Figura 6). Outro dado relevante é que os eventos YieldGard e YieldGard+RR permitem a eliminação da classe toxicológica I, muito agressiva ao meio ambiente e a saúde humana.

Figura 6. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no milho no Mato Grosso, por Kg de i.a./ha.

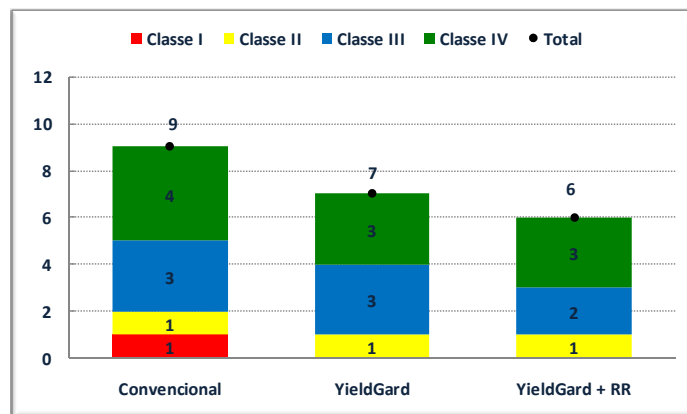


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Assim como no exemplo da realidade prevista para o milho verão também é esperado uma redução no número de defensivos utilizados na cultura do milho inverno 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 o 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 e na maior facilidade de gestão do processo produtivo.

De acordo com o manejo do milho inverno observado no Mato Grosso, nota-se que o número de produtos utilizados para a cultura do milho YieldGard diminui em relação ao milho convencional. Do total de 9 produtos utilizados na cultura convencional, o evento YieldGard possibilita a redução de 2 produtos. Vale ressaltar que a aprovação do evento YieldGard+RR permitiria a utilização de apenas 6 produtos (Figura 7), o que reforça a necessidade de agilidade na provação dos demais eventos tecnológicos para que o Brasil possa alcançar os resultados positivos constatados pelos países onde esses eventos já foram aprovados.

Figura 7. Número de produtos utilizados na cultura do milho no Mato Grosso, e estimativa do número de produtos com a adoção de YieldGard e YieldGard+RR

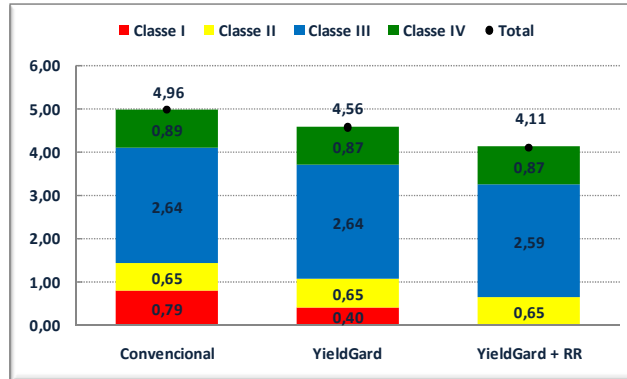


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

No estado do Mato Grosso do Sul de acordo com os dados da pesquisa de campo e entrevistas realizadas nas empresas de consultoria a fim de

levantar o pacote tecnológico do milho, a tecnologia YieldGard favoreceria a redução de 8,06% do total de ingredientes ativos na cultura do milho quando comparada a cultura do milho convencional. A previsão para a tecnologia YieldGard+RR é de redução de 17,13% no total de ingredientes ativos (Figura 8). Vale destacar que esta tecnologia permitiria a exclusão dos produtos de classe toxicológica I, os mais agressivos ao meio ambiente e à saúde humana.

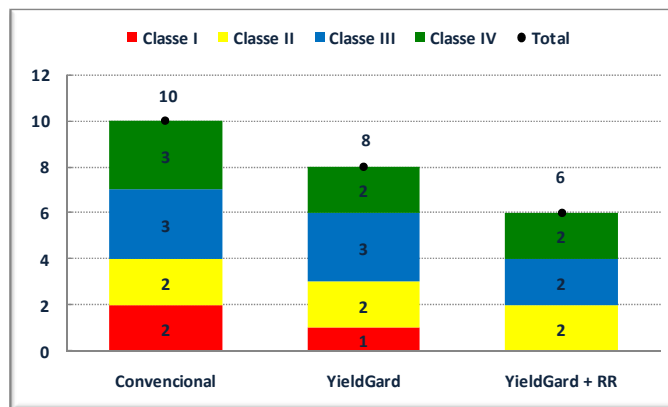
Figura 8. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados no milho no Mato Grosso do Sul, por Kg de i.a./ha.



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Os resultados da pesquisa de campo no estado do Mato Grosso do Sul permitiram levantar o número de produtos utilizados na cultura do milho convencional e estimar o número de produtos para as tecnologias YieldGard e YieldGard+RR. Observa-se que a tecnologia YieldGard permitirá reduzir 2 produtos do pacote tecnológico, quando comparada ao milho convencional, enquanto a tecnologia YieldGard + RR permitirá a redução de 4 produtos (Figura 9). Mais uma vez verifica-se a importância de ressaltar que os benefícios sócio-ambientais aumentam com as novas tecnologias, o que demonstra a necessidade de adoção das mesmas.

Figura 9. Número de produtos utilizados na cultura do milho no Mato Grosso do Sul, e estimativa do número de produtos com a adoção de YieldGard e YieldGard+RR



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

## **OS RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA**

Por meio dos questionários aplicados durante as visitas a campo, foi possível levantar informações sócio-ambientais relevantes relacionados à cultura do milho no Brasil. Foram abordados nas perguntas dos questionários ambientais, tanto aspectos quantitativos como qualitativos relativos aos benefícios sócio-ambientais esperados com a adoção do milho YieldGard, buscando levantar as informações, junto ao produtor rural, pertinentes ao assunto.

Os produtores rurais foram questionados quanto aos benefícios ambientais e sociais esperados com a adoção do milho YieldGard. Os fatores abordados foram expectativa de melhoria da qualidade da água, do solo, da fauna e do ar, com a adoção do milho YieldGard.

### **Milho Verão**

No caso da água, a expectativa da grande maioria dos produtores rurais é de que haverá alguma diferença na qualidade da água em suas propriedades. Percebe-se que a expectativa dos produtores rurais é de que essa diferença na qualidade da água significaria uma grande diferença de qualidade, e para a maioria dos entrevistados esse benefício traria uma grande vantagem para sua atividade.

Com relação ao aumento da fauna local e do entorno de suas propriedades, grande parte dos proprietários rurais entrevistados esperam alguma diferença na fauna, sendo que a grande maioria espera que o número de animais fique muito diferente, ou seja, aumente com o passar do tempo. Segundo os questionários com as entrevistas de campo, aproximadamente, 83% dos produtores percebem essa diferença da fauna como um grande benefício para o seu negócio.

A melhoria na qualidade do solo também é esperada pelos produtores rurais com a adoção da tecnologia YieldGard. A tecnologia permitirá menor fluxo de máquinas nas lavouras devido a redução do número de aplicação de inseticidas. Percebe-se ainda que a grande maioria dos entrevistados concorda que essa melhoria significará vantagem para seu negócio.

A melhoria da qualidade do ar é um dos benefícios mais difíceis de mensurar na opinião dos produtores rurais. No entanto, quando se analisa que a tecnologia YieldGard permite uma redução de entradas na lavoura o que garante uma maior economia de combustível fóssil, conseqüentemente, teria menor emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera resultando em uma melhoria da qualidade do ar. Diante do exposto, a maioria dos produtores entrevistados espera alguma melhora na qualidade do ar em suas propriedades, sendo que esse benefício se traduz, segundo a opinião dos mesmos, em uma grande vantagem para a atividade que eles desenvolvem.

### **Milho Inverno**

Para a cultura do milho inverno foram questionados os mesmos aspectos relacionados às expectativas de melhoria da qualidade da água, da fauna, do solo, do ar.

Com relação à qualidade da água a maioria dos entrevistados espera a ocorrência de alguma melhora. E segundo a grande maioria isso significa uma grande vantagem para sua atividade.

Com relação ao aumento da fauna local e do entorno das propriedades com a adoção do milho YieldGard, a grande maioria espera que a tecnologia favoreça o aumento do número de animais pois permitirá uma redução no volume de inseticidas utilizados nas lavouras. Ainda, de acordo com relato dos entrevistados esse benefício ambiental é considerado uma grande vantagem para o negócio.

No que diz respeito à expectativa com relação à melhoria da qualidade do solo, a maioria dos entrevistados espera alguma diferença, o que para os proprietários ou responsáveis pelas propriedades é uma grande vantagem para sua atividade. Esta melhora está diretamente relacionada com a redução da erosão e diminuição da compactação do solo resultado da expectativa com relação à diminuição no fluxo de máquinas pesadas nas lavouras em decorrência da adoção da tecnologia YieldGard.

De acordo com a revisão da literatura e com as visitas a campo nas lavouras de milho verão e milho inverno, os indicadores julgados mais importantes e seus respectivos pesos para a cultura do milho YieldGard no Brasil, são demonstrados nas matrizes de atratividade e de risco (Figura 10 e Figura 11).

**Figura 10. Matriz de atratividade ambiental para a cultura de milho YieldGard no Brasil**

	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO*		Peso (0% a 100%)
	MÍN	MÁX	
Maior proteção contra pragas e doenças	0	10	40,5%
Redução do uso de defensivos agrícolas	0	10	27,0%
Eventos de biotecnologia liberados através de procedimentos de biossegurança mais rigorosos	0	10	16,2%
Melhoria da qualidade e sustentabilidade da produção	0	10	8,1%
Melhor otimização dos fatores de produção	0	10	5,4%
Maior segurança para os trabalhadores	0	10	2,7%
<b>Atratividade Ambiental Ponderada</b>			<b>100,0%</b>

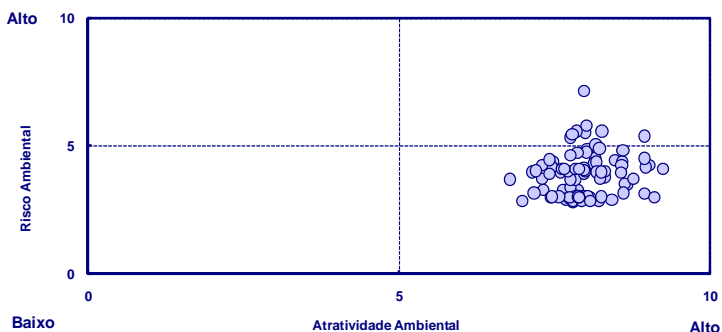
**Figura 11. Matriz de risco ambiental para a cultura de milho YieldGard no Brasil**

	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO*		Peso (0% a 100%)
	MÍN	MÁX	
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%
<b>Risco Ambiental Ponderado</b>			<b>100,0%</b>

A análise das informações de campo e dos resultados das entrevistas não só evidenciaram, mas, sobretudo reforçaram as expectativas positivas com relação aos benefícios da tecnologia YieldGard. Sendo assim, a simples interpretação dos resultados obtidos por meio das matrizes de atratividade e risco sócio-ambiental para o milho verão e milho inverno (Figura 10 e Figura 11), onde o somatório da relação entre peso e relevância da atratividade sobrepuja o somatório dessas variáveis, gerado a partir dos riscos ambientais, evidencia resultados favoráveis à adoção do milho YieldGard no Brasil, embora com diferenças de percepção entre os produtores do milho safra verão e do milho safra inverno.

A distribuição do resultado da análise da atratividade ambiental esperada com base em cada um dos questionários de campo para o milho verão (Figura 12) e inverno (Figura 13), revela que a tecnologia YieldGard oferecerá baixo risco ambiental e alta atratividade ambiental.

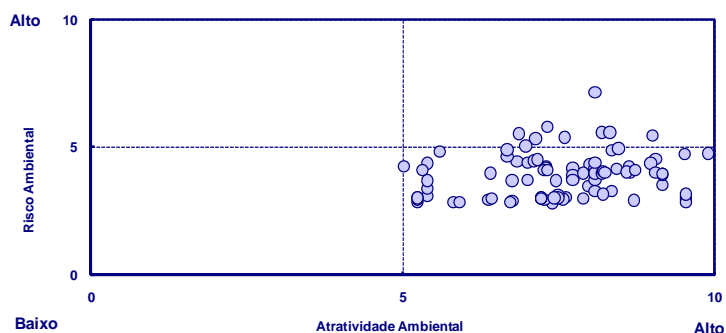
**Figura 12. Matriz atratividade/risco ambiental do milho YieldGard safra verão, no Brasil**



Fonte: Céleres Ambiental baseado na pesquisa de campo

Da mesma forma, a Figura demonstra a distribuição do resultado da análise da atratividade ambiental esperada com base em cada um dos questionários de campo para o milho inverno, revelando que também no caso do milho inverno, a tecnologia YieldGard oferecerá baixo risco ambiental e alta atratividade ambiental.

**Figura 13. Matriz atratividade/risco ambiental do milho YieldGard safra inverno, no Brasil**



Fonte: Céleres Ambiental baseado na pesquisa de campo

Vale ressaltar que a julgar pelos dados e informações obtidas junto aos produtores no campo, existem diferenças entre o resultado da matriz de atratividade/risco ambiental do milho verão em relação ao milho inverno, e deve-se, na sua essência, ao fato de que os produtores de milho safra inverno já possuem algum parâmetro de comparação das tecnologias de resistência à insetos, por estarem eminentemente concentrados no Centro-Oeste, em particular no Mato Grosso e Goiás, pois nestes estados a produção do algodão Bollgard já está presente há pelo menos dois anos agrícolas.

Diante disso, se percebe uma alta expectativa dos proprietários rurais com relação aos benefícios sócio-ambientais esperados com a adoção da tecnologia YieldGard.

### **A ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS SÓCIO-AMBIENTAIS DA ADOÇÃO DO MILHO YIELDGARD NO BRASIL**

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 milho, pela simples adoção da tecnologia YieldGard.

Tomando como referência os dados obtidos nos *benchmark* para os estados do Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, a otimização no uso de água para o preparo da calda de defensivos ficou estimada em 360 litros por hectare com a tecnologia por ano safra. Partindo dessa análise e extrapolando os dados para o cenário nacional, considerando a projeção de plantio de 1,44 milhão de hectares com milho YieldGard na safra 2008/09 (CÉLERES, 2008), e a redução de 3 aplicações de inseticidas, pode-se inferir uma redução no uso de água de aproximadamente 519 milhões de litros apenas nesta safra.

Podemos concluir que dependendo da efetividade da tecnologia YieldGard no controle das pragas alvo e eficiência operacional do equipamento, a redução efetiva no uso de água para o preparo da calda pode oscilar entre 144,1 milhões a 1,4 bilhão de litros no ano (Figura 14).

Figura 14. Redução no volume de água na preparação da calda aplicada nas lavouras com milho YieldGard no Brasil. Safra 2008/09

Calda Aplicada (l/ha)	Número de aplicações reduzidas com milho Yieldgard					
	1	2	3	4	5	6
	Volume de água economizado (milhões l/ano)					
100	144,1	288,3	432,4	576,6	720,7	864,9
110	158,6	317,1	475,7	634,3	792,8	951,4
120	173,0	346,0	518,9	691,9	864,9	1.037,9
130	187,4	374,8	562,2	749,6	937,0	1.124,4
140	201,8	403,6	605,4	807,2	1.009,0	1.210,9
150	216,2	432,4	648,7	864,9	1.081,1	1.297,3
160	230,6	461,3	691,9	922,6	1.153,2	1.383,8

<sup>1/</sup> Considerando um pulverizador autopropelido de 2.000 litros de carga

<sup>2/</sup> 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 citados anteriormente e ainda considerado a projeção de plantio de 1,44 milhão de hectares (verão + inverno) com milho YieldGard na safra 2008/09 (CÉLERES, 2008), é possível prever uma economia anual para o Brasil de 1,7 a 6,5 milhões de litros de óleo diesel, dependendo da eficiência da tecnologia do milho YieldGard (Figura 15). No cenário base aqui considerado, com a redução de 3 aplicações de inseticidas, estimamos a redução do uso de óleo diesel em 4,3 milhões de litros já na safra 2008/09, cujos trabalhos de plantio já começaram.

Figura 15. Redução no volume de óleo diesel nas lavouras com milho YieldGard no Brasil. Safra 2008/09

Rendimento (ha/h)	Número de aplicações reduzidas com milho Yieldgard					
	1	2	3	4	5	6
	Volume de diesel economizado (milhão l/ano)					
10	1,73	3,46	5,19	6,92	8,65	10,38
11	1,57	3,15	4,72	6,29	7,86	9,44
12	1,44	2,88	4,32	5,77	7,21	8,65
13	1,33	2,66	3,99	5,32	6,65	7,98
14	1,24	2,47	3,71	4,94	6,18	7,41
15	1,15	2,31	3,46	4,61	5,77	6,92
16	1,08	2,16	3,24	4,32	5,41	6,49

Fonte: Céleres Ambiental, 2007.

Ao admitir o potencial de redução na emissão dos gases de efeito estufa como decorrência da adoção do milho YieldGard 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 total de gás carbônico que deixa de ser lançado na atmosfera por hectare ao ano parece pequeno. No entanto, estimando uma área de plantio de 1,44 milhão de hectares com o milho YieldGard na safra 2008/09, espera-se uma redução de 11,2 mil toneladas de CO<sub>2</sub> que deixarão de ser lançadas na atmosfera (Figura 16).

Figura 16. Redução da emissão de GEE em tCO<sub>2</sub> em decorrência do menor uso de diesel no milho YieldGard no Brasil. Safra 2007/08

Rendimento (ha/h)	Número de aplicações reduzidas com milho Yieldgard					
	1	2	3	4	5	6
	Redução da emissão de GEE, em tCO <sub>2</sub> ( mil tCO <sub>2</sub> /ano)					
10	4,46	8,92	13,38	17,85	22,31	26,77
11	4,06	8,11	12,17	16,22	20,28	24,34
12	3,72	7,44	11,15	14,87	18,59	22,31
13	3,43	6,86	10,30	13,73	17,16	20,59
14	3,19	6,37	9,56	12,75	15,93	19,12
15	2,97	5,95	8,92	11,90	14,87	17,85
16	2,79	5,58	8,37	11,15	13,94	16,73

Fonte: Céleres Ambiental, 2007.)

Assumindo o padrão atual de crescimento econômico, o milho produzido no Brasil ganha relevância no mercado internacional, passando o país a assumir uma importante posição como fornecedor global deste cereal.

Assim, projeta-se para os próximos dez anos, que a produção brasileira de milho deverá passar das atuais 56,9 milhões de toneladas para 94,5 milhões de toneladas em 2017/18, apenas como meio de manter as relações de oferta e demanda do cereal em equilíbrio. Para fazer frente a pressão de consumo do milho, que cresce tanto nos usos tradicionais quanto para a produção de etanol em alguns países, o setor produtivo do milho no Brasil precisará de um menor esforço, medidos em termos de área plantada, se lançar mão da biotecnologia como mola propulsora da produtividade média do Brasil.

A partir da tendência de crescimento na produtividade do milho cultivado no Brasil, observada nas últimas dez safras, para atingir a produção necessária para 2017/18, será necessário o plantio de 19,7 milhões de hectares, entre safra verão e inverno, ao passo que, apenas com a adoção do milho YieldGard, levando em consideração as premissas de ganhos de produtividade dos híbridos transgênicos previstos para a realidade local, a necessidade de área de plantio será menor, ou seja, de 16,4 milhões de hectares.

Ao contrário do caso do algodão, que possui semelhanças dado a característica do evento biotecnológico que promove ganhos de produtividade, a dimensão do plantio total do milho faz com que o impacto da não adoção da biotecnologia seja muito maior.

Na média do período considerado, o adicional de área necessário para compensar a perda marginal de produtividade com a não adoção do milho YieldGard é de 2,5 milhões de hectares/ano, embora no começo da projeção, o incremento é de apenas 700 mil hectares, mas no limiar da projeção, o incremento chega a 3,3 milhões de hectares.

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 milho verão e milho inverno mostradas na Figura 17.

**Figura 17. Premissas de adoção de área com o milho YieldGard considerada nos cálculos.**

	Área (milhão ha)			Milho Verão YieldGard		Milho Inverno YieldGard	
	Total	Verão	Inverno	Potencial	Adoção	Potencial	Adoção
06/07	13,7	9,3	4,4	4,1	0,0	2,9	0,0
07/08	14,4	9,6	4,8	4,4	0,0	3,2	0,0
08/09	13,6	9,2	4,3	4,3	0,6	3,0	0,8
09/10	14,7	10,0	4,7	4,8	2,7	3,3	0,9
10/11	14,9	10,1	4,8	4,9	3,8	3,4	1,5
11/12	15,2	10,2	5,0	5,0	4,9	3,6	2,2
12/13	15,1	10,1	5,1	5,2	5,2	3,8	2,5
13/14	15,1	9,9	5,2	5,7	5,5	3,9	2,9
14/15	15,2	9,8	5,3	5,9	5,7	4,3	3,3
15/16	15,8	10,2	5,5	6,3	6,1	4,4	3,6
16/17	16,3	10,5	5,8	6,5	6,5	4,6	3,8
17/18	16,4	10,5	5,9	6,5	6,4	4,8	3,9

Fonte: CÉLERES. Baseada em estimativas próprias.

Valores em milhões hectares

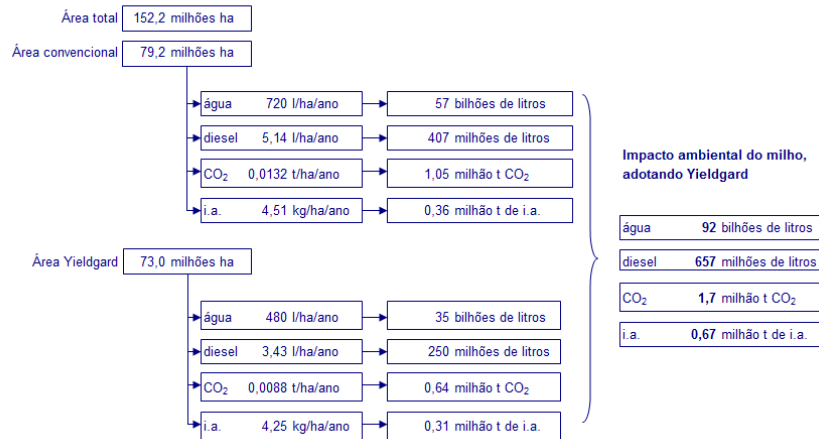
Ao considerar a projeção anual de plantio do milho para os próximos dez anos, assumindo a adoção do milho YieldGard e já ponderado o impacto esperado da produtividade, o total de área plantada com o cereal ao longo desse período chega a 152,2 milhões de hectares, sendo que deste total, 73,0 milhões de hectares devem ser semeados com híbridos de milho YieldGard e 79,2 milhões de hectares com híbridos e variedades convencionais (Figura 18). Admitindo tal taxa de adoção, ao longo do período considerado, a adoção média do milho YieldGard no Brasil equivalerá a 48,0% do total semeado com este cereal.

Por outro lado, admitindo-se a não adoção do milho YieldGard no Brasil, para efeito de cálculo do benefício ambiental líquido da adoção desta tecnologia, a necessidade de área plantada no período seria de 177,5 milhões de hectares entre 2008/09 e 2017/18. Tal incremento é consequência, conforme discutido anteriormente, do menor potencial produtivo dos híbridos e variedades convencionais frente ao milho YieldGard.

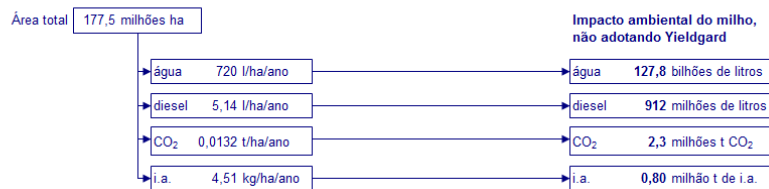
De posse desses dois cenários, com e sem a adoção do milho YieldGard, simulou-se inicialmente, o impacto ambiental de ambos os cenários (Figura 18). No cômputo do impacto ambiental total no cenário com a adoção do milho YieldGard foi ponderado a área remanescente cultivada com o milho convencional. O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

**Figura 18. Sumário dos impactos ambientais do cultivo do milho YieldGard no Brasil. 2008/09 a 2017/18**

Com a adoção do milho Yieldgard. Período 2008/09 a 2017/18.



Sem a adoção de Yieldgard. Período 2008/09 a 2017/18.



#### Notas:

1/ Para 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 milho convencional, foi considerada a média de 6 aplicações de defensivos através de pulverizador autopropelido de 2.000 litros. Para o milho YieldGard considerou-se a média de 4 aplicações baseado nos resultados de campo deste estudo.

Fonte: Céleres Ambiental baseada na pesquisa de campo.

Como premissa de ganhos decorrentes da adoção do milho YieldGard para óleo diesel, água e emissão de CO<sub>2</sub>, 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 milho YieldGard onde na conta da água, o benefício chega a 36 bilhões de litros, volume este suficiente para atender a demanda de água de 816 mil pessoas nesse período (Figura 19), tomando como referência a recomendação da ONU, que prevê o fornecimento de 120 litros por habitante por dia. 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 milho YieldGard não é menos importante e considerável para a redução no uso de óleo diesel. Estimou-se este benefício em 255 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 19). Tal volume de combustível fóssil seria suficiente abastecer, aproximadamente, 106 mil camionetes de porte médio, como o modelo S-10, que rodem 24 mil

quilômetros por ano, cada.

**Figura 19. Sumário dos benefícios ambientais da adoção do milho YieldGard no Brasil**

Benefício ambiental do milho Yieldgard no Brasil entre 2008/09 e 2017/18		Equivalência ambiental dos benefícios estimados com a tecnologia Yieldgard	
água	36 bilhões de litros	→	816 mil pessoas no período
diesel	255 milhões de litros	→	106 mil veículos leves
CO <sub>2</sub>	0,66 milhão t CO <sub>2</sub>	→	4,8 milhões de árvores
i.a.	0,13 milhão t de i.a.		

**Notas:**

Recomendação ONU para abastecimento de água: 120 litros/habitante/dia  
 Cálculo da quilometragem: 24.000 km/ano com rendimento de 10 km/l  
 Coeficiente de conversão de árvores: 7,38 árvores/tCO<sub>2</sub> economizada  
 Fonte: Céleres Ambiental baseada em pesquisa própria

Para as emissões de CO<sub>2</sub>, o benefício líquido da adoção do milho YieldGard possibilita a economia de quase 700 mil tCO<sub>2</sub> ao longo dos próximos dez anos, que por sua vez equivalem a praticamente 4,8 milhões de árvores (Figura 19). As espécies da flora consideradas no cálculo da conversão foram as de floresta ripária<sup>1</sup>.

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 134 mil toneladas de produtos químicos que deixarão de ser lançados no meio-ambiente ao longo dos próximos dez anos, o que é, indiscutivelmente, um nítido benefício da adoção do milho YieldGard no Brasil (Figura 19).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as observações feitas neste estudo, a não adoção da tecnologia YieldGard implica em prejuízos ambientais diversos, como um incremento na área a ser cultivada com milho 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 milho YieldGard permite a redução do número de aplicações de inseticidas nas lavouras, e garante inúmeros benefícios sócio-ambientais, tais como: redução no consumo de água utilizada nas aplicações, diminuição do uso de combustível fóssil (óleo diesel) e, assim, redução da quantidade emitida de gás carbônico para a atmosfera, como conseqüência pode-se inferir maior proteção e conservação do solo, preservação dos inimigos naturais e manutenção da biodiversidade local.

A adoção do milho YieldGard permite a redução tanto do volume de ingredientes ativos no solo como também a redução do número de defensivos químicos utilizados na cultura, favorecendo entre outros fatores, a preservação do meio ambiente com a diminuição do volume de embalagens descartadas.

O potencial de adoção do milho YieldGard, entre outros eventos transgênicos, possibilitará o Brasil a fazer frente à crescente demanda, interna e externa, por milho, tanto para os usos tradicionais quanto para o uso como matéria-prima para biocombustíveis em países selecionados. 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 beneficia a qualidade da saúde do trabalhador rural.

A adoção dos demais eventos biotecnológicos só tende a potencializar os

<sup>1</sup> Mata ciliar

benefícios estimados neste trabalho, colocando o Brasil em condições de igualdade frente aos seus principais concorrentes no mercado internacional, demonstrando uma atitude de responsabilidade sócio-ambiental.

---

**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.

- **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](mailto:ambiental@celeres.com.br)

[www.celeresambiental.com.br](http://www.celeresambiental.com.br)

R. Eng. Hélvio Felice, 119, Altamira

Uberlândia (MG) – CEP: 38411-414

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

---