

ESTUDO DE CASO DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS ALIMENTARES E AMBIENTAIS DA SOJA GENETICAMENTE MODIFICADA - MÉTODO GMP-RAM PARA AVALIAÇÃO CASO A CASO DOS RISCOS DE PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS

S.M.N. Cremonesi¹, F.L. Manzato², K.R.E. Jesus-Hitzschky³

1- Laboratório de Biossegurança e Ecotoxicologia - Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5 CP. 69, CEP: 13820-000 – Jaguariúna – SP - Brasil; Telefone: (19)3311-2641 - Fax: (19)3311-2640 - e-mail: (simone@cnpma.embrapa.br)

2- Laboratório de Biossegurança e Ecotoxicologia - Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5 CP. 69, CEP: 13820-000 – Jaguariúna – SP - Brasil; Telefone: (19)3311-2641 - Fax: (19)3311-2640 - e-mail: (fernandalm@cnpma.embrapa.br)

3- Laboratório de Biossegurança e Ecotoxicologia - Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5 CP. 69, CEP: 13820-000 – Jaguariúna – SP - Brasil; Telefone: (19)3311-2641 - Fax: (19) 3311-2640 - e-mail: (katiareg@cnpma.embrapa.br)

RESUMO – A avaliação da segurança é essencial para a pesquisa e desenvolvimento das plantas geneticamente modificadas (PGMs), incluindo a análise dos riscos potenciais das plantas ou das práticas relacionadas ao seu cultivo para o meio ambiente e efeitos para a saúde humana e animal de maneira comparativa com a variedade convencional. O método GMP – RAM (Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants), é a primeira metodologia para avaliação caso a caso dos riscos de PGMs, a partir desta análise, possibilita a adoção de medidas para evitar ou controlar tal risco. A possibilidade de inserir indicadores específicos para a avaliação da PGM em questão e a necessidade de elaborar a lista de recomendações a partir dos resultados levantados permite uma análise caso a caso do evento, neste trabalho foi realizado o estudo de caso da segurança alimentar e ambiental da Soja Roundup Read.

ABSTRACT – It is essential to the research and development of Genetically Modified Plants (GMPs) the evaluation of security, including analysis of the potential risks of plants or practices related to its cultivation on the environment, human or animal health, in comparison with the conventional variety. The GMP-RAM method (Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants), the first GMP risk assessment methodology from this analysis, enables the adoption of measures to prevent or control such risks. The possibility of inserting specific indicators for the evaluation of GMP in questioned the need to draw up a list of recommendations from the results raised allows a case study of event, in this case study the food and environmental safety of RR soybean.

PALAVRAS-CHAVE: plantas geneticamente modificadas, avaliação de risco, Soja Roundup Read, análise caso a caso

KEYWORDS: genetically modified plants, risk assessment, Roundup Read Soybean, case study of event

1. INTRODUÇÃO

A importância da avaliação dos riscos de PGMs e/ou de alimentos geneticamente modificados (AGMs) consiste em identificar o perigo e avaliar o efeito acerca dos riscos potenciais. Para a adequada avaliação do risco são necessárias informações sobre a liberação e a descrição prévia do organismo geneticamente modificado (OGM). O primeiro procedimento é identificar a situação que poderia produzir algum dano. A análise de risco compreende as etapas de: avaliação, gerenciamento e comunicação de risco. Desta maneira as avaliações de risco preenchem uma lacuna na área da segurança alimentar e nutricional considerando três eixos que são inseparáveis e complementares: acesso, educação e qualidade.

De maneira geral, poderiam ser apresentadas as seguintes situações de risco: toxicidade, desenvolvimento de resistência a antibióticos, e alergenicidade – do ponto de vista alimentar; e capacidade de transferência de material genético, ou efeitos negativos sobre organismos não-alvo da modificação genética - do ponto de vista ambiental. Para avaliar a segurança da soja GM resistente ao

glifosato (CP4EPSPS) a partir de dados publicados na literatura, segundo Jesus *et al.* (2006) e Jesus-Hitzschky *et al.* (2007), foi empregado o método GMP – RAM. Segundo James (2007) a área global de lavouras transgênicas no Brasil chegou a 14,5 milhões de hectares apenas com o cultivo da Soja RR. Este avanço pode ser explicado segundo Cerdeira e Duke (2006) devido a tolerância ao glifosato para garantir uma maior produtividade e reduzir a necessidade do uso de outros herbicidas comumente mais tóxicos

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia “Avaliação de Risco de Plantas Geneticamente Modificadas – GMP-RAM” (“Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants”) desenvolvida por Jesus *et al.* (2006) é o único método disponível para a análise de risco de PGM e foi empregada para o estudo de caso da soja GM para a resistência ao glifosato. O *Software* auxilia a avaliação de risco por meio de duas ferramentas: *Planilhas de Evidência dos Riscos* e *Matriz de Avaliação* conforme mostra a Figura 1 e 2, respectivamente. Na planilha de evidência dos riscos são sugeridos 15 indicadores, codificados de “a” até “p”, que representam os riscos potenciais mais preocupantes para a comunidade científica. A planilha prevê ainda a possibilidade do avaliador inserir os riscos mais específicos para o transgênico em questão. Com o auxílio da primeira ferramenta busca-se a análise criteriosa e individual dos riscos através da atribuição de valores. A partir da análise dos riscos são determinados: “Índice de Risco = Magnitude x Exposição ao dano x Precedente” e “Índice de Significância = Extensão x Reversibilidade”. Nas Tabelas de 1 à 3 são apresentados os fatores que compõem os Índices.

Os resultados obtidos da formulação dos índices são apresentados na Matriz de Avaliação o que permite a visualização dos riscos envolvidos, possibilitando estabelecer em qual nível as ações mitigatórias devem ser tomadas. A utilização do método pode ser feita através do *Software* GMP – RAM, acessado no site da Embrapa Meio Ambiente: http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php3.

A partir dos resultados o avaliador deve elaborar a lista de recomendação, tendo em vista a diminuição dos riscos associados à cultura e ao AGM. A possibilidade de inserir indicadores específicos para a avaliação e a necessidade de elaborar a lista permite uma análise caso a caso do evento.

Para este trabalho realizou-se uma análise criteriosa da literatura especializada segundo Jesus *et al.* (2006) e Jesus-Hitzschky *et al.* (2007), sobre os riscos alimentares e ambientais sobre a Soja RR e os dados foram inseridos no *Software* de acordo com a avaliação preconizada no Método GMP – RAM.

Tabela 1 - Fatores de Ponderação:

Magnitude / Exposição ao dano	Valores
Baixa	1
Média	2
Alta	4

Tabela 2 - Fator de Ponderação:

Precedente	Valores
Não	1
Sim	2

Tabela 3 - Fator de Ponderação para o Índice de Significância

Fator de Ponderação	Níveis	Valores
Extensão	Pontual	1
	Local	2
	Entorno	4
Reversibilidade	Reversível Naturalmente	1
	Reversível com manejo simples	2
	Reversível com manejo complexo	4
	Irreversível	8

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos riscos associados ao plantio e consumo da Soja RR utilizados foram publicados em artigos científicos. Abaixo são apresentados os riscos potenciais (indicadores da avaliação de risco) mais problemáticos para segurança alimentar e ambiental deste AGM.

Do ponto de vista metodológico foram analisados, dentre os 15 indicadores gerais (codificados com letras do alfabeto de “a” até “p”) apresentados pelo Método GMP-RAM, somente os mais preocupantes para o caso da Soja RR: (e) “Geração de linhagens com aspectos de planta daninha”; e (f) “Aparecimento de atributos adicionais – resistência e seletividade induzida pela modificação genética”.

Por outro lado, para garantir uma avaliação efetiva da segurança alimentar e ambiental associada à Soja RR, foram inseridos indicadores mais específicos, no campo do *Software* "Potencial Fonte de exposição: Avaliação caso a caso do evento", apresentados na Figura 1 e relacionados a seguir:

Potencial Fonte de exposição: Característica da Planta Geneticamente Modificada: (e) Quanto à "Geração de linhagens com aspectos de planta daninha" - Os maiores problemas relacionados à Soja RR são devido às plantas daninhas tornarem-se resistentes ao glifosato (GAZZIERO, 2006). Assim, o índice de risco é médio (8) e o índice de significância é alto (32), e a matriz recomenda restrições.

(f) Quanto ao "Aparecimento de atributos adicionais - resistência e seletividade induzida pela modificação genética" - O glifosato é um herbicida pós-emergente, não seletivo em condições normais. Apenas PGMs, com resistência induzida, apresentam seletividade (DUKE *et al.*, 2003), assim tanto o índice de risco quanto o de significância são (8) e a matriz recomenda manejo.

Potencial Fonte de exposição: Avaliação da segurança alimentar (p) Quanto a "Análise Composicional" - Segundo Padgett *et al.* (1996) e Taylor *et al.* (1999) a composição da Soja RR é substancialmente equivalente à das variedades de soja não-transgênica. As análises para tal comprovação incluíram: análise bromatológica (proteína, gordura, fibras, cinza, carboidratos e umidade); antinutrientes (inibidores de tripsina, lectinas, fitoestrógenos, estaquiose, rafinose e fitato); perfil de ácidos graxos; e composição do aminoácido. Dessa maneira, o índice de risco é baixo (2) e o de significância é médio (8) e a matriz indica que o parâmetro analisado requer monitoramento.

(q) Quanto a "Equivalência Nutricional" - A Soja RR quando comparada à soja convencional através de análises de aminoácidos, ácidos graxos e antinutrientes apresenta a mesma integridade e equivalência nutricional. Estudos realizados com diversos animais comprovam esta equivalência na alimentação (ROGERS, 1998) assim o índice de risco gerado é (2) e o de significância (4). Desta maneira, a matriz não indica restrições para o parâmetro analisado.

(r) Quanto ao "Grau de toxicidade - associado a possibilidade de aumento das aplicações do glifosato" - O glifosato é tóxico para muitos patógenos de plantas, já quanto aos fungos nem todos são suscetíveis ao glifosato (TOUBIA-RAHME *et al.*, 1995; WYSS e MULLER-SCHARER, 2001). Assim, o índice de risco é baixo (4), o índice de significância é alto (16) e matriz indica que o parâmetro requer manejo.

Os parâmetros para a avaliação da segurança alimentar da soja RR utilizando o *Software* GMP-RAM são apresentados conforme mostra a Figura 1:

Riscos Potenciais	Critérios para Avaliação	Informação para Avaliação	Fatores de Moderação			Índice de Risco	Fatores de Moderação		Índice de Significância
			Dano	Exatidão	Prevalência		Extensão	Reversibilidade	
(p) Análise Composicional	Análises da composição química dos grãos transgênicos e não-transgênicos	A composição da soja Roundup Ready é substancialmente equivalente à das variedades de soja não-transgênicas	1	2	1	2	2	4	8
(q) Equivalência Nutricional	A soja Roundup Ready quando comparada à soja convencional através de análises de aminoácidos.	Apresenta a mesma integridade e equivalência nutricional. Estudos realizados com a alimentação de diversos animais	1	2	1	2	2	4	4
(r) Grau de toxicidade	Toxicidade do glifosato	O glifosato é tóxico para muitos patógenos de plantas encontrados na soja no Brasil, já quanto aos fungos	2	2	1	4	2	8	16

Figura 1 – Parâmetros analisados para o estudo de caso da Soja RR

Na matriz de avaliação de risco verificamos os principais parâmetros analisados para a segurança alimentar e ambiental da Soja RR conforme mostra a Figura 2:

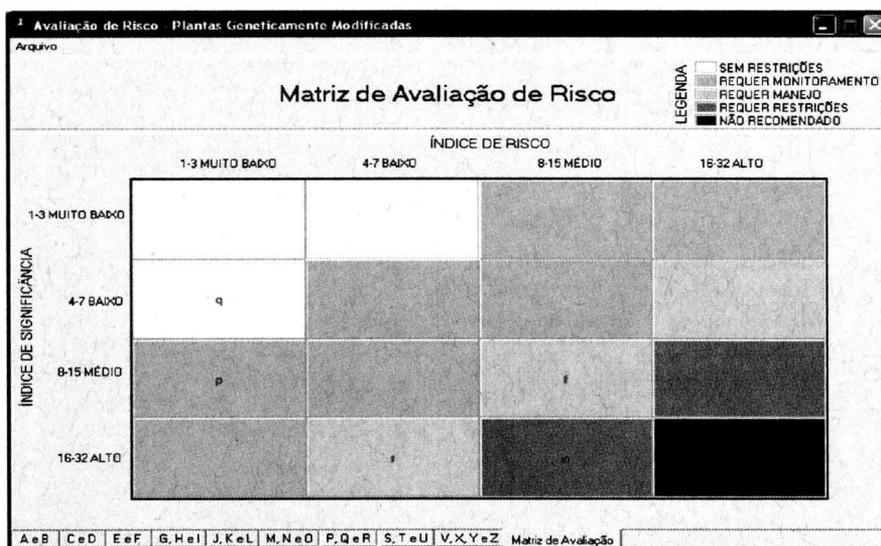


Figura 2 – Matriz de avaliação de risco

4. CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a segurança alimentar da soja GM foi utilizado um estudo de caso da Soja RR empregando-se o método GMP-RAM para diagnosticar os prováveis riscos das PGMs e os possíveis impactos sobre a alimentação, saúde humana e ambiental. A análise do caso da soja geneticamente modificada resistente ao glifosato com o Método GMP-RAM foi possível concluir que não existe risco potencial para a segurança alimentar e ambiental de maneira geral, caso algumas medidas de manejo e monitoramento sejam seguidas.

No caso dos parâmetros gerais da avaliação de risco podemos montar a seguinte lista de recomendação: parâmetro (e): se trata de um dos maiores problemas relacionados a soja GM, não existe a possibilidade de retorno à condição anterior ao efeito adverso já que é irreversível e sua extensão alcança todo o entorno. Neste caso a recomendação é restringir a quantidade de herbicida aplicado na cultura. Já com relação ao parâmetro (f): que aborda resistência e seletividade, a matriz de avaliação recomenda manejo, que deve garantir o isolamento e a segurança da propriedade com o objetivo de diminuir a probabilidade de fluxo gênico o que ocasionaria a disseminação da característica de resistência ao glifosato e comprometeria as alternativas de manejo e controle de espécies daninhas às culturas agrícolas.

A lista de recomendação dos parâmetros específicos para o caso da Soja RR que necessitam de gerenciamento são: parâmetro (p): a matriz sugere o monitoramento constante, pois, embora a equivalência substancial tenha sido evidenciada nas análises composicionais, a utilização do transgênico para a alimentação humana inspira acompanhamento da qualidade do produto. Já quanto ao parâmetro (r) a matriz requer manejo na medida em que o glifosato é tóxico para muitos patógenos de plantas e para alguns fungos afetando diretamente o ecossistema de modo irreversível. Portanto, a recomendação seria um maior controle na aplicação do glifosato diminuindo a possibilidade de impacto ambiental negativo.

5. AGRADECIMENTOS

Suporte financeiro: Embrapa Meio Ambiente e FAPESP.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. O. *The Current Status and Environmental Impacts of Glyphosate-Resistant Crops: A Review*. Journal of Environmental Quality, v. 35, p. 1537-1658, 2006.
- DUKE, S. O.; SCHEFFLER, B. E.; BOYETTE, C. D.; LYDON, J.; OLIVA, A. HERBICIDES: BIOTECHNOLOGY FOR CONTROL OF WEEDS. In: J. R. PLIMMER; D. W. GAMMON; N. N. Ragsdale. (Org.). *Encyclopedia of Agrochemicals*. New York: John Wiley & Sons, v. 2, p. 733-744, 2003.

GAZZIERO, D. L. P. Soja transgênica: o que muda no manejo de plantas daninhas. In: Congresso Brasileiro de Soja, 4, 2006, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: Embrapa Soja, p. 156, 2006.

JAMES, C. 2007. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007*. ISAAA Brief No. 37. ISAAA: Ithaca, NY.

JESUS, K. R. E.; LANNA, A. C.; VIEIRA, F. D.; ABREU, A. L.; LIMA, D. U. *A proposed Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants*. Applied Biosafety (<http://www.absa.org>), v. 11(3), pp. 127-137; 2006.

JESUS-HITZSCHKY, K. R. E.; CREMONEZI, S. M. N. ; LIMA, D. U. *Método GMP-RAM para avaliação dos riscos ambientais de plantas geneticamente modificadas (pgm): estudo de caso do mamão geneticamente modificado para resistência ao vírus da mancha anelar*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 60 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 45). Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_45.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2008.

PADGETTE, S. R.; TAYLOR, N. B.; NIDA, D. L.; BAILEY, M. R.; MACDONALD, J.; HOLDEN, L. R.; FUCHS, R. L. 1996. A composição de sementes de soja tolerantes ao glifosato é equivalente à da soja convencional. *Journal of Nutrition* 126:702-716.

ROGERS, S. G. Biotechnology and the soybean. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 68, p. 1330-1332, 1998.

TAYLOR, N. B.; FUCHS, R. L.; MACDONALD, J.; SHARIFF, A. R.; PADGETTE, S. R. Análise composicional de soja tolerante ao glifosato tratada com glifosato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, p. 4469-4473, 1999.