

ANÁLISE SÓCIO-ECONÔMICO-AMBIENTAL E SUA INTERAÇÃO COM A POLÍTICA PÚBLICA: O EXEMPLO DOS AGROTÓXICOS

Marina Castelo Branco

Doutora em Entomologia / University of Wales

castelo@embrapa.br

Jorge Madeira Nogueira

Doutor em Desenvolvimento Agrário / University of London

jmn0702@unb.br

RESUMO

A análise custo-efetividade (ACE) compara os custos de alternativas de política, programa ou projeto para alcançar um determinado objetivo. A ACE permite que a opção de menor custo seja escolhida e contribui assim para a melhoria do bem-estar social. Este trabalho emprega ACE para comparar quatro diferentes opções de política pública voltada para a aplicação de agrotóxicos: 1. mistura indiscriminada de diferentes agrotóxicos sem nenhuma regulamentação; 2. proibição de misturas de agrotóxicos; 3. permissão de mistura de agrotóxicos apenas quando os produtos forem comercializados pela mesma empresa; e 4. proibição de misturas que apresentem riscos à saúde humana. Estabelecido o mesmo objetivo em termos de redução de pragas e doenças para todas as quatro opções, a ACE indicou que a mistura de agrotóxicos sem nenhuma regulamentação é a opção de política mais custo-efetiva. No entanto, essa opção tem o potencial de aumentar riscos à saúde humana, consequência socialmente preocupante. Políticas que proibam a mistura de agrotóxicos quando essa cause riscos à saúde humana representam a segunda opção mais custo-efetiva. A proibição de qualquer mistura, apesar de reduzir os riscos à saúde humana, é a menos custo-efetiva. Essa opção de política aumenta significativamente a demanda por água e as emissões de CO₂. Os resultados da ACE explicam a escolha atual dos produtores rurais: a mistura de agrotóxicos é a melhor opção – a mais efetiva em custo. No entanto, a análise também enfatizou que o uso indiscriminado dessas misturas pode causar impactos negativos sobre a saúde humana. Recomenda-se, então, que estudos devem ser realizados para avaliar o potencial de dano das misturas. Análises que incorporem esses aspectos podem reduzir a efetividade em custo da mistura indiscriminada de agrotóxicos.

Palavras-Chaves: Análise custo-efetividade, Regulamentação, Impacto social, Impacto ambiental.

ABSTRACT

A cost-effectiveness analysis (CEA) compares costs of different policy, program or project alternatives to achieve the same objective. The CEA identifies the least cost option and, therefore, improves the social well-being of a given community. This paper presents results of a CEA applied to analyze four different policy alternatives to regulate the use of pesticides in agriculture production: 1. different pesticide mixture (combination) without any regulation; 2. prohibition of any pesticide mixture; 3. permission for pesticide mixture only when they are produced by the same firm; and 4. prohibition of pesticide mixtures that may represent potential risk to human health. Established the same goal in terms of reduction of agriculture pests and diseases for all four options, our CEA that pesticide mixture without any regulation is the most cost-effective policy option. However, this option has the potential to increase risks to human health, consequence socially sensitive. Regulation option that prohibited pesticide mixture that presented potential risks to human health is the second more cost effective option. A prohibition of any pesticide mixture, in spite of reducing potential risks to human health, is the least cost effective option. This is so because it increases water use and CO₂ emissions. Results of our CEA explain actual choices of agriculture producers in Brazil: pesticide mixture is the

best option – i.e. the most effective in costs. However, our analysis also shows that an uncontrolled mixture of pesticides may also impose risks upon human health. It is our recommendation that further studies must be developed to evaluate potential damages due pesticide mixtures. These analyses may reduce the effectiveness in cost of indiscriminate pesticide mixtures.

Key-Words: Cost-effective analysis, Regulation, Social impact, Environmental impact

1. INTRODUÇÃO

A mistura de agrotóxicos é uma prática corrente na agricultura brasileira. Em 1995, na tentativa de regulamentar tal procedimento, o Ministério da Agricultura editou a Portaria nº 67 que permitia a mistura de agrotóxicos comercializados por uma mesma empresa ou por empresas diferentes, desde que houvesse anuência expressa das empresas detentoras dos respectivos registros (MAPA, 1995). No entanto, essa Portaria foi revogada em 2002 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº 46 editada em 24 de julho de 2002 (MAPA, 2002). Nessa Instrução, as empresas titulares do registro de agrotóxicos deveriam retirar da bula dos produtos todas as indicações de mistura.

Desse modo, a mistura de agrotóxicos permanece desregulamentada no país. Essa falta de regulamentação pode gerar problemas ambientais e para os indivíduos que manuseiam esses produtos, uma vez que algumas misturas podem causar maiores danos à saúde humana ou ao ambiente do que o emprego dos produtos separados (Thiruchelvan et al., 2000; Reeves et al., 2003; Theater et al., 2005; George & Liber, 2007). Por outro lado, o uso de misturas pode apresentar vantagens, pois pode reduzir a quantidade de água empregada nas aplicações de agrotóxicos bem como a emissão de CO₂, uma vez que muitas lavouras usam equipamentos para aplicação movidos a combustíveis fósseis.

Com essas considerações, o objetivo desse trabalho foi responder a três perguntas principais:

- a) as misturas de agrotóxicos podem ser empregadas sem qualquer regulamentação?
- b) caso haja algum tipo de regulamentação, como essas deveriam ser feitas?
- c) que medidas podem ser adotadas para reduzir o impacto ambiental e social das misturas de agrotóxicos?

Para se obter respostas às perguntas anteriores, foi empregado o método da análise custo-efetividade (ACE) para analisar o uso de agrotóxicos em lavouras de tomate industrial e o impacto do uso ou não de misturas sobre o recurso água, o efeito estufa e a produtividade da cultura. A ACE compara os custos de diferentes cenários de políticas, programas ou projetos, que visam alcançar um determinado objetivo. Esse objetivo é denominado “indicador de efetividade”. A divisão do resultado dos custos pelo indicador produz índices de custo-efetividade que podem ser ordenados e empregados para ajudar em decisões de escolhas de políticas, programas ou projetos (Lahiri et al., 2005; Van der Veeren, 2005). Para avaliar o grau de incerteza ou risco da conclusão obtida na análise inicial, é realizada a análise de sensibilidade, onde é alterado o valor dos custos ou índices nos diferentes cenários. Neste trabalho a análise de sensibilidade foi empregada para identificar os riscos das diferentes políticas de aplicações de agrotóxicos.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de coleta de dados de pulverização de agrotóxicos

Os dados de pulverização utilizados na análise custo-efetividade foram coletados em uma propriedade no município de Itaberaí (GO). Nesse local foram cultivados 50ha de tomate industrial entre março e julho de 2006. A cultivar utilizada foi Heinz 7155 N2 e as mudas para o transplante foram adquiridas em viveiro certificado do estado. O transplante das mudas foi feito de forma mecanizada. Antes do plantio o solo foi adubado com 1,5 ton/ha da fórmula 4-14-8. A irrigação da cultura foi feita por gotejamento. Um agrônomo da indústria que adquiria a produção acompanhou a lavoura e foi o responsável pelas indicações de agrotóxicos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Durante os quatro meses de ciclo da lavoura foram realizadas 18 pulverizações de agrotóxicos e cada uma delas foi anotada em um caderno de campo. Em cada pulverização foram misturados no mínimo dois agrotóxicos diferentes para controlar diferentes pragas e doenças (Tabela 1).

Tabela 1: Agrotóxicos empregados por um produtor de tomate industrial. Goiás. 2006.

Dias pós-transplante	Alvo a ser controlado	Tipo de produto	Agrotóxicos usados	Empresa Registrante
18	Mosca branca	Inseticida	Tamaron Actara	Bayer Syngenta
21	Ervas daninhas	Herbicida Herbicida	Sencor Fusilade	Bayer S.A Syngenta
28	Tripes Requeima	Inseticida Fungicida	Tamaron Recop	Bayer S.A Atar do Brasil
30	Ervas daninhas	Herbicida, Herbicida	Sencor Fusilade	Bayer S.A Syngenta
35	Mosca branca Requeima	Inseticida Fungicida Fungicida	Karate Forum Polyram	Syngenta BASF BASF
46	Lagartas	Fungicida Fungicida	Pirinex Funginil	BASF Milênia
56	Vaquinha, ácaro Requeima	Inseticida Fungicida Fungicida	Cefanol Frownicide Funginil	Sipcam Isagro Brasil S.A. Ishihara Brasil Milênia
63	Vaquinha Requeima	Inseticida Fungicida	Karate Frownicide	Bayer Ishihara Brasil
70	Minadora	Inseticida Inseticida	Tamaron Orthene	Bayer Arysta LifeScience do Brasil
	Mofa branco	Fungicida Fungicida	Sialex Frownicide	Sumitomo Chemical do Brasil Ishihara Brasil
79	Minadora Alternaria Mofa branco	Inseticida Fungicida	Karate Funginil Frownicide	Bayer Milênia Ishihara Brasil Defensivos Agrícolas
84	Não especificado	Inseticida Fungicida Fungicida	Thiobel Kocide Sialex	Arysta LifeScience do Brasil Du Pont do Brasil Sumitomo Chemical do Brasil
91	Mosca branca Doença não especificada	Inseticida Fungicida Fungicida Fungicida/bactericida	Tamaron Manzate Frownicide Kocide	Bayer Du Pont do Brasil Ishihara Brasil Defensivos Agrícolas Du Pont do Brasil

Dias pós-transplante	Alvo a ser controlado	Tipo de produto	Agrotóxicos usados	Empresa Registrante
99	Não especificado	Inseticida Fungicida Fungicida/ bactericida	Thiobel Funginil Kocide	Arysta LifeScience do Brasil Milênia Du Pont do Brasil
106	Broca Mofo branco	Inseticida Fungicida Fungicida	Karate Captan Sialex	Syngenta Milenia Sumitomo Chemical do Brasil
114	Broca Alternaria	Inseticida Fungicida Fungicida	Orthene Kocide Polyran	Arysta LifeScience do Brasil Du Pont do Brasil BASF
121	Traça do tomateiro/Broca Não especificado	Inseticida Inseticida Fungicida	Tamaron Karate Captan	Bayer S.A Syngenta Milênia
135	Não especificado	Inseticida Fungicida Fungicida Fungicida/ bactericida	Orthene Poliran Amistar Kocide	Arysta LifeScience do Brasil BASF Du Pont do Brasil Syngenta
141	Mosca branca Traça do tomateiro Podridão frutos	Inseticida Fungicida Fungicida/ bactericida Fungicida	Actara Amistar Kocide Captan	Syngenta Syngenta Du Pont do Brasil Milenia

⁽¹⁾ DAP= dias após o transplante

2.2. Análise custo-efetividade de diferentes cenários de pulverização de agrotóxicos

Na análise custo-efetividade aqui realizada foram considerados quatro cenários de aplicação de agrotóxicos:

- Cenário 1= Aplicação de agrotóxicos com mistura de produtos, que foi o cenário usado pelo agricultor (Tabela 1);
- Cenário 2= Aplicação de agrotóxicos sem mistura de produtos;
- Cenário 3 = Aplicação de agrotóxicos onde somente a mistura de produtos comercializados por um mesmo fabricante era permitida, de acordo com o preconizado na Portaria nº 67 de 30 de maio de 2005 [fungicidas Fórum + Polyram aos 35 dias e inseticida Actara + fungicida Amistar aos 141 dias (Tabela 1)] ;
- Cenário 4 = aplicação de agrotóxicos em mistura com proibição das misturas que apresentassem maior toxicidade à saúde humana. Para a determinação dessa proibição foram usadas as informações de Ortiz et al. (1995), Yanes et al. (2002) e Moser et al., 2006. Com isso foram proibidas as misturas de inseticidas piretróides com fosforados - Tamaron com Karate aos 121 dias após o transplante e fosforado com outro fosforado - Tamaron com Orthene aos 70 dias após o transplante (Tabela 1).

Nos cenários descritos anteriormente assumiu-se que:

- a ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras foi a descrita na Tabela 1;

- b) onde a mistura fosse utilizada, ela seria aplicada nos dias indicados na Tabela 1 e pragas e doenças ocorreriam no dia da aplicação. Onde a mistura não fosse possível, os produtos seriam aplicados com intervalos de 24 h e assumiu-se que pragas e doenças ocorreriam também com intervalos de 24h. Tal procedimento é aqui utilizado para adotar uma “situação ideal” de ocorrência de pragas e doenças que permita simular o modelo;
- c) a produção da lavoura foi estimada no início do plantio em 90 ton/ha.

O índice de efetividade empregado foi a produção da cultura depois de deduzida as perdas. Para os quatro cenários a perda na produção foi devida apenas a movimentação de tratores na lavoura. Este índice de perda não se encontra disponível na literatura, mas agrônomos ligados às diversas indústrias estimaram que esta é de cerca de 1% da produção.

A análise de sensibilidade foi realizada alterando-se o valor do índice de efetividade, ou seja, a produção da cultura depois de deduzida as perdas para os diferentes cenários descritos anteriormente. Nos cenários empregados na análise de sensibilidade, assumiu-se os itens *a* e *c* da análise anterior. No entanto, diferentemente do descrito no item *b* da análise anterior, assumiu-se que pragas e doenças ocorreriam ao mesmo tempo, sendo esta situação denominada “situação real”. Nesse caso, o agricultor deveria escolher se controlaria inicialmente a praga ou a doença. No caso da análise aqui realizada, onde aos 35 dias após o transplante, ocorreram simultaneamente mosca branca e requeima (Tabela 1), assumiu-se que o agricultor aplicou primeiro um fungicida para controlar a requeima, e, 24 h após, aplicou um inseticida para controlar a mosca branca.

Para a realização da ACE foram considerados os custos privados da pulverização e alguns custos ambientais (custo do uso da água e custo de emissão de CO₂). Para a determinação dos custos dos agrotóxicos empregados na pulverização foram utilizados os preços de comercialização dos produtos no Distrito Federal em outubro de 2007. Esses custos somaram R\$1.055,66/ha e R\$52.783,00 em 50ha.

Para o cálculo dos valores referentes ao custo de pulverização, onde foi assumido que estavam incluídos os custos da mão-de-obra, depreciação do equipamento e óleo diesel, foi utilizada a tabela de custos de produção de tomate industrial do Instituto FNP (2007). Nesta tabela foi determinado que o custo de pulverização em agosto de 2006 foi de R\$43,68/ha/pulverização. O custo de pulverização foi corrigido para outubro de 2007 usando-se uma taxa de desconto de 5% (Booth et al., 1997; Brigham & Houston, 1999). Após os cálculos foi encontrado um custo de R\$46,23/ha/pulverização. Foi assumido que os demais custos (aração e gradagem, fertilizantes, irrigação, colheita, taxas) eram iguais para qualquer um dos cenários empregados nesta análise.

Para o cálculo dos custos referentes à água foi utilizado o valor de R\$0,01/m³ definido para a captação da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul, no ano de 2007, uma vez que esse era o dado disponível para ser usado na simulação (CEIVAP, s.d.). Para os cálculos da emissão de CO₂ durante a pulverização, não foram encontradas referências para a emissão de um trator. Usou-se então os dados referentes à emissão de uma Pick-Up diesel que rodasse 3600 km/ano, sendo que neste caso o veículo emitiria 14,16ton/CO₂/ano (SERPRO, 2004). Para a aplicação de agrotóxicos em 50ha e usando uma barra de pulverização de 18 m, estimou-se que o trator andaria 30km em cada pulverização, o que levaria a uma emissão de 0,12ton de CO₂ por pulverização. Para o cálculo dos custos referentes a essas emissões foi utilizado o valor de US\$5/ton CO₂ (Sohnngen & Sedjo, 2006). A cotação do dólar em 31/10/2007, de acordo com o Banco Central foi de R\$1,73, o que significa um valor de R\$8,65/ton CO₂.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do consumo de água nas pulverizações mostrou que a aplicação de agrotóxicos sem misturas (cenário 2) ou aplicação de agrotóxicos de um mesmo fabricante em mistura (cenário 3), aumentaria em mais de 185% a demanda por água para pulverização quando esses cenários foram comparados ao cenário atual (cenário 1) (Tabela 2). O cenário 4, no qual as misturas que

representassem riscos para a saúde humana não eram empregadas foi o segundo cenário mais efetivo em custo.

Tabela 2: Consumo de água para a pulverização de 50ha de tomate industrial com base em quatro cenários distintos.

Dias após o transplante	Quantidade de água gasta (L/ha)	Quantidade de água (L/50ha)			
		Cenário 1 ⁽¹⁾	Cenário 2 ⁽¹⁾	Cenário 3 ⁽¹⁾	Cenário 4 ⁽¹⁾
18	250	12.500	25.000	25.000	12.500
21	250	12.500	25.000	25.000	12.500
28	250	12.500	25.000	25.000	12.500
30	250	12.500	25.000	25.000	12.500
35	250	12.500	37.500	25.000	12.500
46	300	15.000	30.000	30.000	15.000
56	400	20.000	60.000	60.000	20.000
63	400	20.000	20.000	20.000	50.000
70	500	25.000	100.000	100.000	25.000
79	600	30.000	90.000	90.000	30.000
84	600	30.000	90.000	90.000	30.000
91	600	30.000	120.000	90.000	30.000
99	600	30.000	90.000	90.000	30.000
106	600	30.000	90.000	90.000	30.000
114	600	30.000	90.000	90.000	60.000
121	600	30.000	90.000	90.000	30.000
135	600	30.000	120.000	120.000	30.000
Total litros		412.500	1.247.500	1.175.000	442.500
Total m³		412,5	1.247,5	1.175,0	442,5
% de aumento de consumo de água em relação ao cenário 1		-----	202	185	7,4

⁽¹⁾ Cenário 1= mistura de agrotóxicos; cenário 2= agrotóxicos aplicados sem mistura; cenário 3= agrotóxicos aplicados em mistura quando são comercializados por uma mesma empresa; cenário 4= agrotóxicos não são misturados quando mistura representa maior risco para a saúde humana. Misturas não ocorreram então aos 70 e 121 dias após o transplante.

A análise relacionada à emissão de CO₂ mostrou que os cenários 2 e 3 aumentariam em mais de 172% as emissões em comparação com o cenário atual (cenário 1). Já o cenário 4 foi novamente o segundo melhor cenário (Tabela 3).

Tabela 3: Estimativa de emissão de CO₂ por um trator em quatro cenários distintos quando lavouras de tomate de 50ha são pulverizadas com agrotóxicos.

Cenário ⁽¹⁾	Número de pulverizações	Emissão total de CO ₂ (toneladas)	% de aumento em relação cenário 1
1	18	2,16	-----
2	52	6,24	188
3	49	5,88	172
4	20	2,40	11

(1) Cenário 1= mistura de agrotóxicos; cenário 2= agrotóxicos aplicados sem mistura; cenário 3= agrotóxicos aplicados em mistura quando são comercializados por uma mesma empresa; cenário 4= agrotóxicos não são misturados quando mistura representa maior risco para a saúde humana. Misturas não ocorreram então aos 70 e 121 dias após o transplante.

De posse dos resultados anteriores, foram calculados os custos privados e sociais de cada um dos cenários (Tabela 4). Os custos privados representaram mais de 99% do custo total. O menor custo

foi representado pelo cenário 1, que é o cenário atual, e o maior pelo cenário 2, que é o cenário onde as misturas não são realizadas em hipótese alguma. O custo social, representado pelo custo da água e custo das emissões de CO₂, representaram menos de 0,04% do custo total da pulverização, sendo que o cenário 2, onde as misturas não são utilizadas, foi o que apresentou os maiores custos.

Tabela 4: Custos da aplicação de agrotóxicos em 50ha durante o ciclo de tomate industrial para quatro cenários distintos onde pragas e doenças ocorrem ao mesmo tempo quando há mistura de agrotóxicos (cenários 1 e 4) e pragas e doenças ocorrem em intervalos de 24 h quando não há mistura de agrotóxicos (cenários 2 e 3).

Descrição do custo	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Custo (R\$)	%	Custo (R\$)	%	Custo (R\$)	%	Custo (R\$)	%
<i>Custo privado</i>								
Pulverização		44,07	120.198,00	69,46	113.263,50	68,19	46.230,00	46,68
	41.608,00							
Agrotóxicos	52.783,00	55,91	52.783,00	30,50	52.783,00	31,77	52.783,00	53,29
<i>Sub-total</i>	<i>94.391,00</i>	<i>99,97</i>	<i>172.981,00</i>	<i>99,96</i>	<i>166.046,50</i>	<i>99,96</i>	<i>99.013,00</i>	<i>99,97</i>
<i>Custo social</i>								
Água	4,12	0,003	12,47	0,008	11,75	0,008	4,42	0,005
Emissão de CO ₂	18,68	0,017	53,97	0,032	50,86	0,032	20,76	0,025
<i>Sub-total</i>	<i>22,80</i>	<i>0,020</i>	<i>66,44</i>	<i>0,040</i>	<i>62,61</i>	<i>0,040</i>	<i>25,18</i>	<i>0,030</i>
Total		100	173.047,44	100	166.109,11	100	99.038,18	100
	94.413,80							

Os resultados da análise de produtividade mostraram que quando pragas e doenças ocorriam ao mesmo tempo e era permitido o uso de misturas (cenários 1 e 4), ou quando pragas e doenças ocorriam com um intervalo de 24h e a mistura não era permitida (cenários 2 e 3), a produtividade não foi afetada (Tabela 5). No entanto, como muitas vezes pragas e doenças ocorrem ao mesmo tempo nas condições de campo, a não permissão de misturas causou drástica redução na produtividade quando mosca-branca e requeima ocorreram ao mesmo tempo e o produtor optou por controlar primeiro a requeima e depois a mosca-branca. (Tabela 6). Isso ocorreu porque a mosca-branca disseminou virose na lavoura e as perdas nesses dois cenários se deveram a ocorrência do vírus adicionada à perda produzida pela movimentação das máquinas. Neste caso, foi assumido que a perda causada pela doença foi de 40% da produção/ha (Asiático & Zoebisch, 1992¹, citado por Haji et al.,2005).

¹ ASIÁTICO, J. M.; ZOEBSCH, T. G. Control de mosca blanca (Bemisia tabaci) en tomate com insecticidas de origen biológico y químico. Manejo Integrado de Plagas, **Turrialba**, n. 24/25, p. 1-7, 1992.

Tabela 5: Análise custo-efetividade de quatro diferentes cenários de aplicação de inseticidas. Pragas e doenças ocorrem ao mesmo tempo, quando há mistura de agrotóxicos e pragas e doenças ocorrem em intervalos de 24h quando não há mistura de agrotóxicos.

Cenário ⁽¹⁾	Custo (R\$)	Posição	Efetividade (ton tomate/ha)	Posição	Custo-efetividade	Posição
1	94.413,80	1	89.100	1	1,059	1
2	173.047,44	4	89.100	1	1,942	4
3	166.109,11	3	89.100	1	1,864	3
4	99.038,18	2	89.100	1	1,111	2

(1) Cenário 1= mistura de agrotóxicos; cenário 2= agrotóxicos aplicados sem mistura; cenário 3= agrotóxicos aplicados em mistura quando são comercializados por uma mesma empresa; cenário 4= agrotóxicos não são misturados quando mistura representa maior risco para a saúde humana. Misturas não ocorreram então aos 70 e 121 dias após o transplante.

Tabela 6: Análise custo-efetividade de quatro diferentes cenários de aplicação de inseticidas em 50 ha de tomate industrial. Pragas e doenças ocorreram ao mesmo tempo, 35 dias após o transplante.

Cenário ⁽¹⁾	Custo (R\$)	Posição	Efetividade (ton tomate/ha)	Posição	Custo- efetividade	Posição
1	94.413,80	1	89.100	1	1,059	1
2	173.047,44	4	54.000	2	3,204	4
3	166.109,11	3	54.000	2	3,076	3
4	99.038,18	2	89.100	1	1,111	2

(1) Cenário 1= mistura de agrotóxicos; cenário 2= agrotóxicos aplicados sem mistura; cenário 3= agrotóxicos aplicados em mistura quando são comercializados por uma mesma empresa; cenário 4= agrotóxicos não são misturados quando mistura representa maior risco para a saúde humana. Misturas não ocorreram então aos 70 e 121 dias após o transplante.

A análise custo-efetividade dos quatro cenários onde pragas e doenças ocorriam ao mesmo tempo, quando havia mistura de agrotóxicos ou as pragas e doenças ocorriam com intervalos de 24 horas, quando não havia mistura de agrotóxicos, mostrou que a política mais custo-efetiva foi a de misturas de agrotóxicos (cenário 1) (Tabela 5). A política onde as misturas que apresentavam riscos à saúde humana eram banidas (cenário 4) apresentou o segundo melhor índice custo-efetividade. A política menos custo-efetiva foi a preconizada pelo cenário 2, onde não há mistura de agrotóxicos.

A análise de sensibilidade foi realizada considerando-se a situação onde pragas e doenças ocorriam ao mesmo tempo. Quando a mistura não foi realizada e aos 35 dias após o transplante mosca-branca e requeima ocorreram ao mesmo tempo, a política mais custo-efetiva continuou sendo a do cenário 1, ou seja, aquela onde a mistura de agrotóxicos era realizada (Tabela 6).

Para a política menos custo-efetiva (cenário 2), o fato de não ser realizada a mistura e pragas e doenças ocorrerem ao mesmo tempo, aumentou a distância entre os índices da política mais custo-efetiva e a menos custo-efetiva. Isto indica que, neste caso, a implementação da política do cenário 2,

além de aumentar os impactos ambientais (Tabelas 2 e 3), aumenta também os riscos para o produtor pela possibilidade de quebras na produção (Tabela 6). O cenário 4, onde as misturas que apresentam potencial de causar riscos a saúde humana foram eliminadas, apresentou o segundo melhor índice custo-efetividade.

A análise dos diferentes cenários de aplicação de agrotóxicos em lavouras de tomate mostrou que os custos sociais da água empregada na irrigação eram extremamente baixos. Nessa análise foi usado o valor de R\$0,01/m³ definido para a captação da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul, no ano de 2007, (CEIVAP, s.d.). Considerando os resultados da análise aqui realizada, o custo social da água representou menos de 0,03% do custo de produção (Tabela 4), o que parece ser insignificante e pode não contribuir para o uso racional desse recurso. Essa observação já havia sido feita por Campos (2004) que, avaliando o uso da água para irrigação por produtores de tomate de mesa em Piracicaba, constatou que o custo da água representava 0,4% do custo total da produção de tomate de mesa, e, como consequência, esse custo não deveria levar ao uso mais racional desse recurso (Waye & Son 2010, Blanco-Gutiérrez et al., 2011).

A ACE é pouco utilizada para avaliação de políticas agrícolas, mas Blanco-Gutiérrez et al. (2011) mostraram a sua utilidade para a definição da política mais custo-efetiva na regulamentação do uso de água subterrânea na Espanha. A realização da ACE para a comparação de diferentes cenários de aplicação de agrotóxicos em lavouras de tomate também permitiu definir, com base nos dados disponíveis, qual seria a política mais custo-efetiva. Os resultados da análise indicaram que a forma atual de uso desses produtos pelos agricultores, ou seja, a mistura indiscriminada de agrotóxicos foi a mais custo-efetiva. A alternativa adotada pelos produtores também foi mais custo-efetiva quando comparada à política que era recomendada pela Portaria N° 67, de 30 de maio de 1995 (MAPA, 1995), na qual as misturas de agrotóxicos só poderiam ser realizadas entre produtos comercializados pelo mesmo fabricante ou na qual fabricantes diferentes explicitassem essa possibilidade em seus rótulos. Isto sugere que essa Portaria, ao não levar em consideração os potenciais riscos desses produtos para a saúde humana e o meio-ambiente, não optava pelo melhor cenário.

É importante destacar que, no entanto, ainda que a prática adotada pelos produtores tenha sido a mais custo-efetiva ela não é recomendada porque apresenta potencial de causar danos a saúde humana e ao meio-ambiente (Thiruchelvan et al., 2000; Reeves et al., 2003; Theater et al., 2005; Zhang et al., 2008). Ainda que esses aspectos não sejam atualmente levados em consideração no momento da decisão sobre o uso de misturas, deveriam ser levados em consideração quando da regulamentação do uso de misturas de agrotóxicos pela relevância que apresentam.

No entanto, a regulamentação do uso de misturas é um processo oneroso. Lydy et al. (2004) apontaram que como seria inviável e antieconômico avaliar todos os cenários ambientais em que essas misturas de agrotóxicos poderiam ocorrer, deveriam ser realizados testes com as misturas prioritárias para a liberação da prática. Se, ao longo do tempo, problemas com as misturas forem detectados, no momento do re-registro dos produtos devem ser feitas alterações nas formulações, doses ou recomendações, a fim de que os problemas das misturas possam ser minimizados. Tal critério de uso dos agrotóxicos, que contribui para a redução dos custos de produção, um dos objetivos principais perseguidos pelos produtores (Miller et al., 2010), deveria ser avaliado também no Brasil, a fim de reduzir os danos potenciais dos agrotóxicos aos manipuladores e ao meio-ambiente. Com essas novas análises será possível escolher a política mais adequada com base em critérios explícitos e racionais, critérios esses já usados em diversos países para a escolha das melhores políticas públicas.

8. CONCLUSÕES

A análise custo-efetividade mostrou que o uso de misturas de agrotóxicos em pulverizações de tomate industrial reduziu o consumo de água e as emissões de CO₂, sendo, no momento, a política mais custo-efetiva. No entanto, informações incompletas foram utilizadas nesse trabalho, uma vez que as informações disponíveis sobre os impactos negativos das misturas de agrotóxicos ao ambiente e a saúde humana são limitadas. Desse modo, são necessários estudos mais profundos sobre os impactos

sociais e ambientais das misturas de agrotóxicos e resultados futuros podem tornar a prática das misturas menos custo-efetiva.

9. REFERÊNCIAS

- BLANCO-GUTIÉRREZ, I.; VARELA-ORTEGA, C.; FLICHMAN, G. Cost-effectiveness of groundwater conservation measures: A multi-level analysis with policy implications. **Agricultural Water Management**, v.98, p.639-652, 2011.
- BOOTH, S.R.; TROCKI, L.R.; BOWLING, L. **A standard methodology for cost-effectiveness analysis of new environmental technologies**. Los Alamos: Los Alamos National Report LA-UR-91-3251. 1997. Disponível em <<http://www.p2pays.org/ref/23/22494.pdf>> Acessado em 19 de out 2007.
- BRIGHAM, E.F.; HOUSTON, J.F. **Fundamentos da moderna administração financeira**. 9º ed. São Paulo: Elsevier Editora Ltda, 1999. 713 p.
- CAMPOS, M.A. **Custo da cobrança de água na produção do tomate de mesa sob irrigação por sulcos**. 2004. 83 p. Tese (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- HAJI, F.N.P.; MATTOS, M.A.A.; ALENCAR, J.A.; BARBOSA, F.R.; PARANHOS, B.J. **Manejo da mosca-branca na cultura do tomate**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005. 14 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica 81).
- INSTITUTO FNP. **Agriannual 2007: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2007. 516 p.
- LAHIRI, S.; LEVENSTEIN, C.; NELSON, D.I.; ROSENBERG, B.J. The cost effectiveness of occupational health interventions: Prevention of silicosis. **American Journal of Industrial Medicine**, v.48, p.503-514, 2005.
- LYDY, M.; BELDEN, J.; WHELOCK, C.; HAMMOCK, B.; DENTON, D. 2004. Challenges in regulating pesticide mixture. **Ecology and Society**, v.9, p.1 [on line]. Disponível em <www.ecologyandsociety.org/vol9/iss6/art1> Acessado em 29 nov. 2007.
- MAPA. 1995. **Portaria nº 67 de 30 de maio de 1995**. Disponível em <http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro_ged/pdf/517_GED.pdf> Acessado em 07 abr. 2011.
- MAPA. 2002. **Instrução Normativa nº46, de 24 de julho de 2002**. Disponível em <<http://www.cda.sp.gov.br/www/legislacoes/?row=14#>> Acessado em 07 abr. 2011.
- MILLER, D.K.; DOWNER, R.G.; STEPHENSON IV, D.O. Interactive Effects of Tank-mixed Application of Insecticide, Glyphosate, and Pendimethalin on Growth and Yield of Second-Generation Glyphosate-Resistant Cotton. **The Journal of Cotton Science**, v.14, p.186-190, 2010.
- MOSER, V.C.; SIMMONS, J.E.; GENNINGS, C. Neurotoxicological interactions of a five pesticide mixture in preweanling rats. **Toxicological Sciences**, v.92, p.235-245, 2006.
- ORTIZ, D.; YAÑEZ, L.; GÓMEZ, H.; MARTÍNEZ-SALAZAR, J.A.; DIAZ-BARRIGA, F. Acute toxicological effects in rats treated with a mixture of commercially formulated products containing methyl parathion and permethrin. **Ecotoxicological Environmental Safety**, v.32, p.154-158, 1995.
- REEVES, E.; THYRUCHELVAM, M.; BAQQS, R.B.; CORY-SLECHTA, D.A. Interactions of paraquat and triadimefon: behavioral and neurochemical effects. **Neurotoxicology**, v.24, p.839-850, 2003.

THEATHER, K.; JARDINE, C.; GORMLEY, K. Behavioral and sex ratio modification of Japanese medaka (*Oryzias latipes*) in response to environmentally relevant mixtures of three pesticides. **Environmental Toxicology**, v.20, p.110-117, 2005.

TIRUCHELVAN, M.; BROCKEL, B.J.; RICHFIELD, R.B. Potentiated and preferential effects of combined paraquat and maneb on nigrostriatal dopamine system: environmental risk factors for Parkinson's Disease? **Brains Research**, v. 873, p.225-234, 2000.

WAYE, V.; SON, C. Regulating the Australian Water Market. **Journal of Environmental Law**, v.22, p.431-439, 2010.

YANES, L.; ORTIZ, D. CALDERÓN, J.; BATRS, L.; CARRIZALES, L.; MEJÍA, J.; MARTÍNEZ, L.; GARCÍA-NIETO, E.; DÍAZ-BARRIGA, F. Overview of Human Health and chemical mixtures: problems facing developing countries. **Environmental Health Perspectives**, v.110, p.901-909, 2002.

ZANG, Z.Y.; WANG, D.L.; CHI, Z.J.; LIU, X.J.; HONG, X.Y. Acute Toxicity of Organophosphorus and Pyrethroid Insecticides to *Bombyx mori*. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, p.306-364, 2008.