

O desafio interdisciplinar da avaliação da exposição humana a agrotóxicos

Frederico Peres
Josino Costa Moreira

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

PERES, F., and MOREIRA, JC. O desafio interdisciplinar da avaliação da exposição humana a agrotóxicos. In: PERES, F., and MOREIRA, JC., orgs. *É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. p. 347-366. ISBN 85-7541-031-8. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

O DESAFIO INTERDISCIPLINAR DA AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO HUMANA A AGROTÓXICOS¹

*Frederico Peres
Josino Costa Moreira*

INTRODUÇÃO

Desde a década de 50 do século XX, quando se iniciou a ‘revolução verde’, foram observadas profundas mudanças no processo tradicional de trabalho na agricultura, bem como em seus impactos sobre o ambiente e a saúde humana. Novas tecnologias, muitas delas baseadas no uso extensivo de agentes químicos, foram disponibilizadas para o controle de doenças, aumento da produtividade e proteção contra insetos e outras pragas. Entretanto, essas novas facilidades não foram acompanhadas pela implementação de programas de qualificação da força de trabalho, sobretudo nos países em desenvolvimento, expondo as comunidades rurais a um conjunto de riscos ainda desconhecidos, originado pelo uso extensivo de um grande número de substâncias químicas perigosas e agravado por uma série de determinantes de ordem social.

No Brasil, problemas sociais, como a urbanização acelerada e desorganizada, verificada desde 1970, trouxeram importante contribuição para a situação ora vigente no ambiente rural brasileiro, geralmente caracterizado pela falta de saneamento básico, suprimento de água potável, transporte etc. De 1970 a 1996, o percentual de brasileiros residentes em

¹ Trabalho baseado no artigo “Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo”, publicado em *Ciência e Saúde Coletiva*, 7(2): 299-311, 2002, por Moreira e colaboradores.

áreas rurais diminuí de 45 para 12%. Em alguns estados como Rio de Janeiro e São Paulo, tal situação é ainda mais grave: cerca de 90% da população vive em áreas urbanas (MMA, 1996).

O governo brasileiro tem dado muito pouca atenção a essas questões, optando por concentrar esforços na solução de problemas de ordem política e/ou econômica. Ao mesmo tempo, incentiva continuamente o aumento da produção agrícola, uma vez que a exportação de produtos agropecuários é responsável por 39% da balança comercial brasileira (MMA, 1996).

Esses fatores fizeram com que um grupo cada vez menor de agricultores, na sua maioria despreparados e não assistidos, fosse responsável por uma produtividade cada vez mais elevada, conseguida, na grande maioria das vezes, com a utilização crescente de agrotóxicos e fertilizantes.

Atualmente, estima-se que cerca de 2,5 a 3 milhões de toneladas de agrotóxicos são utilizados a cada ano na agricultura, envolvendo um comércio de cerca de 20 bilhões de dólares (Agrofit, 1998). No Brasil, o consumo desses produtos encontra-se em franca expansão. O país é responsável pelo consumo de cerca de 50% da quantidade de agrotóxicos utilizados na América Latina, o que envolve um comércio estimado em cerca de US\$ 2,56 bilhões em 1998.² Atualmente, o Brasil ocupa o quarto lugar no *ranking* dos países consumidores de agrotóxicos.

O consumo de agrotóxicos na região Sudeste está estimado em 12 kg de agrotóxico/trabalhador/ano, podendo atingir valores bem superiores a este em algumas áreas produtivas. A ampla utilização desses produtos, o desconhecimento dos riscos associados à sua utilização, o conseqüente desrespeito às normas básicas de segurança, a livre comercialização, a grande pressão comercial por parte das empresas distribuidoras e produtoras e os problemas sociais encontrados no meio rural constituem importantes causas que levam ao agravamento dos quadros de contaminação humana e ambiental observados no Brasil. A esses fatores podem ser acrescentados a deficiente assistência técnica ao homem do campo, a dificuldade de fiscalização do cumprimento das leis e a culpabilização dos trabalhadores como contribuintes para a consolidação do impacto sobre a saúde humana,

² Sindicato Nacional das Indústrias de Defensivos Agrícolas (Sindag). Comunicação pessoal de um diretor da entidade, 1999.

decorrente da utilização de agrotóxicos, como um dos maiores problemas de saúde pública no meio rural, principalmente nos países em desenvolvimento (Pimentel, 1996; Peres, 1999; Oliveira-Silva, Meyer & Moreira, 2000).

A magnitude do impacto resultante do uso de agrotóxicos sobre o homem do campo, no Brasil, pode ser depreendida a partir dos dados do Ministério da Saúde. De acordo com esses dados, em 1996 houve 8.904 casos de intoxicações por agrotóxicos, dos quais 1.892 (21,25%) foram observados no meio rural (Sinitox, 1998). Estes dados, entretanto, não refletem a real dimensão do problema, uma vez que os mesmos advêm de Centros de Controle de Intoxicações, situados em centros urbanos, inexistentes em várias regiões produtoras importantes ou de difícil acesso para muitas populações rurais.

Alguns trabalhos realizados para avaliar os níveis de contaminação ocupacional por agrotóxicos em áreas rurais brasileiras têm mostrado níveis de contaminação humana que variam de 3 a 23% (Almeida & Garcia, 1991; Faria et al., 2000; Gonzaga et al., 1992). Considerando-se que o número de trabalhadores envolvidos com a atividade agropecuária no Brasil, em 1996, era estimado em cerca de 18 milhões e aplicando-se o menor percentual de contaminação relatado nesses trabalhos (3%), o número de indivíduos contaminados por agrotóxicos no Brasil deve ser de aproximadamente 540.000 com cerca de 4.000 mortes por ano. Além disso, esses dados não consideram o impacto indireto resultante da utilização de tais produtos.

É importante realçar que, com exceção de alguns grandes exportadores, a agricultura próxima dos grandes centros é de pequeno porte e uma atividade eminentemente familiar, em que adultos e crianças se ajudam mutuamente no trabalho. Isto faz com que as crianças e os jovens também estejam sujeitos a elevado risco de contaminação. Esse problema é ainda mais preocupante, uma vez que pouco se sabe da ação de uma exposição continuada a compostos sobre o corpo humano ainda em desenvolvimento e que várias substâncias utilizadas como agrotóxicos são suspeitas de apresentarem atividade carcinogênica ou hormonal.

Mesmo assim, a maioria dos estudos realizados no Brasil aborda contaminações diferenciadas, ou seja, humana (ocupacional, acidental ou suicida) e ambiental, isoladamente, não considerando a natureza holística,

a multiplicidade de rotas e a grande variabilidade das causas do problema, cuja acuidade de compreensão exige uma avaliação integrada.

Discutem-se neste artigo os resultados obtidos em um programa de pesquisa/intervenção integrado sobre o destino dos agrotóxicos na região da microbacia do Córrego de São Lourenço, município de Nova Friburgo, RJ. Enfatiza-se também a necessidade de um enfoque integrado à luz de diversas disciplinas para a avaliação e controle dos vários fatores que contribuem para o impacto da contaminação por agrotóxicos no meio rural brasileiro.

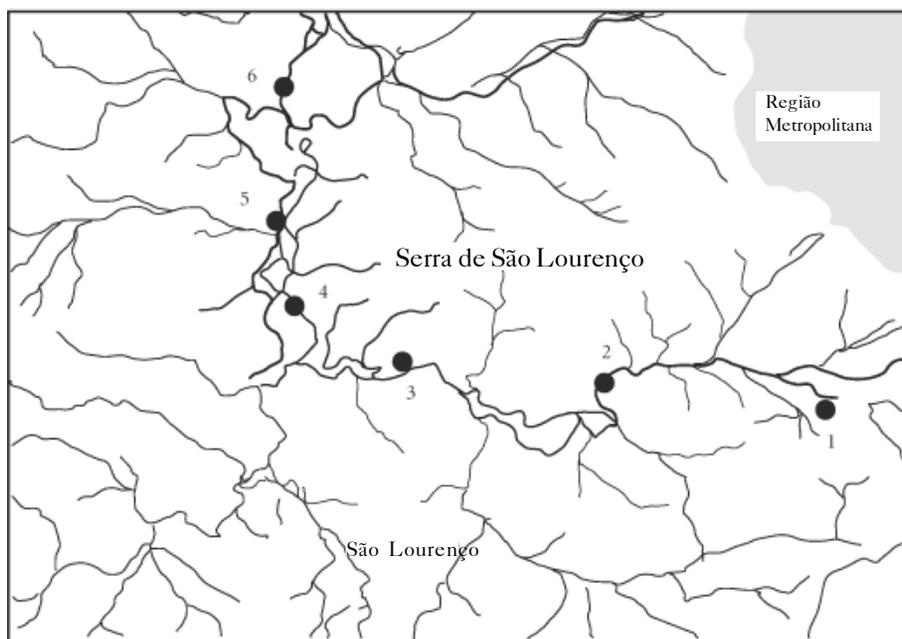
CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS E SOCIOECONÔMICAS DO LOCAL DE ESTUDO

A localidade de São Lourenço está situada a 45 km a sudoeste da sede do município de Nova Friburgo, na divisa deste município com o de Teresópolis, e conta com uma população aproximada de 600 habitantes. Localiza-se em um vale a 1.000/1.200 m de altitude, cercado por montanhas que atingem 2.200 m e cortado pelo Córrego de São Lourenço e seus afluentes (Figura 1). Quatro outras pequenas localidades se situam nesta mesma região, caracterizada por ser a principal produtora de olerícolas do estado do Rio de Janeiro.

A estrutura fundiária está baseada em pequenas propriedades rurais, onde a mão-de-obra é exclusivamente familiar. A maioria dos trabalhadores rurais (produtores) possui o curso primário como grau de escolaridade, sendo que 32% não havia frequentado escola (analfabetos e alfabetizados em casa por pai e/ou mãe). Sabendo-se que o ensino rural no Brasil apresenta sérias deficiências, pode-se depreender que aqueles abandonaram a escola, sem completar o curso primário, não dominam os requisitos mínimos para ler e compreender um texto, fato este comprovado pelas observações de campo. De fato, cerca de 58% da população local (analfabetos, alfabetizados em casa e aqueles com curso primário incompleto) têm nenhuma ou mínima habilidade de leitura/escrita, configurando um perfil de escolaridade baixo, como observado no homem do campo, em níveis regional e nacional (Peres, 1999).

Na região da microbacia do Córrego de São Lourenço, o consumo de agrotóxico foi estimado em 56,5 kg de agrotóxico/trabalhador/ano. Esse elevado consumo, associado a outras características comuns às áreas rurais brasileiras, amplifica o impacto dessas substâncias químicas sobre o homem e o ambiente.

Figura 1 – Localização geográfica da região da microbacia do Córrego de São Lourenço, Nova Friburgo, RJ



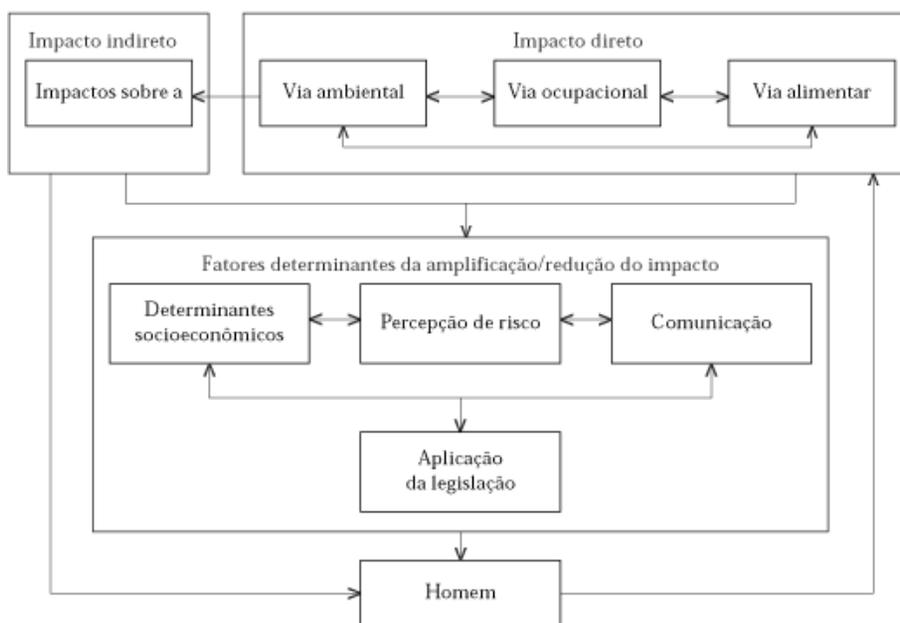
Fonte: Moreira et al., 2002.



O OBJETO COMPLEXO DO IMPACTO DOS AGROTÓXICOS SOBRE A SAÚDE

Além da seriedade com que vários casos de contaminação humana e ambiental têm sido identificados no meio rural, moradores de áreas próximas e, eventualmente, os do meio urbano também se encontram sob risco, devido à contaminação ambiental e dos alimentos. No que tange ao impacto sobre saúde humana causado por agrotóxicos, diversos fatores podem contribuir. A Figura 2 sintetiza alguns dos principais fatores através dos quais o impacto da contaminação por agrotóxicos é estabelecido, assim como identifica alguns dos determinantes (de ordem cultural, social e econômica) que podem vir a minimizar ou ampliar este impacto.

Figura 2 – Representação esquemática das principais vias responsáveis pelo impacto da contaminação humana por agrotóxicos



Fonte: Moreira et al., 2002.

Como pode ser observado, a saúde humana pode ser afetada pelos agrotóxicos diretamente, por meio do contato direto do organismo com estas substâncias, ou ainda indiretamente, por intermédio do desenvolvimento de algum fator impactante como resultado do uso desses agentes químicos. Três vias principais são responsáveis pelo impacto direto da contaminação humana por agrotóxicos:

- A ‘via ocupacional’, que se caracteriza pela contaminação dos trabalhadores que manipulam essas substâncias. Tal contaminação é observada no processo de formulação (mistura e/ou diluição dos agrotóxicos para uso), no processo de utilização (pulverização, auxílio na condução das mangueiras dos pulverizadores – a ‘puxada’ – descarte de resíduos e embalagens contaminadas etc.), assim como na colheita, onde os trabalhadores manipulam/entram em contato com o produto contaminado. Embora atinja uma parcela mais reduzida da população (os trabalhadores – rurais ou guardas de endemias, por exemplo – que manipulam estes produtos em seu processo de trabalho), esta via é responsável por mais de 80% dos casos de intoxicação por agrotóxicos, dada à intensidade e à frequência em que o contato entre este grupo populacional e o produto é observado.
- A ‘via ambiental’, por sua vez, caracteriza-se pela dispersão/distribuição dos agrotóxicos ao longo dos diversos componentes do meio ambiente: a contaminação das águas, através da migração de resíduos de agrotóxicos para lençóis freáticos, leitos de rios, córregos, lagos e lagunas próximos; a contaminação atmosférica, resultante da dispersão de partículas durante o processo de pulverização ou de manipulação de produtos finamente granulados (durante o processo de formulação) e evaporação de produtos mal-estocados; e a contaminação dos solos. A contribuição da via ambiental é de fundamental importância para o entendimento da contaminação humana por agrotóxicos. Acredita-se que um maior número de pessoas estejam expostas por esta via, em relação à via ocupacional; entretanto, o impacto resultante da contaminação ambiental é, em geral, consideravelmente menor do que o impacto resultante da via ocupacional.

- A ‘via alimentar’ caracteriza-se pela contaminação relacionada à ingestão de produtos contaminados por agrotóxicos. O impacto sobre a saúde provocado por esta via é, comparativamente, menor, devido a diversas razões, tais como a concentração dos resíduos que permanece nos produtos; a possibilidade de eliminação dos agrotóxicos por processos de beneficiamento do produto (cozimento, fritura etc.); o respeito ao período de carência etc. Esta via atinge uma parcela ampla da população urbana – os consumidores.

A saúde das comunidades pode ser também afetada pelo uso de agrotóxicos através de mecanismos indiretos. Um exemplo é o impacto da contaminação sobre a biota local e de áreas próximas. Ou seja, a utilização desses agentes pode favorecer a colonização da área por espécies mais resistentes, substituindo espécies inofensivas por outras mais perigosas para o homem (vetores etc.). Outros exemplos do impacto indireto são os efeitos sobre comunidades de crustáceos e peixes, habitantes de ambientes limnológicos próximos, diminuindo a biodiversidade e gerando, assim, diversos efeitos sobre o equilíbrio ecológico local.

Diversos fatores – de ordem social, cultural e econômica – apresentam-se como determinantes da amplificação ou da redução da contaminação humana. Embora consideremos que o sujeito não possa ser entendido apenas como o indivíduo susceptível/sensível às injúrias decorrentes do uso de agrotóxicos, neste artigo serão abordados apenas três fatores considerados de grande importância para a visualização da situação de risco no meio rural: o processo de comunicação, a percepção de risco e os determinantes socioeconômicos.

METODOLOGIA

Este estudo envolveu o levantamento de fatores socioeconômicos, educacionais e comunicacionais, assim como a análise da contaminação ambiental e humana causada por agrotóxicos utilizados na microbacia do Córrego de São Lourenço, Nova Friburgo, RJ.

O levantamento dos dados relacionados aos fatores socioeconômicos foi realizado em dois momentos principais: durante entrevistas semi-estruturadas, baseadas em metodologia de pesquisa social (de caráter

qualitativo) e durante as entrevistas realizadas previamente à coleta de sangue para determinação dos níveis de contaminação dos trabalhadores.

Para a análise do processo de comunicação rural na região (Peres, 1999), inicialmente, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas, contendo questões relativas ao regime de uso de agrotóxicos e ao histórico da implementação desta tecnologia naquela localidade. Posteriormente, foi realizada uma avaliação da recepção das informações disponíveis sobre estes produtos (rótulos e bulas de produtos, cartilhas, *folders* e outros materiais informativos). Nessa segunda etapa, trechos escritos ou figuras previamente selecionadas, dentre o material utilizado para informação sobre os agrotóxicos, eram apresentados aos trabalhadores, solicitando-se que eles os interpretassem e relatassem o seu entendimento.

A avaliação dos trabalhadores adultos ocupacionalmente expostos envolveu uma população de 101 trabalhadores e foi realizada através de três instrumentos:

- 1) investigação epidemiológica, feita com a aplicação de questionários especificamente elaborados para tal;
- 2) investigação clínica, por meio de dois tipos de instrumentos: o questionário médico paralelo à consulta médica, que focalizou os dados sociais e a história de patologias anteriores, e o exame físico;
- 3) monitoramento biológico, realizado com exames laboratoriais, tais como hemograma e perfil bioquímico, analisando-se indicadores hepáticos, renais, perfil protéico e de células sangüíneas para compor um quadro clínico-laboratorial que auxiliasse na análise de contaminação dos trabalhadores por agrotóxicos e que pudesse também indicar possíveis outros fatores de confusão na caracterização da doença ocupacional, tais como desnutrição e doença hepática.

Foram utilizados também indicadores biológicos de exposição específicos (butirilcolinesterase plasmática e acetilcolinesterase eritrocitária). Essas últimas análises foram realizadas pelo método de Ellman modificado (Cunha, 1996 e Oliveira-Silva, 2000).

No estudo da contaminação de crianças e adolescentes avaliaram-se 76 indivíduos. Embora alguns não-estudantes tivessem sido avaliados, a maioria dos participantes era aluno de uma das cinco escolas da

região em foco (quatro de ensino do tipo tradicional brasileiro – estudo por quatro horas/dia – e uma baseada no regime de alternância, no qual os alunos têm atividades regulares em sala de aula, por um período de quinze dias, e passam os quinze dias restantes do mês trabalhando nas lavouras de suas famílias, aplicando os conhecimentos obtidos na escola). Neste segmento, realizaram-se as etapas de investigação epidemiológica e de monitoramento clínico dos indicadores colinesterásicos, por meio do *kit* EQM, da EQM Research. Como as crianças residentes na Vila de São Lourenço eram poucas para se constituírem um grupo significativo, este estudo envolveu também crianças de outras quatro vilas vizinhas, situadas na região.

A determinação da concentração dos agrotóxicos inibidores das colinesterases em amostras de água do rio São Lourenço foi realizada utilizando uma metodologia baseada na inibição da acetilcolinesterase isolada de cérebro de ratos (Cunha Bastos et al., 1991 & Lima et al., 1996). Essas amostras foram coletadas mensalmente em 1998 e 1999. Além deste, foram ainda determinados alguns outros parâmetros físico-químicos da água do rio São Lourenço (pH e dureza).

Avaliou-se também o efeito da utilização de agrotóxicos sobre a biota aquática (macroinvertebrados). A coleta biológica foi realizada com o emprego de amostradores do tipo Surber em habitats de *riffle* e *pool* (Merrit & Cummins, 1996).

Amostras de vegetais foram coletadas nas cooperativas de distribuição e analisadas, com a mesma metodologia utilizada nas análises de água.

O DESAFIO INTERDISCIPLINAR

Como ponto inicial deste trabalho, foi realizada a avaliação das características socioeconômicas e culturais da população em estudo. Algumas características importantes observadas nos grupos humanos (adultos e crianças) estudados são apresentadas na Tabela 1.

Os dados mostram que o trabalho rural é realizado majoritariamente por homens, com um envolvimento significativo de crianças e de jovens. No segmento relativo às crianças trabalhadoras, a participação de jovens do sexo feminino é importante. *A priori*, verifica-se que o nível de escolaridade está melhorando, bem como alguns cuidados básicos

para proteção individual. Em contrapartida, fica patente a falta de treinamento e de orientação para lidar com estas substâncias.

Tabela 1 – Algumas características dos grupos estudados

Característica	Adultos	Crianças
Idade (média)	34,9 anos (p= 10,26)	13,6 anos (p= 2,37)
Sexo (%)	85,2 (homens) 14,8 (mulheres)	69,7 (homens) 30,3 (mulheres)
Nível educacional (%)	< 4 anos de estudo – 32,1 4-8 anos de estudo – 64,9 > 8 anos de estudo – 3	< 4 anos de estudo – 19,8 4-8 anos de estudo – 76,1 > 8 anos de estudo – 3,1
Uso de equipamento Individual de proteção (%)	37,7 (sim); 62,3 (não)	61,4 (sim); 38,6 (não)
Máscaras	8 (f); 3 (av); 89 (n)	13 (f); 5 (av); 82 (n)
Vestimentas	5 (v); 2 (av); 93 (n)	8 (f); 3 (av); 89 (n)
Atividades (% envolvido)		
Preparação	82,3	33,3
Aplicação	88,9	75,8
Cultivo	96,5	75,5
Transporte	62,3	22,4
Contato do agrotóxico com a pele (%)	98,6	78,0
Recebeu algum tipo de treinamento para manipular agrotóxicos (%)	47,8	52,0
Relatou algum sintoma observado após o processo de aplicação (%)	47,8	34,0

f= freqüentemente; av= às vezes e n= nunca

Fonte: Moreira et al., 2002.

A comunidade estudada utiliza no trabalho mais de cem diferentes formulações de agrotóxicos. Metamidophos (uso relatado por 93,8% dos trabalhadores entrevistados), esfenvalerate (68,8%), mancozeb (62,5%), paraquat (62,5%) e deltametrina (35%) são os agrotóxicos mais utilizados, geralmente sem nenhuma orientação técnica.

A análise do processo de comunicação e da recepção das informações sobre os agrotóxicos na região revelou uma série de desafios a serem superados em áreas rurais (Peres, 1999). Dentre estes, pode-se destacar o teor altamente técnico das informações prestadas, como pode ser observado nos dizeres constantes no rótulo de Gramoxone® (para-

quat, um dos produtos mais utilizados na região e no país): “Esta formulação contém um agente emético, portanto não controle vômito em pacientes recém-intoxicados por via oral, até que pela ação do esvaziamento gástrico do herbicida, o líquido estomacal venha a ser claro”.

Nenhum dos trabalhadores entrevistados conseguiu entender o sentido dessa orientação, de extrema importância no caso de uma contaminação (acidental ou não) por via oral (este produto apresenta a coloração dos refrigerantes do tipo cola – amarronzada – fato que é responsável pela maioria dos casos de ingestão acidental por via oral, sobretudo entre crianças).

Diante da explicação sobre o significado da frase, um trabalhador sugeriu: “Em vez disso aí, o sujeito não podia escrever: ‘se o caboclo beber o veneno, deixe ele vomitar até as tripas!’”(agricultor, 35 anos).

Outro ponto observado durante o estudo da comunicação rural foi a dificuldade de interpretação de figuras presentes em rótulos e bulas de formulações de agrotóxicos. Nenhum dos entrevistados conseguiu interpretar a totalidade das mensagens contidas nessas figuras, como alguns pictogramas (conforme discutido no artigo 15 desta coletânea) e representações gráficas de procedimentos de uso e descarte.

Dessa forma, o processo de comunicação rural ainda prevalente no Brasil acaba por contribuir para agravar a contaminação humana do trabalhador rural. Tal processo é coroadado por práticas exploratórias de venda associado a um negligenciamento de informações por parte de técnicos do próprio governo e daqueles ligados ao comércio/indústria, que, em última análise, são os responsáveis pelas informações recebidas por 70% dos trabalhadores entrevistados (Peres, 1999).

A contaminação ambiental

A utilização maciça de agrotóxicos tem como conseqüência a contaminação de todos os segmentos ambientais. Para avaliar os níveis de contaminação, amostras de água do rio São Lourenço foram coletadas mensalmente em seis pontos ao longo da área em estudo, como mostrado na Figura 1.

A análise dessas amostras revelou níveis significativos de agrotóxicos anticolinesterásicos em amostras de água coletadas nos pontos 5

(76,80 ± 10,89 µg/L) e 6 (37,16 ± 6,39 µg/L), no mês de agosto/98, e no ponto 4 (31,37 ± 1,60 µg/L), em abril/99 (Alves, 2000). A constatação da contaminação do ponto 4, sem que fossem observadas contaminações nos pontos situados a jusante (pontos 5 e 6), sugere um processo de contaminação pontual recente e que a conseqüente diluição fez com que as concentrações subseqüentes ficassem abaixo do limite de detecção da metodologia utilizada (estimado em 20 µg/L de equivalentes de metil-paration). Esses valores são muito superiores àqueles recomendados pela legislação brasileira para águas de abastecimento doméstico e utilizadas para irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas (organofosforados totais e carbamatos: 10 µg/L) (Conama, 1986). Todos os valores elevados foram observados em períodos de prolongada estiagem, o que pode ter contribuído para os níveis de concentração encontrados. Embora a metodologia utilizada não tenha evidenciado uma contaminação contínua por agentes anticolinestrásicos, fica evidente que, em algumas oportunidades, os níveis de contaminação são elevados e podem ter impacto significativo sobre a biota.

Convém ressaltar que a população estudada não dispõe de sistemas de distribuição de água nem de esgoto. A água utilizada nas residências é coletada em minas que nascem nas proximidades ou diretamente no rio São Lourenço.

Impacto sobre a biota

Com relação às medidas biológicas, foi observada uma redução da riqueza de táxons entre o ponto referência (ponto 1) que apresentou 43 unidades taxonômicas (UTOs) e o ponto mais impactado (ponto 5), onde foram observadas apenas 20 UTOs. Os organofosforados não possuem grande estabilidade e provavelmente se sedimentam pouco. Dessa maneira, os organismos associados ao compartimento coluna d'água são os afetados mais diretamente (táxons de hábitos natatórios e aqueles que vivem fixados a pedras). Em geral, tais organismos são coletores ativos, passivos ou raspadores-herbívoros, alimentando-se principalmente de material orgânico em suspensão ou de detritos e perifíton. Observou-se que, nesta região, os indivíduos das ordens Ephemeroptera e Plecoptera foram os mais afetados, pois, além de apresentarem tais hábitos, são organismos reconhecidamente sensíveis. Na área de referência,

foram encontrados oito gêneros de Ephemeroptera e dois de Plecoptera, enquanto na área degradada apenas um gênero de Ephemeroptera (*Baetis*, Baetidae).

Os grupos menos afetados foram Chironomidae (Díptera), Simuliidae (Díptera) e Elmidae (Coleóptera). Embora os dois primeiros grupos sejam coletores, ambos são reconhecidamente espécies resistentes à poluição. Os coleopteras raspadores apresentaram uma redução pouco significativa em relação à área referência, pois são favorecidos pelo aumento na abundância de macrófitas aquáticas em decorrência do uso de fertilizantes nas lavouras vizinhas.

A mudança na composição das famílias da ordem Ephemeroptera, com o desaparecimento de Leptophlebiidae e sobrevivência de organismos da família Baetidae indica que a primeira pode ter uma menor tolerância, servindo como um bom bioindicador. Testes ecotoxicológicos estão sendo realizados em laboratório, a fim de avaliar se Leptophlebiidae é menos suscetível do que Baetidae. A princípio, os gêneros em estudo são *Askola* ou *Hylister* (Leptophlebiidae) e *Baetis* (Baetidae). Todos estes, cosmopolitas e amplamente distribuídos, ocorreram em grande número nas amostras coletadas. Além disso, estão sendo realizados experimentos de meso-cosmo em riachos de primeira ordem, para avaliar os efeitos diretos da aplicação de agrotóxicos sobre o restante das comunidades biológicas. Com isto, procura-se estabelecer um índice biológico aplicado a áreas contaminadas por agrotóxicos organofosforados, determinando grupos sensíveis e resistentes e, possivelmente, escores de tolerância. Este índice permitirá avaliar qualitativamente outras regiões impactadas pelo uso de organofosforados, identificando a extensão dos danos sobre o meio ambiente aquático.

É importante ressaltar que o rio São Lourenço, poucos quilômetros abaixo da região estudada, recebe outros riachos provenientes de regiões igualmente agrícolas, dando origem ao rio Grande, que é a fonte de água potável para a cidade de Nova Friburgo, importante centro industrial com cerca de 250.000 habitantes.

Análises preliminares de vegetais (tomate, vagem e pimentão) adquiridos no mercado mostraram elevada percentagem (33% em tomate, 40% da vagem e 20% do pimentão) de contaminação por resíduos de agentes anticolinesterásicos. Valores de inibidores da acetilcolinesterase equivalentes a 0,56 mg/kg de methamidophos foram detectados nestes produtos. Embora a

interpretação destes resultados à luz da legislação brasileira para alimentos seja difícil, uma vez que as quantidades permitidas dependem da substância utilizada, estes certamente demonstram a existência de resíduos indesejáveis nos produtos analisados.

Contaminação humana

Uma outra avaliação importante deste estudo foi a análise laboratorial das atividades de acetilcolinesterase de membrana de hemácias e butirilcolinesterase plasmática. Os resultados apresentados a seguir se relacionam apenas à contaminação por agrotóxicos inibidores das acetilcolinesterases (organofosforados e carbamatos). A escolha de tais agrotóxicos como ponto de partida para o estudo se deve à sua elevada utilização na área em foco, à elevada toxicidade desta categoria e à disponibilidade de testes de *screening* rápido, prático e barato. Para se ter uma idéia da utilização desta classe de agrotóxicos, cerca de 90% dos indivíduos entrevistados relataram utilizar rotineiramente em seus trabalhos o inseticida organofosforado methamidophos, conhecido por sua neurotoxicidade.

A Tabela 2 apresenta os resultados de média e desvio padrão da atividade dos indicadores biológicos de exposição.

Os valores médios obtidos no estudo de um grupo não-exposto foram utilizados para estabelecer um *cut-off*, ou seja, um valor significativo abaixo do qual os indivíduos seriam considerados possuidores de baixa atividade enzimática, característica esta observada nos casos de superexposição aos agrotóxicos anticolinesterásicos. Este ponto de corte foi estabelecido como sendo equivalente ao 5º percentil da distribuição dos valores de atividade do grupo de referência. Para estabelecer o limite inferior, o cálculo utilizado foi equivalente à média - 1,645 s.d., correspondendo a 0,47 unidades internacionais (UI) para acetilcolinesterase e 2,32 UI para butirilcolinesterase. No conjunto de resultados estudados, onze indivíduos apresentavam atividade de acetilcolinesterase e doze, a de butirilcolinesterase, baixas.

Em relação aos 101 trabalhadores rurais adultos, a Tabela 2 apresenta dados relativos à análise estatística dos bancos de dados produzidos ao longo do projeto. Investigou-se, através de um teste de comparação (teste 't' para $\alpha = 0,05$), as médias do grupo potencialmente exposto, subdividido em

duas categorias em função da presença ou ausência de sintomas. Foram analisadas as médias destas duas categorias nas diferentes variáveis epidemiológicas e também na listagem de sintomas apresentados pelos agricultores na entrevista médica. Não foram encontradas diferenças significativas destes grupos em relação às atividades de produção e consumo, entretanto, a mesma análise em relação às variáveis da entrevista médica indica uma redução significativa entre os valores de acetilcolinesterase com os seguintes sintomas: dor de cabeça, câibras abdominais, ansiedade e insônia. O mesmo foi observado na atividade de butirilcolinesterase em relação à falta de ar.

Tabela 2 – Níveis de acetil e butirilcolinesterase encontrados em adultos moradores da região da microbacia do Córrego de São Lourenço

Grupo/Enzima	Acetilcolinesterase eritrocitária	Butirilcolinesterase plásmatica
Não-expostos* n= 308	1,00 ± 0,32 (média ± p)	4,00 ± 1,02 (média ± p)
Adultos expostos* n= 101	1,005 ± 0,28 (média ± p) CI 95% (0,94-1.06)	3,77 ± 1,01 (média ± p) CI 95% (3,56-3,97)
Valores de referência (média = 1,645p)	0,47	2,32
% de trabalhadores com baixa atividade enzimática	11	12
Valores de referência Crianças/jovens** % de crianças/jovens com baixa atividade enzimática	30,1 (st dev= 3,87) Nenhum	2,26 (st dev= 0,55) 17

* Método de dosagem: Ellman modificado por Cunha, J. C. (1996). Resultados expressos em unidades internacionais.

** Método de dosagem: EQM Test Kit - EQM Research Inc., Cincinnati - Ohio. Resultados expressos em unidades internacionais por ml de sangue total (atividade de colinesterase plásmatica) ou por grama de hemoglobina (atividade de acetilcolinesterase eritrocitária). Valores normais são considerados equivalentes a $\geq 75\%$ em relação aos valores obtidos em uma população de referência (n=40) apresentados no estudo de validação descrito no manual do *kit*.

Fonte: Moreira et al., 2002.

Em relação ao exame físico propriamente dito e à investigação clínica baseada em anamnese dirigida para sinais e sintomas de intoxicação por agrotóxicos, foi possível detectar 31 casos de intoxicação, sendo um de intoxicação aguda e trinta apresentando sinais e sintomas de

intoxicação crônica. Este diagnóstico foi baseado principalmente nas observações do exame físico de alterações neurocomportamentais típicas desse tipo de intoxicação. Foi observado, na maioria dos casos, um quadro de polineuropatia periférica e alterações comportamentais que remetem a distúrbios no nível no sistema nervoso central. Ainda em relação ao exame físico, fasciculação muscular foi observado como um distúrbio periférico recorrente em trinta indivíduos. É interessante observar que a análise estatística demonstrou que a média de atividade de acetilcolinesterase do grupo que apresentava fasciculação foi significativamente inferior em relação ao grupo que não apresentava este sinal.

Modelos de regressão linear múltipla aplicados para investigar associações entre os indicadores biológicos e clínicos evidenciaram valores significativos para os sintomas de dor de cabeça e insônia e diminuição dos níveis de acetilcolinesterase. Quando as variáveis biológicas foram tratadas como variáveis categóricas e colocadas em um modelo de regressão logística, foi possível observar associações significativas entre os níveis de acetilcolinesterase e os sintomas de insônia e nervosismo (*Odds ratio* de 4,85 e 6,22, respectivamente).

Na análise dos resultados obtidos nos estudos com crianças trabalhadoras, com relação ao uso de agrotóxicos, foi observada situação idêntica àquela que já tínhamos constatado na investigação com a população adulta. Mais de trinta formulações diferentes foram mencionadas pelas crianças como de utilização rotineira. As mais utilizadas eram o paraquat, herbicida altamente tóxico; o mancozeb, fungicida de baixa toxicidade aguda, e o metamidophos, inseticida organofosforado altamente tóxico.

De acordo com a legislação brasileira específica (MT, 1997) e também com o fabricante do *kit* utilizado, quando o resultado da atividade enzimática for menor que 75% do valor de referência, o exame deve ser repetido e, confirmando-se este valor, o indivíduo é considerado possivelmente contaminado. Segundo estes critérios, todas as crianças estudadas apresentaram valores normais de acetilcolinesterase, mas cerca de 17% apresentou níveis reduzidos de atividade da butirilcolinesterase, o que pode representar uma exposição recente, sem excluir a possibilidade de intoxicação, ou ainda a possibilidade de distorção nos valores de referência, visto que estes foram obtidos em outra população e para indivíduos adultos.

Finalmente, a última análise realizada foi a multivariada, através do emprego de regressão logística. Os índices de colinesterases foram categorizados como normais e baixos e diversas variáveis foram inseridas no modelo de regressão tendo os níveis de colinesterase como variável categórica constante. Os resultados que apresentaram associações significativas no modelo de regressão foram: sexo (*Odds ratio* = 4,12; $p < 0,05$) e atividade de aplicação de agrotóxico (OR= 5,80; $p < 0,05$). Estes resultados são importantes, pois a partir deles pode-se inferir que, no grupo investigado, as crianças do sexo feminino teriam 4,12 vezes maior probabilidade de apresentar níveis reduzidos de colinesterases. Esta constatação é importante, principalmente porque as crianças/jovens do sexo feminino ainda se encontram na fase da adolescência sem que se conheçam as conseqüências que esta exposição pode trazer para a vida futura das mesmas e de suas famílias. Observa-se também que as crianças que trabalham na lavoura na atividade de aplicação dos agrotóxicos têm 5,80 vezes maior expectativa de apresentarem níveis reduzidos de colinesterases. Certamente esta observação mostra, de maneira clara, a associação entre a atividade de aplicação e a diminuição da atividade enzimática, que pode, eventualmente, produzir danos à saúde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma série de fatores inter-relacionados contribui para a atual situação observada na região da microbacia do Córrego de São Lourenço, e a única maneira de entender e estimar a dimensão real do problema, bem como a influência de cada um de seus determinantes é a utilização de uma abordagem integrada de avaliação. Embora ainda muito limitados, os resultados já obtidos, mesmo que de forma compartimentalizada, mostram claramente uma situação séria de contaminação humana e ambiental.

Obviamente, a continuidade/complementaridade destes estudos, com a introdução de novos parâmetros, como por exemplo, a contaminação humana e ambiental pelos demais agrotóxicos ali utilizados, os níveis da contaminação atmosférica e sua dispersão, a contaminação no interior das residências, o monitoramento sistemático da contaminação do rio São Lourenço por toda a gama de agrotóxicos bem como das águas subterrâneas,

a introdução de novos indicadores biológicos, entre outros, trará considerável contribuição para a montagem deste complexo quebra-cabeças que exige, antes de mais nada, o envolvimento de varias áreas do conhecimento.

Pesquisas sobre os possíveis problemas decorrentes da exposição continuada a esta gama de agrotóxicos, particularmente sobre as mulheres em idade fértil e as crianças, são urgentes, e algumas já estão em andamento. Neste aspecto, encontram-se em fase de implementação, por um grupo de pesquisadores do Laboratório de Toxicologia do Cesteh/Ensp/Fiocruz, estudos envolvendo a avaliação neuropsicológica e neurocomportamental de crianças com idades entre três a doze anos.

Os resultados disponíveis permitem afirmar que os principais fatores responsáveis pelos níveis de contaminação encontrados atualmente são a inexistência de uma política mais efetiva de fiscalização/controle/acompanhamento/aconselhamento técnico adequado na utilização dos agrotóxicos; o baixo nível de escolaridade, que torna difícil o entendimento, mesmo superficial, de informações técnicas; as práticas exploratórias de propaganda das firmas produtoras; o desconhecimento de técnicas alternativas e eficientes de cultivo; a pouca atenção dada ao descarte de rejeitos e de embalagens; a utilização dos agrotóxicos e a exposição continuada a esses produtos.

Campanhas educativas que considerem o nível educacional e intelectual dos trabalhadores rurais necessitam ser realizadas. O desenvolvimento de atividades específicas e periódicas, principalmente com as crianças, a serem realizadas nas escolas locais, certamente se constituirá em uma excelente estratégia para combater a situação ora vigente no meio rural brasileiro..

Enquanto este problema não for considerado uma prioridade de governo, a situação tende a se agravar e a se expandir cada vez mais, ameaçando até mesmo os grandes centros urbanos próximos. Todos os resultados demonstram claramente que a situação vigente é resultante da conjunção de vários fatores e que a intervenção unidirecional não resultará na solução para este problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT. *Base de Dados de Produtos Agrotóxicos e Fitossanitários*. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1998.
- ALMEIDA, W. F. & GARCIA, E. G. Exposição dos trabalhadores rurais aos agrotóxicos no Brasil. *Ver Bras Saúde Ocup*, 19: 7-11, 1991.
- ALVES, S. R. *Avaliação dos resíduos de agrotóxicos organofosforados e carbamatos por metodologia enzimática no Córrego de São Lourenço, Nova Friburgo-RJ, Brasil*, 2000. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). *Resolução Conama*, n. 20. 18 jun. 1986.
- CUNHA-BASTOS, V. L. F et al. Brain acetylcholinesterase as an “in vitro” detector of organophosphorus and carbamate insecticides in the water. *Water Research*, 25(7): 835-840, 1991.
- CUNHA, J. C. *Otimização dos parâmetros práticos para a determinação da atividade de acetil e butirilcolinesterase*, 1996. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.
- FARIA, N. M. X. et al. Processo de produção rural e saúde na serra gaúcha: um estudo descritivo. *Cadernos de Saúde Pública*, 16(1): 115-128, 2000.
- GONZAGA, M. C. & SANTOS, S. O. Avaliação das condições de trabalho inerentes ao uso de agrotóxicos nos municípios de Fátima do Sul, Glória de Dourados e Vicentina – Mato Grosso do Sul – 1990. *Bras Saúde Ocup*, 20: 42-46, 1992.
- LIMA, J. S. et al. Methyl parathion activation by partially purified rat brain fraction. *Toxicological Letters*, 87: 53-60, 1996.
- MERRIT, R. W. & CUMMINS, K. W. *Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Pub., 1996.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). *Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento*. Brasília: Ed. Ibama/MMA, 1996.
- MOREIRA, J. C. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. *Ciência e Saúde Coletiva*, 7(2): 299-311, 2002.
- MT (Ministério do Trabalho). *Norma Regulamentadora n. 7, Segurança e Medicina do Trabalho*. São Paulo: 36 Ed. Atlas, 1997.
- OLIVEIRA-SILVA, J. J.; MEYER, A. & MOREIRA, J. C. Cholinesterase activities determination in frozen blood samples: an improvement to the occupational monitoring in developing countries. *Human and Environmental Toxicology*, 19: 173-177, 2000.
- PERES, F. *É Veneno ou é Remédio? os desafios da comunicação rural sobre agrotóxicos*, 1999. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.