

Potencial de Impacto da Agricultura sobre os Recursos Hídricos na Região do Cerrado





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2002

Documentos 56

Potencial de Impacto da Agricultura sobre os Recursos Hídricos na Região do Cerrado

Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho
Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Planaltina, DF
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73301-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira /*

Jaime Arbués Carneiro

Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*

Capa: Chaile Cherne Soares Evangelista

Editoração eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza /*

Jaime Arbués Carneiro

1ª edição

1ª impressão (2002): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Cerrados.

O48i Oliveira-Filho, Eduardo Cyrino de

Impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado/ Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho, Jorge Enoch Furquim Werneck Lima. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2002.

50 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n.56)

1. Recursos hídricos. 2. Cerrado. 3. Água - contaminação. 4. Impactos Ambientais. I. Lima, Jorge Enoch Furquim Werneck. II. Título. III. Série.

333.91 - CDD 21

© Embrapa 2002

Autores

Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

Biól., M.Sc., Embrapa Cerrados

cyrino@cpac.embrapa.br

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Eng. Agric., M.Sc., Embrapa Cerrados

jorge@cpac.embrapa.br

Apresentação

Tendo em vista a grande preocupação existente nos dias de hoje acerca da qualidade da água que o ser humano pode dispor para sua sobrevivência, nesse texto, procurou-se valorizar ainda mais a importância das boas práticas agrícolas na preservação dos recursos hídricos.

Trata-se de uma revisão bibliográfica sobre as principais culturas e insumos agrícolas utilizados no Cerrado brasileiro, abordando questões técnicas que subsidiam a avaliação dos riscos de contaminação das águas que esses podem representar.

Nesse contexto, foi realizada uma compilação de informações sobre as substâncias químicas utilizadas, incluindo características ambientais e toxicológicas, de modo a esclarecer sobre o potencial de periculosidade e a capacidade que cada uma dessas substâncias possui para atingir os recursos hídricos. Destaca-se ainda parte da legislação brasileira sobre a classificação das águas que têm grande relevância para o entendimento dos dados apresentados no transcrito da leitura.

O objetivo deste trabalho foi subsidiar a sociedade e os órgãos de pesquisa, com informações sobre características ambientais e toxicológicas dos principais produtos químicos utilizados na agricultura da Região do Cerrado.

Carlos Magno Campos da Rocha
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
Desenvolvimento	17
Considerações sobre erosão do solo na região do Cerrado	17
Identificação das culturas mais importantes da Região	18
Identificação e definição do quantitativo aproximado dos principais corretivos utilizados	18
Identificação e definição do quantitativo aproximado dos principais agrotóxicos utilizados	18
<i>Avaliação individualizada e definição dos principais agrotóxicos utilizados</i>	18
Análise dos Dados	20
Erosão do solo	20
Culturas mais importantes da Região	21
Principais corretivos agrícolas utilizados	22
<i>Problemas inerentes aos macronutrientes</i>	24
<i>Problemas inerentes aos micronutrientes</i>	26
Principais agrotóxicos utilizados	28
<i>Avaliação individualizada dos principais agrotóxicos utilizados</i>	34
Considerações Finais	43
Referências Bibliográficas	45
Abstract	50

Potencial de Impacto da Agricultura sobre os Recursos Hídricos na Região do Cerrado

Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Introdução

O Cerrado é uma região muito diferenciada, pois associa grande biodiversidade a uma aparência árida decorrente, em parte, de solos pobres e ácidos e da ocorrência de apenas duas estações climáticas: uma seca e outra chuvosa. O relevo, predominantemente plano, facilita o uso de máquinas agrícolas que desmatam rapidamente grandes extensões de área natural. É uma região que abriga vasta diversidade de espécies e importantes bacias hidrográficas, motivo pelo qual sua rápida ocupação torna-se preocupante, podendo gerar impactos ambientais irreversíveis ([WWF-Brasil, 2000](#)).

Alguns entusiastas, entre eles o próprio governo brasileiro, acreditam que o Cerrado seja o grande celeiro do mundo e alardeiam a possibilidade de abertura de novas áreas para a cultura de grãos, enfatizando a área não plantada que ainda resta. Dentro desse contexto, a formação de políticas de conservação, via identificação de áreas prioritárias para a conservação ou via incentivo ao desenvolvimento sustentável e recuperação de áreas degradadas deve ser precedida da compreensão das raízes da devastação.

Por localizar-se numa região central que faz fronteira com a Floresta Amazônica, o Pantanal Mato-Grossense, a Mata Atlântica e a Caatinga ([Figura 1](#)), o Cerrado apresenta grande diversidade de espécies endêmicas, compartilhadas com os outros biomas. As principais ameaças à biodiversidade do Cerrado estão relacionadas a três atividades econômicas: a monocultura intensiva de grãos, principalmente, a soja, com seus insumos; os investimentos

em infra-estrutura (hidrovias, rodovias e ferrovias); e a pecuária extensiva de baixa tecnologia. Os principais tipos de pressão sobre a fauna e a flora do Cerrado referem-se à conversão de áreas naturais em agroecossistemas e à ampliação da área de influência urbana. Numa escala mais localizada, ressaltam-se a construção de usinas hidrelétricas e a exploração mineral, além da caça e da pesca comerciais.

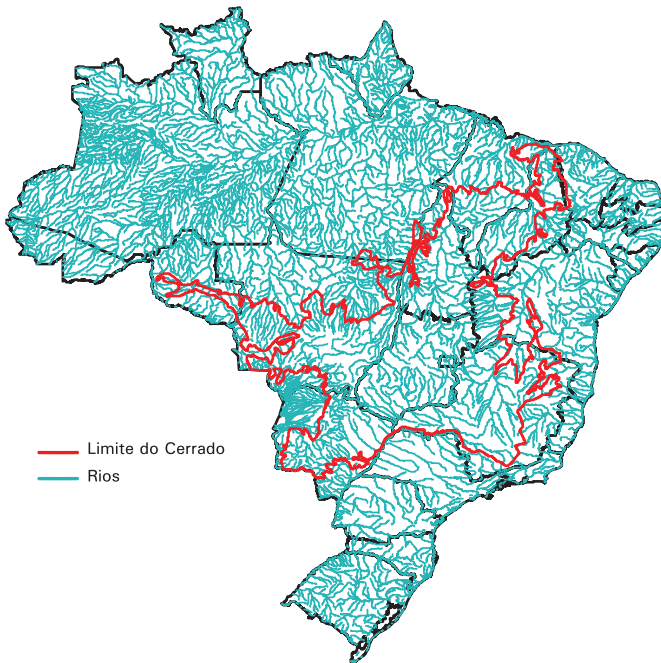


Figura 1. Limites da área contínua do Cerrado brasileiro.

Do ponto de vista hidrológico, o Cerrado destaca-se no cenário nacional, contribuindo para o incremento da produção hídrica de seis das oito grandes bacias hidrográficas brasileiras (Amazônica, Araguaia-Tocantins, Paraná-Paraguai, São Francisco, Atlântico Norte-Nordeste e Atlântico Leste) ([Lima & Silva, 2002](#)).

Na Região do Cerrado, os solos, em sua maioria, são profundos, com predominância de latossolos em 46% da área. Em condições naturais, esses latossolos apresentam baixa fertilidade, acidez elevada e altos teores de alumínio, necessitando de aplicações de corretivos como calcário e fertilizantes

para atingirem produtividade satisfatória ([Silva et al., 2001](#)). Além disso, o rápido desenvolvimento da agricultura, nessa região, gerou grande aumento no consumo de agrotóxicos no Brasil ([Racke et al., 1997](#)).

Segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente ([Brasil, 1986a](#)), considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

as atividades sociais e econômicas;

a biota;

as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

a qualidade dos recursos ambientais.

O impacto das atividades agrícolas sobre os recursos hídricos pode ser determinado por meio de avaliações na qualidade da água.

A qualidade da água pode ser influenciada ou impactada por várias fontes, contudo, existem atividades típicas da agricultura que podem, direta ou indiretamente, ocasionar tais alterações nos padrões de qualidade do corpo hídrico.

Nesse contexto, as águas podem ser classificadas, segundo seus padrões de qualidade, mediante a determinação de critérios numéricos ou qualitativos para os parâmetros que representam a preservação do corpo hídrico. Dentre esses critérios, destacam-se:

- a) O **Índice de Qualidade das Águas (IQA)** que vem sendo utilizado desde 1974 pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) e foi adaptado do índice desenvolvido pela "National Sanitation Foundation" em 1970 nos Estados Unidos. O IQA baseia-se em nove parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias a 20° C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez os quais são ponderados e por meio de uma fórmula matemática geram um índice numérico entre 1 e 100, enquadrando a água em classes de qualidade ([Tabela 1](#)). Embora não

mencione alguns parâmetros importantes relacionados às atividades agrícolas, como por exemplo, a presença de agrotóxicos, o IQA vem sendo utilizado no Brasil como um índice geral de qualidade das águas em corpos hídricos, principalmente, por ser simples, conciso e de rápida obtenção.

Tabela 1. Classificação da qualidade das águas conforme o IQA obtido.

Ótima	80 a 100
Boa	52 a 79
Aceitável	37 a 51
Ruim	20 a 36
Péssima	0 a 19

Fonte: www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios_monitoramento.htm

- b) **CONAMA 20** - A resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente ([Brasil, 1986b](#)), estabelece a classificação das águas em todo o território nacional de acordo com seus usos preponderantes e normatiza, além de parâmetros físico-químicos e biológicos (coliformes fecais), os teores máximos de substâncias químicas potencialmente perigosas, incluindo vários metais e agrotóxicos (Tabela 2).

Tabela 2. Padrões de água doce das Classes 1 e 2 de acordo com a Resolução CONAMA Nº 20/86.

Parâmetro	Teor máximo
Alumínio	0,1 mg/L Al
Amônia não ionizável	0,02 mg/L NH ₃
Arsênio	0,05 mg/L As
Bário	1,0 mg/L Ba
Berílio	0,1 mg/L Be
Boro	0,75 mg/L B
Benzeno	0,01 mg/L
Benzo-a-pireno	0,00001 mg/L
Cádmio	0,001 mg/L Cd
Cianetos	0,01 mg/L CN

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Parâmetro	Teor máximo
Chumbo	0,03 mg/L Pb
Cloretos	250 mg/L Cl
Cloro residual	0,01 mg/L Cl
Cobalto	0,2 mg/L Co
Cobre	0,02 mg/L Cu
Cromo trivalente	0,5 mg/L Cr
Cromo hexavalente	0,05 mg/L Cr
1,1 dicloroetano	0,0003 mg/L
1,2 dicloroetano	0,01 mg/L
Estanho	2,0 mg/L Sn
Índice de fenóis	0,001 mg/L C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel	0,3 mg/L Fe
Floretos	1,4 mg/L F
Fosfato total	0,025 mg/L P
Lítio	2,5 mg/L Li
Manganês	0,1 mg/L Mn
Mercúrio	0,0002 mg/L Hg
Níquel	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Prata	0,01mg/L Ag
Pentaclorofenol	0,01 mg/L
Selênio	0,01mg/L Se
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
Substâncias tenso-ativas	0,5 mg/L LAS
Sulfatos	250 mg/L SO ₄
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Tricloroetano	0,03 mg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
2, 4, 6 triclorofenol	0,01 mg/L
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio	0,1 mg/L V
Zinco	0,18 mg/L Zn
Aldrin	0,01 mg/L
Clordano	0,04 µg/L

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Parâmetro	Teor máximo
DDT	0,002 µg/L
Dieldrin	0,005 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan	0,056 µg/L
Epóxido de Heptacloro	0,01 µg/L
Heptacloro	0,01 µg/L
Lindano (gama.BHC)	0,02 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Dodecacloro + Nonacloro	0,001 µg/L
Bifenilas Policloradas PCB'S	0,001 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
Demeton	0,1 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Compostos organofosforados e carbamatos totais	10,0 µg/L em Paration
2,4 - D	4,0 µg/L
2,4,5 - TP	10,0 µg/L
2,4,5 - T	2,0 µg/L

Fonte: Resolução CONAMA nº 20/86 ([Brasil, 1986b](#)).

Segundo a Resolução CONAMA nº 20/86, as águas das Classes 1 e 2 são enquadradas pelos mesmos limites apresentados na Tabela 2 por terem basicamente as mesmas finalidades:

- o abastecimento doméstico – depois do tratamento simplificado (1),
– depois do tratamento convencional (2);
- a proteção das comunidades aquáticas (1 e 2);
- a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) (1 e 2);

- a irrigação – de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película (1),
– de hortaliças e de plantas frutíferas (2);
- a criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana (1 e 2).
- **Portaria 1.469/2000** - A Portaria Nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde ([Brasil, 2001](#)), estabelece padrões de qualidade da água para consumo humano, definindo o Valor Máximo Permitido (VMP) para parâmetros físico-químicos, biológicos (coliformes) e substâncias químicas, incluindo inorgânicas, orgânicas e agrotóxicos (Tabela 3).

Tabela 3. Valores máximos permitidos (VMP) de substâncias químicas na água para consumo humano.

Inorgânicas	
Parâmetro	VMP
Antimônio	0,005 mg/L
Arsênio	0,01 mg/L
Bário	0,7 mg/L
Cádmio	0,005 mg/L
Cianeto	0,07 mg/L
Chumbo	0,01 mg/L
Cobre	2 mg/L
Cromo	0,05 mg/L
Fluoreto	1,5 mg/L
Mercúrio	0,001 mg/L
Nitrato (como N)	10 mg/L
Nitrito (como N)	1 mg/L
Selênio	0,01 mg/L
Acrilamida	0,5 µg/L
Benzeno	5 µg/L
Benzo[a]pireno	0,7 µg/L
Cloreto de vinila	5 µg/L
1,2 Dicloroetano	10 µg/L
1,1 Dicloroetano	30µg/L
Diclorometano	20 µg/L
Estireno	20 µg/L

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Inorgânicas	
Parâmetro	VMP
Tetracloroeto de carbono	2 µg/L
Tetracloroeteno	40 µg/L
Triclorobenzenos	20 µg/L
Tricloroeteno	70 µg/L
Agrotóxicos	
Parâmetro	VMP
Alaclor	20 µg/L
Aldrin e Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Bentazona	300 µg/L
Clordano (isômeros)	0,2 µg/L
2,4 D	30 µg/L
DDT (isômeros)	2 µg/L
Endossulfan	20 µg/L
Endrin	0,6 µg/L
Glifosato	500 µg/L
Heptacloro e Heptacloro epóxido	0,03 µg/L
Hexaclorobenzeno	1 µg/L
Lindano (g-BHC)	2 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	20 µg/L
Molinato	6 µg/L
Pendimentalina	20 µg/L
Pentaclorofenol	9 µg/L
Permetrina	20 µg/L
Propanil	20 µg/L
Simazina	2 µg/L
Trifluralina	20 µg/L

Fonte: Portaria Nº 1.469/00 ([Brasil, 2001](#)).

Tanto na resolução CONAMA nº 20/86 quanto na Portaria nº 1.469/00 observa-se a grande preocupação com o uso das substâncias químicas, contudo, o objetivo dessa Portaria é oferecer segurança à população humana e, na resolução CONAMA nº 20/86, o objetivo é bem mais amplo.

Entre os parâmetros descritos nas [Tabelas 2](#) e [3](#), encontram-se substâncias químicas que são nitidamente causadas por atividades agrícolas. A presença de parâmetros tais como nitratos, fosfatos e agrotóxicos indica que existe uma potencial influência das atividades agrícolas sobre a qualidade da água.

Desse modo, esta revisão tem como objetivo geral qualificar, entre os inúmeros parâmetros indicativos de qualidade da água descritos, aqueles mais relacionados com as atividades agrícolas da Região do Cerrado, de forma a contribuir para futuros projetos ou propostas de monitoramento da qualidade da água na região. Nesse sentido, delimitou-se como principais atividades impactantes a erosão do solo e a utilização de produtos químicos (agrotóxicos e corretivos agrícolas), com vistas a se identificar as fontes potenciais de contaminação dos recursos hídricos na região.

Para alcançar esse objetivo, foram delimitados os seguintes objetivos específicos:

- Levantar informações sobre a erosão do solo na região.
- Identificar as culturas/lavouras mais importantes, no que se refere à área plantada/colhida, da Região do Cerrado brasileiro;
- Identificar e definir o quantitativo aproximado dos principais adubos e fertilizantes utilizados nas culturas/lavouras mais importantes da Região do Cerrado.
- Identificar e definir o quantitativo aproximado dos principais agrotóxicos utilizados nas culturas/lavouras mais importantes da Região do Cerrado.
- Avaliar individualmente os principais agrotóxicos utilizados, tendo em vista suas características ambientais, a fim de se conhecer o potencial de contaminação relativo a cada produto.

Desenvolvimento

Considerações sobre a erosão do solo na região do Cerrado

Nesse contexto, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a questão, de modo a relevar a importância do problema da erosão do solo no transporte de substâncias químicas e partículas sólidas, provenientes do uso agrícola para os recursos hídricos da região.

Identificação das culturas mais importantes da Região

A identificação das culturas mais importantes da Região do Cerrado foi feita utilizando-se o Banco de Dados AGROTEC da Embrapa que se fundamenta numa compilação de informações do Banco de Dados Agregados do IBGE/2000.

A busca foi realizada por cultura/lavoura, tendo em vista a área plantada para culturas/lavouras temporárias e a área colhida para culturas/lavouras permanentes.

O Banco de Dados AGROTEC faz a busca diretamente na Região do Cerrado, adotando como critério, a limitação da área para os municípios que têm 50% ou mais de seu território nessa região, de acordo com definição estabelecida pela Embrapa Cerrados ([Garagorry & Rego, 1997](#)).

Identificação e definição do quantitativo aproximado dos principais corretivos utilizados

Para a identificação e a definição quantitativa aproximada dos principais corretivos agrícolas, utilizados na Região do Cerrado, realizou-se um levantamento bibliográfico da documentação disponível sobre o assunto, na biblioteca da Embrapa Cerrados. Nesse contexto, levou-se em conta, principalmente, o material referente às quatro principais culturas/lavouras da região.

Identificação e definição do quantitativo aproximado dos principais agrotóxicos utilizados

Na identificação e na definição quantitativa, aproximada, dos agrotóxicos foram utilizadas fontes bibliográficas disponíveis na biblioteca da Embrapa Cerrados relacionadas aos sistemas de produção das quatro culturas/lavouras mais importantes da Região do Cerrado. Além disso, foi utilizado o Banco de Dados AGROFIT do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ([AGROFIT, 2002](#)) para confirmar a existência de registro para os produtos indicados.

Avaliação individualizada e definição dos principais agrotóxicos utilizados

Na avaliação individualizada e na definição dos principais agrotóxicos, tendo em vista a multiplicidade de produtos químicos utilizados como agrotóxicos, levou-se em conta, para definir os principais produtos, os parâmetros “quantidade utilizada” e “mobilidade no solo”, visto que esses são quesitos de grande importância na definição das prioridades de investigação. Além disso, foram agregados alguns dados toxicológicos básicos para valorizar ainda mais a escolha.

Para a determinação desses parâmetros, foram utilizadas as informações disponíveis em bases de dados internacionais, consultadas via internet, e fontes bibliográficas disponíveis.

A determinação da mobilidade no solo é bastante complexa, envolvendo vários fatores tais como:

a. Fatores intrínsecos da substância:

- Solubilidade em água - quantidade da substância que se dissolve na água;
- Meia-vida no solo (persistência) - período de tempo em que metade da quantidade do produto se degrada no solo; e
- Adsorção no solo - determinado pelo coeficiente de adsorção (Koc), reflete a afinidade do produto para se ligar a partículas no solo;

b. Fatores ambientais:

- Precipitação;
- Topografia;
- Textura do solo; e
- Teor de matéria orgânica, entre outros.

De acordo com o critério elaborado por [Deubert \(1990\)](#) para substâncias químicas utilizadas no solo, o potencial de mobilidade pode ser definido pela combinação dos seguintes fatores:

A quantidade de produto utilizada passa a ser significativamente alta a partir de 2 kg/ha.

As substâncias com solubilidade em água > 30 mg/L podem ser consideradas móveis em solo arenoso quando sua persistência é alta e a adsorção baixa.

A persistência é evidenciada pela meia-vida. Desse modo, substâncias com meia-vida maior que três meses são consideradas persistentes, e aquelas com meia-vida menor que um mês são consideradas não persistentes.

A adsorção, em geral, é definida pelo coeficiente de adsorção (Koc), onde o Koc menor que 500 é considerado baixo.

Assim sendo, a seleção dos produtos foi parcialmente fundamentada no modelo de [Deubert \(1990\)](#), levando-se em conta prioritariamente a quantidade de produto utilizada e, em seguida, suas propriedades intrínsecas tais como: solubilidade, meia-vida e adsorção no solo (Koc).

Análise dos Dados

Erosão do solo

A erosão ocorre pela ação da água ou do vento sobre o solo descoberto. Trata-se de um processo natural que acontece mesmo sem a intervenção do homem. Todavia, muitas práticas agrícolas podem contribuir para aumentar o potencial erosivo do solo ([Laegreid, 1999](#)).

Segundo [Laegreid \(1999\)](#) os principais problemas causados pela erosão são:

- Remoção da parte mais produtiva do solo;
- Redução da camada superficial do solo, restringindo a profundidade das raízes;
- Diminuição da infiltração de água, facilitando o escoamento superficial;
- Obstrução de sistemas de irrigação, canais e reservatórios por material erodido;
- Deposição de sedimentos carreados diminuindo a capacidade dos reservatórios (assoreamento);
- Ocorrência de danos aos ecossistemas aquáticos por causa da deposição de sedimentos sobre áreas de procriação de peixes;
- Eutrofização causada pelo enriquecimento dos corpos hídricos com fósforo (P) e nitrogênio (N).

Segundo [Dedecek \(1986\)](#), o potencial erosivo é composto de fatores erodentes não passíveis de serem modificados ou de difícil controle pelo homem, tais como: precipitação, solo, declividade e comprimento do declive. Considerando-se a exploração agrícola, a maior parte das chuvas ocorre durante o ciclo de culturas como milho, soja e arroz, e o mês em que o processo erosivo é mais

evidente coincide com o máximo desenvolvimento da cobertura vegetal nesses cultivos. Em condições naturais, os latossolos predominantes no Cerrado são considerados resistentes à erosão, no entanto, a retirada da vegetação natural para cultivos contínuos e intensivos altera bastante essas condições. A facilidade do uso de máquinas agrícolas por causa do relevo predominantemente plano e o longo período seco levam os agricultores a desconsiderar o teor de umidade do solo por ocasião do seu preparo. A exposição do solo ao impacto direto das chuvas aumenta o selamento superficial, o que diminui a infiltração e, conseqüentemente, a quantidade de água no solo. As áreas declivosas são outra característica importante e, nessa, os declives são longos, raramente inferiores a 500 metros. O desmatamento de grandes áreas principalmente nas chapadas, muito sujeitas à ação dos ventos, pode acarretar problemas sérios de erosão eólica no período seco e acentuar o efeito dos veranicos na época chuvosa. Todas essas observações permitem concluir que a cobertura do solo é fator primordial no controle da erosão.

Culturas mais importantes da Região

Nas Tabelas 4 e 5, são apresentadas as principais culturas/lavouras, por ordem decrescente de área plantada ou colhida/hectare e o percentual de representatividade em relação às áreas plantadas ou colhidas no Brasil.

Tabela 4. Principais culturas temporárias da Região do Cerrado por área plantada em hectares e o percentual de representação no Brasil (Ano 2000).

Cultura	Área plantada	Porcentagem nacional
Soja (em grão)	6.391.013	46,67
Milho (em grão)	2.962.508	23,42
Arroz (em casca)	1.218.850	32,90
Feijão (em grão)	626.548	14,11
Cana-de-açúcar	492.413	10,09
Algodão herbáceo (em caroço)	449.542	55,37
Sorgo granífero (em grão)	407.766	72,67
Mandioca	192.173	11,07
Trigo (em grão)	61.237	3,99

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Cultura	Área plantada	Porcentagem nacional
Abacaxi	22.839	36,27
Tomate	18.343	32,26
Mamona (baga)	18.328	8,55
Melancia	13.278	16,39
Batata-inglesa	10.936	7,18
Aveia (em grão)	6.202	2,69
Alho	3.219	24,26

Fonte: Segundo dados do IBGE/2000 e compilados no banco de dados AGROTEC da Embrapa ([Garagorry & Rego, 1997](#); [Chaib Filho et al., 2002](#); [Garagorry et al., 2002](#)).

Tabela 5. Principais culturas permanentes da Região do Cerrado por área colhida em hectares e o percentual de representação no Brasil (Ano 2000).

Cultura	Área plantada	Porcentagem nacional
Café (em coco)	411.624	18,15
Banana	60.598	11,55
Laranja	40.491	4,73
Borracha (látex coagulado)	18.300	19,37
Manga	8.333	12,33
Maracujá	5.236	15,66
Coco-da-baía	2.222	0,84
Palmito	1.145	31,38

Fonte: Segundo dados do IBGE/2000 e compilados no banco de dados AGROTEC da Embrapa ([Garagorry & Rego, 1997](#); [Chaib Filho et al., 2002](#); [Garagorry et al., 2002](#)).

Principais corretivos agrícolas utilizados

De modo geral, as plantas necessitam de nutrientes que, se faltarem no solo, devem ser adicionados via adubações química e orgânica.

A análise de solo é prática essencial quando se pretende conduzir a cultura com boa tecnologia, pois permite conhecer a situação prévia do solo quanto à fertilidade, à acidez, à presença de alumínio e à disponibilidade de nutrientes.

Com base nessa análise, é possível estabelecer as necessidades de correção ([Fageria, 1998](#)).

Segundo [Goedert et al. \(1987\)](#), é bastante conhecida a condição de deficiência nutricional na maioria dos solos da Região do Cerrado, além disso, eles são ácidos e apresentam alta saturação de alumínio, o que pode gerar toxicidade para as plantas. Uma alternativa para minimizar esse problema é a correção da acidez pela calagem. O termo calagem refere-se à prática que visa a diminuir a acidez do solo, aumentar o cálcio e o magnésio e neutralizar o alumínio, em geral, pela aplicação do calcário no solo.

As recomendações de adubação compreendem a determinação de níveis adequados, métodos, formas e épocas apropriadas de aplicação de nutrientes que não estão presentes no solo em níveis adequados. Em geral, a adubação é realizada em duas etapas: a corretiva e a de manutenção ([Fageria, 1998](#)).

A adubação corretiva é praticada quando a fertilidade natural do solo é baixa com vistas a elevar esse nível, criando condições favoráveis à nutrição e ao desenvolvimento radicular para todas as culturas subsequentes. A adubação de manutenção visa a repor, no solo, os nutrientes extraídos da lavoura pela cultura e perdidos por erosão, lixiviação, vaporização etc. ([Goedert et al., 1987](#)).

De acordo com [Silva et al. \(2001\)](#), os nutrientes essenciais são classificados em macronutrientes (absorvidos em maior quantidade pelas plantas) e micronutrientes (absorvidos em menor quantidade pelas plantas).

- Macronutrientes: nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).
- Micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Na [Tabela 6](#), observam-se os teores de macronutrientes em alguns dos principais fertilizantes e corretivos encontrados no comércio e em esterco de gado e de galinha.

Tabela 6. Teores de macronutrientes em alguns dos principais fertilizantes e corretivos encontrados no comércio e em esterco de gado e de galinha.

Adubos	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)
Nitrogenados						
Uréia	44	-	-	-	-	-
Sulfato de amônio	20	-	-	23	-	-
Nitrato de amônio	32	-	-	-	-	-
Nitrocálcio	20	-	-	-	2-8	1-5
Fosfatados						
Superfosfato simples	-	18	-	11	18	20
Superfosfato triplo	-	41	-	-	-	-
Potássicos						
Cloreto de potássio	-	-	58	-	-	-
Sulfato de potássio	-	-	48	16	-	-
Sulfato de cálcio (inclui fosfogesso)	-	-	-	13	16	-
Enxofre, Cálcio e Magnésio						
Enxofre elementar	-	-	-	95	-	-
Calcário calcítico	-	-	-	-	29-32	0,6-3
Calcário magnesiano	-	-	-	-	22-28	3,1-7,2
Calcário dolomítico	-	-	-	-	18-21	7,3-12
Estercos						
Gado	1,5	0,8	1,0	0,2	1,2	0,3
Galinha	3,0	3,5	2,0	0,4	3,0	0,7

Fonte: [Silva et al., 2001](#).

Problemas inerentes aos macronutrientes

Considerado como o elemento nutriente mais importante, o nitrogênio pode ser problema devido a sua facilidade de lixiviação que se dá, principalmente, na forma de nitrato (NO₃⁻), íon que, por causa de carga negativa, é pouco retido pelo solo. Embora haja ampla evidência de que o NO₃⁻ está se acumulando nas águas subterrâneas, a contribuição dos fertilizantes ainda não está bem definida, em virtude das desconhecidas perdas por desnitrificação, quando se faz o balanço de N no solo. No entanto, sabe-se que a lixiviação do nitrato está positivamente correlacionada com a quantidade de N aplicada e do volume de água drenada ([Berton, 1992](#)).

O fósforo está presente, sobretudo, nas descargas de esgoto e nas águas provenientes do escoamento superficial de terras cultivadas. Esse elemento torna-se perigoso por ser o nutriente mais importante para o processo de eutrofização do corpo hídrico, ou seja, o enriquecimento de nutrientes minerais e orgânicos que pode promover crescimento excessivo de algas e de plantas aquáticas, causar a desoxigenação da água levando a morte aos peixes, bem como trazendo prejuízos de ordem econômica em razão do entupimento de captações e conseqüente paralisação de atividades como a geração de energia hidrelétrica e a irrigação.

Devido à imobilidade do fósforo (P) no solo, a adubação fosfatada representa pouca ou nenhuma ameaça para a qualidade das águas subterrâneas, mesmo quando aplicadas em grandes quantidades de fósforo, na forma de adubo, lodo de esgoto ou esterco. Pesquisadores têm demonstrado que o fósforo do adubo concentra-se na camada arável do solo, não se movendo mais do que 10 cm depois da aplicação. Assim, a maioria do fósforo perdido nos solos agrícolas se dá pelo escoamento superficial em que o transporte de argila e da matéria orgânica resulta num sedimento rico em fosfato. A adubação fosfatada aumenta a quantidade de P no sedimento e, por conseguinte, a porcentagem de P disponível às algas. Em vista disso, a melhor maneira de se controlar a eutrofização dos rios e lagos com esse nutriente é o controle da erosão ([Berton, 1992](#)).

Segundo [Laegreid \(1999\)](#), o potássio (K) é um elemento comum, constituindo cerca de 2,3% da crosta terrestre. A principal preocupação ambiental com o potássio é a perda de produtividade do solo por causa da manutenção inadequada desse elemento nos solos agrícolas. O desequilíbrio entre as quantidades de K e N no solo é motivo de inquietação, uma vez que pode ocasionar estagnação em muitas regiões. Além disso, outros motivos relevantes são:

1. As deficiências de K podem restringir a utilização do N por determinada cultura, gerando aumento no potencial para lixiviação de nitrato;
2. A ausência de K pode aumentar a susceptibilidade de uma cultura a doenças, levando à maior necessidade da aplicação de agrotóxicos.

Problemas inerentes aos micronutrientes

Quanto aos micronutrientes e metais pesados, as principais fontes são o lodo de esgoto, resíduos de indústrias, compostos de lixo urbano, fertilizantes minerais, agrotóxicos, esterco, gases de exaustão de carros, emanações de indústrias e minerações.

Os metais presentes nos fertilizantes são derivados principalmente das rochas fosfatadas e do calcário dos quais são extraídos. Na Tabela 7, mostram-se as faixas de concentrações típicas de metais pesados em fertilizantes fosfatados e em calcários.

Tabela 7. Faixas de concentrações típicas (mg/L) de metais pesados em fertilizantes fosfatados e calcários.

Fertilizantes	Cádmio	Chumbo	Níquel	Cobre	Zinco
Fosfatados	0,1 - 170	7 - 225	7 - 30	1 - 300	50 - 1450
Calcários	0,04 - 0,1	20 - 1250	10 - 20	5 - 125	10 - 450

Fonte: [Berton, 1992](#).

Alguns desses elementos são benéficos, enquanto outros, desnecessários e até perigosos. De modo geral, a concentração desses elementos é que pode tornar-se causa de preocupação.

Segundo [Laegreid et al. \(1999\)](#), as principais preocupações originadas da presença dos elementos perigosos são:

- Acumulação no solo e a possibilidade de efeitos em longo prazo sobre a qualidade e a produção;
- Assimilação pela planta e presença do elemento nas dietas animais e humanas;
- Possibilidade de danos aos processos microbiológicos no solo, causado por elementos individuais ou por suas combinações;
- Possibilidade de exposição direta.

Em estudos realizados com rochas fosfatadas, verifica-se que, principalmente, a presença do cádmio e de alguns elementos radioativos são preocupantes,

devido às altas concentrações quando comparada às concentrações médias no solo ([Laegreid et al., 1999](#)).

O cádmio é tóxico para o homem e para os organismos aquáticos e sua meia-vida biológica é de trinta anos, o que o caracteriza com um elemento persistente. Além disso, é pouco móvel no solo e sua disponibilidade para as plantas é, em geral, mais dependente do pH do solo e da sua concentração. Vários autores têm demonstrado que, conforme o pH do solo aumenta, a concentração de cádmio nos tecidos vegetais diminui. Analisando esses resultados, verifica-se que um dos meios mais efetivos para minimizar a absorção desse metal pelas culturas é o aumento do pH do solo, via calagem ([Berton, 1992](#)). De modo geral, em vários países, há limitação da quantidade de cádmio nos fertilizantes fosfatados ([Laegreid et al., 1999](#)).

Na Tabela 8, destacam-se as quantidades aproximadas dos principais nutrientes recomendados para as quatro culturas mais importantes da Região do Cerrado.

Tabela 8. Principais nutrientes recomendados (kg/ha) para as quatro culturas mais importantes da Região do Cerrado.

Nutrientes	Culturas			
	Soja ^{1, 6}	Milho ^{2, 6}	Arroz ^{3, 4, 6}	Feijão ^{5, 6}
N	20 a 50	20 a 100	20 a 60	0 a 20
P ₂ O ₅	20 a 120	30 a 90	20 a 80	0 a 90
K ₂ O	0 a 80	0 a 60	20 a 60	0 a 100
S	15*	20	20	20 a 30
Mo	0,012 a 0,03	-	-	-
Mn	1,5 a 5,0	-	-	-
Co	-	-	-	-
Zn	0,002 a 0,003	-	3	3
B	-	-	-	1

* Para a soja, são utilizados 15 kg de enxofre para cada tonelada de grãos esperada.

Fontes: ¹ [Embrapa Soja, 2001](#);

² [Dourado-Neto & Fancelli, 2000b](#);

³ [Vieira et al., 1999](#);

⁴ [Embrapa Serviço de Produção de Informação, 1992](#);

⁵ [Dourado-Neto & Fancelli, 2000a](#);

⁶ [Fahl et al., 1998](#).

As variações observadas são função das necessidades de cada solo e das metas de produtividade a serem atingidas.

Principais agrotóxicos utilizados

Os agrotóxicos ocupam uma posição peculiar entre as muitas substâncias químicas sintetizadas pelo homem. Eles se destacam por serem substâncias intencionalmente biocidas, isto é, terem como propósito repelir ou matar alguma forma de vida indesejável, considerada peste ou praga. De acordo com o organismo alvo da ação biocida, os agrotóxicos podem ser subdivididos em inseticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, rodenticidas, moluscicidas e assim por diante.

Da mesma maneira que os adubos, os agrotóxicos podem contaminar os solos e os ambientes hídricos, dependendo de suas propriedades intrínsecas, das características do próprio solo ou mesmo do método de aplicação e das quantidades de produto utilizadas. Desse modo, na avaliação dos riscos para o meio ambiente, devem ser realizados estudos sobre o destino e a persistência do agrotóxico e seus produtos de degradação, a hidro e a lipossolubilidade, a adsorção no solo, os processos de degradação biótica e abiótica, a bioacumulação e, também, a investigação da toxicidade para organismos do solo e da água ([Menzer et al., 1994](#)).

Os ambientes aquáticos podem ser atingidos por agrotóxicos de diferentes maneiras:

- Pela aplicação direta do produto sobre os cursos d'água, visando ao controle de plantas aquáticas (macrófitas), algas ou moluscos vetores de doenças.
- Pelo processo de deriva, resultante da aplicação de produtos na lavoura.
- Pelo transporte via infiltração no solo até as águas subterrâneas; ou
- Pelo escoamento superficial.

Além disso, alguns autores demonstraram a presença de agrotóxicos na água da chuva, principalmente, em alguns países europeus ([Huskes & Levsen, 1997](#); [Hamers et al., 2001](#); [Van Maanen et al., 2001](#)) e, mais recentemente, na Região do Pantanal Mato-Grossense ([Laabs et al., 2002](#)).

Dependendo do produto a atingir os recursos hídricos, várias podem ser as conseqüências observadas, tais como:

- Toxicidade para organismos aquáticos, prejudicando a cadeia alimentar e reduzindo a biodiversidade local.
- Acumulação no sedimento ou nos organismos aquáticos, levando ao processo de magnificação biológica e contaminando fontes alimentares da população humana.
- Contaminação direta da população humana pelo consumo de água.
- Toxicidade para culturas irrigadas com água contaminada.
- Acumulação em culturas irrigadas com água contaminada.

A toxicidade é uma propriedade intrínseca, peculiar a cada substância química, para produzir efeitos prejudiciais a determinado sistema biológico, quando esse é exposto durante certo período de tempo a determinadas doses ou concentrações. A toxicidade pode se expressar por meio de efeitos agudos, observados em curto período depois da exposição ou crônicos, constatados após longo tempo de exposição.

Para fins de estudo sobre os efeitos tóxicos agudos, utiliza-se a DL50, dose letal para 50% da população exposta ou a CL50, concentração letal para 50% da população exposta. A utilização dos termos DL ou CL depende do tipo de estudo e do ambiente no qual ocorre a exposição.

Os efeitos crônicos são derivados de exposições prolongadas e, portanto, mais difíceis de se determinar. Vários agrotóxicos, atualmente, em uso, são considerados problemáticos em relação aos efeitos crônicos. Esses efeitos, em geral, são observados em estudos com animais de laboratório e, com base neles, são determinados os limites máximos permitidos, estabelecidos pelos órgãos reguladores, como apresentado nas [Tabelas 2](#) e [3](#).

Assim sendo, seguindo as informações descritas nos sistemas de produção disponíveis na literatura para as quatro culturas mais importantes da Região do Cerrado ([Tabela 4](#)), destacam-se os seguintes agrotóxicos com as respectivas quantidades aproximadas de uso ([Tabelas 9](#), [10](#), [11](#) e [12](#)).

Tabela 9. Principais agrotóxicos utilizados para a cultura da Soja, na Região do Cerrado brasileiro, e as respectivas quantidades aproximadas de uso.

Classificação agronômica	Ingrediente ativo	Quantidade aproximada kg/ha ou L/ha
Herbicidas	2,4 D	0,6 a 1,1
	Alaclor	2,4 a 3,4
	Cianazina	1,3 a 1,5
	Glifosate	0,5 a 1,0
	Linuron	0,7 a 1,5
	Metolaclor	1,9 a 3,4
	Paraquat	0,2 a 0,6
	Pendimetalin	0,8 a 1,5
	Trifluralina	0,5 a 2,4
Inseticidas	Carbaril	0,2 a 0,8
	Clorpirifós	0,5
	Endosulfan	0,3 a 0,5
	Fenitrotion	0,5
	Metamidofós	0,3
	Monocrotofós	0,2
	Paration metílico	0,5
	Triclorfon	0,4 a 0,8
Inseticidas	Benomil	0,3
	Carbendazim	0,3
	Enxofre	2,0
	Tebuconazole	0,1
	Tiofanato metílico	0,3 a 0,4

Fonte: [Embrapa Soja, 2001](#).

Tabela 10. Principais agrotóxicos utilizados para a cultura do Milho, na Região do Cerrado brasileiro, e as respectivas quantidades aproximadas de uso.

Classificação agrônômica	Ingrediente ativo	Quantidade aproximada kg/ha ou L/ha
Herbicidas	Acetoclor	2,0 a 4,0
	Alaclor	1,5 a 3,4
	Ametrina	1,5 a 2,0
	Atrazina	0,8 a 4,0
	Cianazina	1,2 a 2,5
	2,4 D	0,7 a 2,6
	Dimetenamid	1,2
	Diuron	0,2 a 0,3
	Glifosate	0,4 a 2,8
	Linuron	0,7 a 1,5
	Metolaclor	1,8 a 2,9
	Paraquat	0,4 a 0,6
	Pendimetalin	1,0 a 1,8
	Simazina	1,0 a 4,0
Sulfosate	0,4 a 2,8	
Trifluralina	1,8	
Inseticidas	Carbaril	1,0 a 1,5
	Carbofuran	0,7 a 1,5
	Clorpirifós	0,1 a 0,3
	Fenitrotion	0,8
	Malation	1,2
	Monocrotofós	0,2 a 0,4
	Paration metílico	0,2 a 0,4
	Terbufós	2,0
Triclorfon	0,4 a 1,0	
Fungicidas	Captan	0,1
	Thiram	0,1 a 0,2
	Tiabendazole	0,01 a 0,4

Fonte: [Dourado-Neto & Fancelli, 2000b](#).

Tabela 11. Principais agrotóxicos utilizados para a cultura do Arroz, na Região do Cerrado brasileiro, e as respectivas quantidades aproximadas de uso.

Classificação agronômica	Ingrediente ativo	Quantidade aproximada kg/ha ou L/ha
Herbicidas	2,4 D	0,1 a 1,1
	Diuron	0,2 a 0,3
	Glifosate	0,5 a 1,9
	Molinate	1,6 a 4,3
	Paraquat	0,2 a 0,6
	Pendimetalin	1,0 a 1,4
	Propanil	2,7 a 5,0
	Trifluralina	2,4
	Tiobencarb	3,0 a 4,0
Sulfosate	0,5 a 1,9	
Inseticidas	Carbaril	0,1 a 1,1
	Carbofuran	0,03 a 0,2
	Carbosulfan	0,2 a 0,3
	Fenitrotion	0,3 a 0,6
	Malation	0,5 a 0,6
	Paration metílico	0,1 a 0,2
	Tiodicarb	0,2
	Triclorfon	0,2 a 0,5
Fungicidas	Acetato de Trifenil Estanho	0,2 a 0,3
	Benomil	0,3
	Clorotalonil	1,2 a 1,5
	Hidróxido de Trifenil Estanho	0,3
	Mancozeb	1,6 a 3,6
	Tiabendazole	0,02 a 1,2
	Thiram	0,3 a 2,1
Ziram	1,5	

Fontes: [Vieira et. al., 1999](#); [Embrapa - Serviço de Produção de Informação, 1992](#).

Tabela 12. Principais agrotóxicos utilizados para a cultura do Feijão, na Região do Cerrado brasileiro, e as respectivas quantidades aproximadas de uso.

Classificação agrônômica	Ingrediente ativo	Quantidade aproximada kg/ha ou L/ha
Herbicidas	2,4 D	0,6 a 1,1
	Bentazon	0,7 a 1,0
	Diquat	0,3 a 0,6
	Glifosato	0,2 a 2,4
	Metolaclor	2,4 a 2,9
	Paraquat	0,3 a 0,6
	Pendimetalin	1,0 a 1,5
	Sulfosato	0,5 a 2,9
	Trifluralina	0,5 a 1,2
Inseticidas	Acefato	0,4 a 0,8
	Carbaril	0,9 a 1,1
	Carbofuran	0,7 a 2,0
	Clorpirifós	0,4 a 0,6
	Malation	0,5 a 1,0
	Metamidofós	0,3 a 0,8
	Monocrotofós	0,2 a 0,4
	Paration Metílico	0,2 a 0,4
	Triclorfon	0,8
Fungicidas	Acetato de Trifenil Estanho	0,1 a 0,2
	Benomil	0,3
	Carbendazim	0,3
	Clorotalonil	0,5 a 1,5
	Enxofre	0,2 a 2,0
	Hidróxido de Cobre	0,4 a 1,4
	Hidróxido de Trifenil Estanho	0,1 a 0,4
	Mancozeb	1,3 a 1,6
	Oxicloreto de cobre	0,8 a 1,4
	Oxido Cuproso	0,5
Tiofanato Metílico	0,2 a 0,5	
	Vinclozolin	0,5

Fonte: [Dourado-Neto & Fancelli, 2000a.](#)

Avaliação individualizada dos principais agrotóxicos utilizados

Tendo em vista a quantidade utilizada, as características de mobilidade no solo e a toxicidade, foram relacionados na [Tabela 13](#) os ingredientes ativos de agrotóxicos que devem ser considerados numa possível investigação a ser realizada em ambientes hídricos da Região do Cerrado brasileiro. Pelos dados obtidos, esses são os ingredientes ativos registrados que merecem especial atenção dos órgãos reguladores federais, estaduais e municipais e dos grupos de pesquisa envolvidos na questão ambiental dessa região.

Todos esses parâmetros são avaliados no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por ocasião da classificação de periculosidade ambiental de agrotóxicos para fins de registro. Na Portaria Normativa N° 84, de 15 de outubro de 1996 ([Brasil, 1996](#)), são estabelecidos os procedimentos a serem adotados junto ao IBAMA para efeito de avaliação do potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos. A classificação de periculosidade ambiental é baseada em vários parâmetros ambientais, como os comentados anteriormente, além dos toxicológicos que incluem toxicidade para organismos não-alvo e para mamíferos, gerando as seguintes categorias que estão estampadas na rotulagem dos produtos:

Classe I - Produto Altamente Perigoso

Classe II - Produto Muito Perigoso

Classe III - Produto Perigoso

Classe IV - Produto Pouco Perigoso

Assim, além de algumas características agrônomicas dos produtos escolhidos com maior potencial para contaminar os recursos hídricos da Região do Cerrado, destacam-se, ainda, na [Tabela 10](#), as características de mobilidade, a classificação ambiental e algumas informações sobre a toxicologia do ingrediente ativo. Ressalta-se que os principais critérios para a definição dos ingredientes ativos, presentes na [Tabela 13](#), foram as quantidades de produtos recomendadas para uso ([Tabelas 9](#), [10](#), [11](#) e [12](#)) e suas respectivas mobilidades no solo, fatores que caracterizam o potencial de cada substância para contaminar águas subterrâneas e superficiais.

Tabela 13. Características dos ingredientes ativos com maior potencial de contaminação de água, entre os utilizados da Região do Cerrado, de acordo com as quantidades recomendadas para uso e a mobilidade no solo.

<i>Acetoclor</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico cloroacetanilida, recomendado para milho na dosagem de 2 a 4 kg/ha	A solubilidade em água é de 233 mg/L (17). O potencial de mobilidade foi avaliado com base no valor de Koc de 165 e uma meia-vida no solo de 12 dias (10). Esse ingrediente ativo é classificado como muito perigoso para o ambiente (Classe II).	A DL50 oral para ratos varia de 1426 a 2148 mg/kg. A CL50 do produto técnico para a truta arco-íris foi de 0,45 mg/L (1).
<i>Alaclor</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico cloroacetanilida, recomendado para soja e milho na dosagem de 1,5 a 3,4 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 148 mg/L (3). A meia-vida no solo varia de 7 a 14 dias (4). O valor de Koc é 170 (2). O produto tem classificação ambiental entre II e III.	A DL50 oral para ratos varia de 2095 a 3160 mg/Kg (3). A CL50 para a truta arco-íris é de 2,4 mg/L (5)
<i>Ametrina</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico triazina, recomendado para milho na dosagem de 1,5 a 2,0 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 185 mg/L (3). A meia-vida no solo varia de 70 a 250 dias, dependendo do tipo de solo (17). Em relação à adsorção, os valores de Koc variam de 87 a 530 (8). A classificação ambiental é II (muito perigoso).	A DL50 oral para ratos é 1100 mg/kg (5). A CL50 em 96 horas para a truta arco-íris é de 8,8 mg/L(3).

Continua...

Tabela 13. Continuação.

<i>Atrazina</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico triazina, recomendado para milho na dosagem de 0,8 a 4,0 Kg/ha.	A solubilidade em água é 70 mg/L (3). Sua meia-vida no solo varia de 60 a mais de 100 dias valor de Koc é de 100 (14). O produto tem (14). O classificação ambiental variando entre II e III.	A DL50 oral para ratos é de 3090 mg/kg (4). A CL50 para a truta arco-íris variou de 4,5 a 8,8 mg/L em 96 horas de exposição (5).
<i>Carbaril</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Inseticida do grupo químico metilcarbamato de naftila, recomendado para soja, milho, arroz e feijão na dosagem de 0,1 a 1,5 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 120 mg/L (17). Sua meia-vida varia de 7 a 28 dias dependendo do tipo de solo (6). O coeficiente de adsorção tem valor de 251 (17). Esse produto está sendo reavaliado pelo IBAMA e ainda não se tem a classificação ambiental.	A DL50 oral para ratos varia de 250 a 850 mg/kg (4). A CL50 em 96 horas para o goldfish é de 28 mg/L (3).
<i>Carbofuran</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Inseticida do grupo químico metilcarbamato de benzofuranila, recomendado para milho, arroz e feijão na dosagem de 0,03 a 2,0 Kg/ha.	A solubilidade em água está em torno de 400 mg/L (3). Sua meia-vida no solo é de 30 a 120 dias (6). O coeficiente de adsorção (Koc) é 22 (14). A classificação ambiental é II (muito perigoso).	Altamente tóxico para mamíferos, a DL50 oral para ratos varia de 5 a 13 mg/Kg (4). Altamente tóxico para organismos aquáticos com a CL50 em 96 horas para truta arco-íris na faixa de 0,28 mg/L (3).

Continua...

Tabela 13. Continuação.

<i>Cianazina</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico triazina, recomendado para soja e milho na dosagem de 1,2 a 2,5 Kg/ha.	A solubilidade em água é 171 mg/L (3). A meia-vida no solo varia de 2 a 14 semanas, dependendo do tipo de solo (14). O valor de Koc é 190 (14). A classificação ambiental é I, ou seja, produto altamente perigoso.	A DL50 oral para ratos varia de 182 a 332 mg/kg (1, 4, 17). A CL50 em 96 horas para pequenos peixes varia de 7,5 a 18 mg/L (4).
<i>Clorotalonil</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Fungicida do grupo químico isoftalonitrila, recomendado para arroz e feijão na dosagem de 0,5 a 1,5 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 0,6 mg/L (3). A meia-vida no solo é de 1 a 3 meses (4). O coeficiente de adsorção no solo (Koc) é 1380 (14). A classificação ambiental é II.	A DL50 oral é maior que 10.000 mg/Kg para ratos (4, 6). A CL50 em 96 horas para truta arco-íris é de 0,25 mg/L (3).
<i>2,4 D</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico ácido ariloxialcanóico, recomendado para soja, milho, arroz e feijão na dosagem de 0,1 a 2,6 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 900 mg/L (1). A meia-vida no solo é menor do que 7 dias (14). O valor de Koc é 20 (14). A classificação ambiental varia entre as I e II.	A DL50 oral para ratos varia de 375 a 666 mg/kg (1, 6, 19). A CL50 para truta varia entre 1 e 100 mg/L, dependendo da formulação utilizada (5).

Continua...

Tabela 13. Continuação.

<i>Endosulfan</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Inseticida do grupo químico ciclodienoclorado recomendado para soja na dosagem de 0,3 a 0,5 Kg/ha.	A solubilidade em água está em torno de 0,32 mg/L (3). A meia-vida no solo é de 50 dias (18) e o valor de Koc é 12.400 (18). Sua classificação ambiental é I (produto altamente perigoso).	A DL50 oral para ratos varia de 18 a 160 mg/Kg (3, 4). A CL50 em 96 horas para a truta arco-íris é de 1,5 µg/L (7).
<i>Linuron</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico uréia, recomendado para soja e milho na dosagem de 0,7 a 1,5 Kg/ha.	Solubilidade em água de 75 mg/L (3). A meia-vida no solo varia de 30 a 150 dias dependendo do tipo de solo (14). O valor de Koc é 400 (14). Esse produto está sendo reavaliado pelo IBAMA e ainda não se fez a classificação ambiental.	A DL50 oral para ratos varia de 1200 a 1500 mg/kg (1, 6). A CL50 para peixes está na faixa de 16 mg/L (4).
<i>Malation</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Inseticida do grupo químico organofosforado, recomendado para milho, arroz e feijão na dosagem de 0,5 a 1,2 Kg/ha.	Solubilidade em água de 145 mg/L (3). A meia-vida no solo varia de 1 a 25 dias (14). O coeficiente de adsorção no solo (Koc) é 1800 (14). A classificação ambiental é III (Produto Perigoso).	A DL50 oral para ratos varia de 1000 a 10.000 mg/kg (4, 17). Altamente tóxico para organismos aquáticos com a CL50 em 96 horas para a truta arco-íris na faixa de 0,1 mg/L (3).

Continua...

Tabela 13. Continuação.

<i>Mancozeb (ETU)</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Fungicida do grupo químico alquilenobis(ditiocarbamato) recomendado para arroz e feijão na dosagem de 1,3 a 3,6 Kg/ha.	A solubilidade em água em torno de 6 mg/L (3). A meia-vida no solo é de 1 a 7 dias (14). A degradação do mancozeb é rápida, contudo, seu metabólito ETU é mais persistente e, estudos demonstram que tem maior mobilidade no solo (13). O valor de Koc para o mancozeb é > 2000 (14), para o ETU varia de 34 a 142 dependendo do tipo de solo. A sua classificação ambiental é II.	A DL50 oral para ratos varia de 5000 até mais de 11.200 mg/kg (4, 17). Alta toxicidade para organismos aquáticos sendo a CL50 em 48 horas para a truta arco-íris de 2,2 mg/L (4).
<i>Metolaclor</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico cloroacetanilida, recomendado para soja, milho e feijão na dosagem de 1,8 a 3,4 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 530 mg/L (3). Sua meia-vida pode variar de 15 a 70 dias, dependendo do tipo de solo (1). Seu valor de Koc é 200 (14). Sua classificação ambiental é II.	A DL50 oral em ratos > 3170 mg/kg (3). A CL50 em 96 horas registrada para truta arco-íris é de 3 mg/L (1).
<i>Molinate</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico tiocarbamato, recomendado para arroz na dosagem de 1,6 a 4,3 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 880 mg/L (3). Sua meia-vida no solo varia de 5 a 21 dias (14). Seu valor de Koc é 190 (14). Esse produto está sendo reavaliado pelo IBAMA e ainda se tem a classificação ambiental.	A DL50 oral para ratos varia de 369 a 720 mg/Kg (1, 4). A CL50 em 96 horas para a truta arco-íris varia de 0,2 a 1,3 mg/L (3).

Continua...

Tabela 13. Continuação

<i>Pendimetalin</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico dinitroanilina recomendado para soja, milho, arroz e feijão na dosagem de 0,8 a 1,8 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 0,3 mg/L (3). A meia-vida no solo é de aproximadamente 40 dias (1, 16). Seu valor de Koc é 5000 (14). Esse produto está sendo reavaliado pelo IBAMA e ainda não possui classificação ambiental.	A DL50 para ratos varia de 1050 a mais que 5000 mg/kg (1, 4), contudo a toxicidade para peixes é alta, sendo a CL50 para a truta arco-iris de 138 µg/L (1).
<i>Propanil</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico das anilidas, recomendado para arroz na dosagem de 2,7 a 5,0 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 200 mg/L (3). A meia-vida é curta variando de 1 a 3 dias (1, 16). Seu valor de Koc é de 149 (14). Sua classificação ambiental é II.	A DL50 oral, para ratos varia de 1080 a 2500 mg/Kg (1, 6). A CL50 em 96 horas para a truta arco-iris é de 2,3 mg/L (1).
<i>Simazina</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico triazina, recomendado para milho na dosagem de 1,0 a 4,0 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 5 mg/L (3). A meia-vida no solo varia de 28 a 149 dias (14). Seu coeficiente de adsorção (Koc) é 130 (14). Esse produto está sendo reavaliado pelo IBAMA e ainda não se tem a classificação ambiental.	A DL50 oral, para ratos é registrada como > 5000 mg/Kg (1, 4). A CL50 em 96 horas para a truta arco-iris é > 100 mg/L (7).

Continua...

Tabela 13. Continuação

<i>Terbufós</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Inseticida do grupo químico organofosforado recomendado para milho na dosagem de 2,0 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 4,5 mg/L (3). A meia-vida no solo é de 5 a 30 dias (14). O coeficiente de adsorção (Koc) é 500 (14). Sua classificação ambiental varia entre I e II, dependendo da formulação	A DL50 oral para ratos varia de 1,3 a 1,74 mg/Kg (16). A CL50 em 96 horas para a truta arco-íris varia de 0,008 a 0,0013 mg/L (9).
<i>Thiram</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Fungicida do grupo químico dimetilditiocarbamato recomendado para milho e arroz na dosagem de 0,1 a 2,1 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 30 mg/L (3). A meia-vida no solo é de 15 dias (14). O valor de Koc é 670 (15). Sua classificação ambiental é I (altamente perigoso).	A DL50 oral para ratos varia de 620 a 1900 mg/Kg (4, 17). A CL50 para truta é de 0,13 mg/L (9).
<i>Tiobencarb</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico tiocarbamato, recomendado para arroz na dosagem de 3,0 a 4,0 Kg/ha.	A solubilidade em água é de 28 mg/L (14). Sua meia-vida no solo é de 2 a 3 semanas (1). Os valores de Koc variam de 309 a 5000 (1). Sua classificação ambiental é I (altamente perigoso).	A DL50 oral, para ratos está na faixa de 920-1903 mg/Kg (1). Os registros de CL50 em 96 horas para o peixe <i>Lepomis macrochirus</i> varia de 1,7 a 3,7 mg/L (7).

Continua...

Tabela 13. Continuação.

<i>Triclorfon</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Inseticida do grupo químico organofosforado, recomendado para soja, milho, arroz e feijão na dosagem de 0,2 a 1,0 Kg/ha.	Alta solubilidade em água 154.000 mg/L (3). Sua meia-vida no solo é de 3 a 27 dias (14). Seu valor de Koc é 10 (14). Seu produto de degradação em água é outro inseticida chamado diclorvós (4). Esse produto está sendo reavaliado pelo IBAMA e ainda não se tem a classificação ambiental.	A DL50 oral para ratos varia de 450 a 650 mg/Kg (4). A CL50 em 96 horas para a truta arco-iris está na faixa de 1,4 mg/L (5).
<i>Trifluralina</i>		
Classificação agrônômica, grupo químico, culturas e quantidade	Mobilidade no solo e classificação ambiental (IBAMA)	Toxicidade
Herbicida do grupo químico dinitroanilina, recomendado para soja, milho, arroz e feijão na dosagem de 0,5 a 2,4 Kg/ha.	A solubilidade em água é menor que 1 mg/L (3). A meia-vida varia de 45 a 60 dias (14) ou de 6 a 8 meses, dependendo do tipo de solo (3). Seu valor de Koc é 8000 (14). Sua classificação ambiental é II (muito perigoso).	A DL50 oral para ratos é maior que 10.000 mg/kg (1) no solo. A CL50 em 96 horas para a truta arco-iris está na faixa de 0,02 a 0,06 mg/L (7).
Fontes: 1 - Ahrens, 1994 ; 2 - Franklin et al., 1994 ; 3 - Hartley & Kidd, 1983 ; 4 - Hayes & Laws, 1991 ; 5 - Hill & Camardese, 1986 ; 6 - Howard, 1991 ; 7 - Johnson & Finley, 1980 ; 8 - Linn et al., 1993 ; 9 - Mayer & Ellersieck, 1986 ; 10 - Meyer & Thurman, 1996 ; 11 - Shiu et al, 1990 ; 12 - U.S. Environmental Protection Agency, 1987a ; 13 - U.S. Environmental Protection Agency, 1987b ; 14 - U.S. Environmental Protection Agency, 1988a ; 15 - U.S. Environmental Protection Agency, 1988b ; 16 - U.S. Environmental Protection Agency, 1989 ; 17 - U.S. National Library of Medicine, 2002 ; 18 - Wauchope et al., 1992 ; 19 - Worthing & Walker, 1987		

De acordo com o critério estabelecido por [Deubert \(1990\)](#), relatado anteriormente, podem ser extraídas as seguintes considerações sobre os 23 ingredientes ativos listados na [Tabela 13](#):

- 15 (65,2%) enquadram-se no quesito quantidade acima de 2 kg/ha;
- 14 (60,9%) enquadram-se no quesito solubilidade > 30 mg/L;
- 7 (30,4%) podem ser considerados persistentes no solo;
- 15 (65,2%) têm coeficiente de adsorção (K_{oc}) < 500;
- 11 (47,8%) enquadram-se em três ou mais quesitos;

Nesse contexto, os ingredientes ativos Ametrina, Carbofuran e Cianazina, enquadram-se nos quatro quesitos preconizados por [Deubert \(1990\)](#) e por isso podem ser consideradas as substâncias com maior potencial para contaminar águas subterrâneas.

Considerações Finais

Este levantamento fornece subsídios para a orientação das várias possibilidades de pesquisa a serem realizadas, relacionando-se agricultura e água na Região do Cerrado brasileiro, além de apresentar dados importantes para corroborar a orientação dos usuários dos produtos.

Logicamente, antes de qualquer determinação/amostragem in situ, torna-se necessário verificar junto aos agricultores de modo a se obter a confirmação sobre o uso dos produtos aqui descritos.

Entre os fatores impactantes relatados, a erosão pode ser considerada fator de destaque, pois quanto mais acentuada for, maior será seu poder poluente, facilitando o transporte de partículas sólidas, incluindo agrotóxicos e corretivos/adubos para a água. A poluição das águas superficiais vai ocorrer por meio das partículas transportadas que, dependendo de suas características, atingirão com maior ou menor intensidade a vida nos ecossistemas aquáticos e os leitos dos rios.

Um dado significativo, apresentado nessa revisão, é a explicitação da expressiva quantidade de produtos químicos que são utilizados nas lavouras. De corretivos/adubos a agrotóxicos, são toneladas de substâncias químicas que

nem sempre são totalmente absorvidas pelas culturas e podem gerar impacto significativo nos ecossistemas expostos (solo, água e ar).

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 20 de 18/06/1986 ([Brasil, 1986](#)), as águas podem ser classificadas segundo seus padrões de qualidade, ou seja, critérios numéricos ou qualitativos para os parâmetros que representam a preservação do corpo hídrico. Nesse contexto, tanto na Resolução CONAMA Nº 20 como na Portaria Nº 1.469 de 29/11/2000 ([Brasil, 2001](#)) são relacionados vários agrotóxicos persistentes, em geral, muito encontrados em sedimentos, que não são mais utilizados no Brasil, e, por isso, não foram incluídos neste trabalho.

Em todo caso, vale ressaltar que dos 24 agrotóxicos aqui listados, com significativo potencial para contaminar águas na Região do Cerrado, apenas 13 estão relacionados nos dispositivos legais citados, ou seja, para 11 produtos, com grande potencial poluidor, não há qualquer regulamentação de tolerância ou de valor máximo permitido.

Pelos dados levantados, nota-se que os corretivos mais preocupantes são o nitrogênio (N) e o fósforo (P) e dentre os agrotóxicos destacam-se os herbicidas, sendo os dos grupamentos triazinas, cloroacetanilidas e anilidas os mais comprometedores, devido a sua grande capacidade de movimentação no solo. A exceção é o inseticida carbofuran, do grupo metilcarbamato de benzofuranila que se enquadrou em todos os quesitos recomendados por [Deubert \(1990\)](#), revelando-se um contaminante em potencial dos recursos hídricos da região.

Em algumas pesquisas recentes realizadas na Região do Cerrado ([Laabs et al., 2000](#), [2002a](#), [2002b](#)), confirmaram a capacidade de alguns dos produtos relacionados para contaminar águas subterrâneas.

Em que se pese a ausência dos produtos empregados na cultura da cana-de-açúcar, que é a quinta mais importante na região, os principais agrotóxicos foram contemplados pela lista das outras culturas, visto que se repetem, e os destaques são os mesmos relatados anteriormente.

A contaminação de águas subterrâneas na Região do Cerrado vem a ser não só um problema ambiental como também de saúde pública, visto que grande parte da água consumida pela população, nos principais estados da região, é derivada da captação em poços ([Leal, 1999](#)).

De qualquer modo, a prevenção da erosão do solo é ponto fundamental na sustentabilidade da agricultura e pode ser realizada, sobretudo, pelas práticas de manejo do solo. Com referência à contaminação química, seja ela pela utilização de corretivos ou de agrotóxicos, pode ser minimizada pela utilização correta dos produtos, visto que as dosagens recomendadas são suficientemente eficazes para controlar seus alvos, e quantidades excessivas podem gerar sobras que conseqüentemente poderão contaminar o solo e as águas.

É importante frisar que no trabalho realizado enumeram-se substâncias com capacidade para alcançar os recursos hídricos da Região do Cerrado que podem se fazer presentes ou não, dependendo das condições em que venham a ser utilizadas e das respectivas localizações de uso. A cada trabalho de monitoramento, várias questões devem ser levantadas para garantir a correta pesquisa dos contaminantes com maior potencial.

Referências Bibliográficas

- AGROFIT - **Banco de Dados sobre Agrotóxicos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Brasil. Disponível em: < <http://200.252.165.4/agrofit/>> . Acesso em: 23 out. 2002.
- AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook of the Weed Science Society of America**. 7. ed. Champaign: IL, 1994. 352 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em <http://mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 15 nov. 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jun. 1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res86/res2086.html>. Acesso em: 15 nov. 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. **Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde, 2001. 32 p.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria Normativa IBAMA nº 84, de 15 de outubro de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 out. 1996. Disponível em: <http://www.ibama.br>. Acesso em 16 nov. 2002.

BERTON, R. S. Fertilizantes e poluição. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 299-313.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios_monitoramento.htm > . Acesso em: 23 out. 2002.

CHAIB FILHO, H.; GARAGORRY, F. L.; JUNQUEIRA, N. Proposta para relacionar a produção de frutas e área de estabelecimentos agrícolas na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Os novos desafios da fruticultura: anais.** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

DEDECEK, R. A. **Erosão e práticas conservacionistas nos cerrados.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1986. 16 p.

DEUBERT, K. H. Environmental fate of common turf pesticides: factors leading to leaching. **USGA Green Section Record**, Ann Arbor, v. 28, n. 4, p. 5-8, 1990.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF). **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz irrigado; zonas 1, 23, 46, 47, 54, 71 e 87.** Brasília: EMBRAPA-SPI: EPAGRI, 1992. 79 p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2001/2002** - Londrina: Embrapa Soja, 2001. 267 p.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Health Advisory. **Alachlor.**, Washington, DC, Environmental Protection Agency, Office of Drinking Water, 1987. 264 p.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Health Advisory Summary. **Atrazine.** Washington, DC: Environmental Protection Agency, Office of Drinking Water, 1988. 820 p.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Pesticide Fact Sheet Number 125. **Mancozeb.** Washington, DC: Environmental Protection Agency, Office of Pesticides and Toxic Substances, 1987. 11 p.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Pesticide Fact Sheet Number 181. **Metiram**. Washington, DC: Environmental Protection Agency, Office of Pesticides and Toxic Substances, 1988. 8 p.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Pesticide Tolerance for Terbufos. **Federal Register 54: 35896-7, 1989**.

ESTADOS UNIDOS. National Library of Medicine. **Hazardous Substances Databank**. Bethesda, MD, 2002.

EXPANSÃO agrícola e perda da biodiversidade no cerrado: origens históricas e o papel do comércio internacional. Brasília, DF: WWF-Brasil, 2000. 98 p.

FAGERIA, N. K. Manejo da calagem e adubação do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. **Tecnologia para o Arroz de Terras Altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 67-78.

FAHL, J. I.; CAMARGO, M. B. P. de; PIZZINATTO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T. de; DEMARIA, I. C.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6. ed.. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. 396 p.

FRANKLIN, R. E., QUISENBERRY, V. L., GOSSETT, B. J.; MURDOCK, E. C. Selection of herbicide alternatives based on probable leaching to groundwater. **Weed Technology**, Champaign, v. 8, n.1, p. 6-16, jan./mar. 1994.

GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H.; JUNQUEIRA, N. Aspectos espaciais da evolução da fruticultura no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Os novos desafios da fruticultura brasileira: anais**. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

GARAGORRY, F. L.; REGO, A. M. **AGROTEC: base relacional de dados de estatísticos. Estrutura de dados**. Brasília: EMBRAPA, 1997. 20 p.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G.; SCOLARI, D. G. **Critérios para recomendação de calagem e adubação**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1987. 55 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 25).

HAMERS, T.; SMIT, M. G.; MURK, A. J.; KOEMAN, J. H. Biological and chemical analysis of the toxic potency of pesticides in rainwater. **Chemosphere**, New York, v. 45, n. 4/5, p. 609-624, 2001.

HARTLEY, D.; KIDD, H. **The Agrochemicals Handbook**. Cambridge: Royal Society of Chemistry: University Nottingham, 1983. 1 v., folhas soltas.

HAYES, W. J., Jr.; LAWS, E. R., Jr. **Handbook of Pesticide Toxicology**. New York: Academic Press, 1991. 1576 p.

HILL, E. F.; CAMARDESE, M. B. **Lethal Dietary Toxicities of Environmental Contaminants and Pesticides to Coturnix**. Washington, DC: Department of Interior U.S: Fish and Wildlife Service, 1986. 154 p.

HOWARD, P. H. **Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals: Pesticides**. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1991. 574 p.

HUSKES R.; LEVSEN, K. Pesticides in rain. **Chemosphere**, New York, v. 35, n. 12, p. 3013-3024, 1997.

JOHNSON, W. W.; FINLEY, M. T. **Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates**. Washington, DC: Department of Interior U.S.: Fish and Wildlife Service, 1980. 79p. Resource Publication 137

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; ALTSTAEDT, A.; ZECH, W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an oxisol of the Brazilian cerrados. **Chemosphere**, New York, v. 41, p.1441-1449, 2000.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M., SILVA, C. J.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment, and rainfall of the northeastern pantanal basin, Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.31, p.1636-1648, 2002.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; ZECH, W. Fate of pesticides in tropical soils of Brazil under field conditions. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 31, p. 256-268, 2002.

LAEGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. New York: CABI, 1999. 294 p.

LEAL, A. S. As águas subterrâneas do Brasil. In: FREITAS, M. A. V. **Estado das Águas no Brasil - 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília, DF: SIH/ANEEL/MME: SRH/MMA. 1999. 334 p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2002. 1 CD-ROM.

LINN, D. M.; CARSKI, T. H.; BRUSSEAU, M. L.; CHANG, F. H. **Sorption and Degradation of Pesticides and Organic Chemicals in Soil**. Madison: Soil Science Society of America, 1993. 260 p. Special Publication 32.

MAYER, F. L.; ELLERSIECK, M. R. **Manual of Acute Toxicity: Interpretation and Data Base for 410 Chemicals and 66 Species of Freshwater Animals.**

Washington, DC: Department of Interior U.S., Fish and Wildlife Service, 1986. 582p. Resource Publication 160.

MENZER, R. E.; LEWIS, M. A.; FAIRBROTHER, A. Methods in environmental toxicology. In: HAYES, A. W. **Principles and Methods in Toxicology.** 3. ed. New York: Raven Press, 1994. p. 1391-1418.

MEYER, M. T.; THURMAN, E. M. **Herbicide Metabolism in Water and Groundwater.** Washington, DC: American Chemistry Society, 1996. 318 p.

RACKE, K. D.; SKIDMORE, M. W.; HAMILTON, D. J.; UNSWORTH, J. B.; MIYAMOTO, J.; COHEN, S. Z. Pesticide fate in tropical soils (technical report). **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 69, p. 1349-1371, 1997.

SHIU W. Y.; MA, K. C; MACKAY, D.; SEIBER J. N.; WAUCHOPE, R. D. Solubilities of pesticide chemicals in water: part II: data compilation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, n. 116, p. 15-187, 1990.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. L. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do Cerrado.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

VAN MAANEN, J. M.; DE VAAN, M. A.; VELDSTRA, A. W.; HENDRIX, W. P. Pesticides and nitrate in groundwater and rainwater in the Province of Limburg in The Netherlands. **Environmental Monitoring and Assessment** , v. 72, n. 1, p. 95-114, 2001.

VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. V. **A cultura do arroz no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 633 p.

WAUCHOPE, R. D.; BUTTLER, T. M.; HORNSBY A. G.; AUGUSTIJN-BECKERS, P. W.; BURT, J. P. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, n. 123, p. 1-155, 1992.

WORTHING, C.R.; WALKER, S. B. **The Pesticide Manual - A World Compendium.** 8. ed. Thornton Heath, UK: The British Crop Protection Council, 1987. 1141 p.

Potential Impact of Agricultural Activities on Water Resources in the Cerrado of Brazil

Abstract - Improve or maintain water quality is a great challenge for the human race at this century. The survival of species is fully dependent of actions to control water pollution around the world. Instead of its relevance, agriculture is one of the most important sources of water contamination. Although fertilizers and pesticides has been essential in modern agriculture, there is a growing concern about the consequences of environmental contamination from agrochemicals. So, the identification of chemicals with potential to contaminate aquatic ecosystems is an important framework to provide information, improving the knowledge about their impacts on human and environmental health. Thus, the present paper is a description of the main crops and agrochemicals that have been used in the Cerrado of Brazil (Brazilian Savannah). After the identification of the main agrochemicals used, a great review on their intrinsic characteristics was conducted to better understanding the potential environment impact of each product. Therefore, it is important to emphasize that this kind of study is fundamental to improve the application of sustainable agricultural practices.

Index terms: pesticides, agrochemicals, aquatic toxicity, groundwater contamination, environmental sustainability, environmental health