

RESÍDUOS INDUSTRIAIS COMO MICRONUTRIENTE EM INSUMOS AGRÍCOLAS: IMPACTOS AMBIENTAIS

- José Maria Gusman Ferraz
- ferraz@cnma.embrapa.br

Formas de destino aos resíduos:

- Uso de matéria prima para outros produtos
- Uso na fabricação de materiais de construção civil
- incineração
- aterros sanitários
- uso na agricultura ??
- outros

Poluentes Inorgânicos

- **Cádmio**
- **Chumbo**
- **Cromo**
- **Arsênico**
- **Mercúrio**
- **Níquel**
- **Selênio**

Poluentes Orgânicos

- **Hidrocarbonetos aromáticos - policíclicos (PAHs)**
- **Benzo (a) pireno**
- **Bifenilas Policloradas (PCBs)**
- **Tolueno**
- **Tetracloroetileno**
- **Tricloroetileno**
- **1,2 – dicloroetano**
- **Dioxinas e Furanos**

The background of the slide is a dark green color with a pattern of lighter green, stylized leaves and branches. The leaves are of various shapes and sizes, some pointing upwards and others downwards, creating a dense, naturalistic texture.

Aplicação de lodo de esgoto (biossólido)

CICLO DOS NUTRIENTES

Fase de
Concentração

SOLO
(N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, B, Mn, Mo, Cu, etc)

PLANTAS

ANIMAIS

HOMEM

**Homens Doentes
(Patógenos)**

**Resíduos Industriais
(Metais Pesados)**

ESGOTOS

ETE

LODO DE ESGOTO

Fase de Dispersão



FASE DE DISPERSÃO

**LODO DE
ESGOTO**



**Dispersão na
Atmosfera**



**Dispersão na
Água**



**Dispersão no
Solo**

Fatores que agravam o risco de contaminação

- A poluição dos solos por metais pesados e substâncias tóxicas é um problema que nas últimas décadas vem aumentando consideravelmente, devido a:
 - - intensificação das atividades industriais;
 - ampliação da fronteira agrícola e uso de agrotóxicos;
 - concentração da população em grandes centros urbanos;
 - os metais pesados possuem efeitos fitotóxicos, principalmente à sua interferência no transporte eletrônico da respiração e fotossíntese e na inativação de enzimas vitais, tanto para a flora como para a fauna;
 - descobertas de novas moléculas;
 - a recuperação das áreas contaminadas são bastante dispendiosas.

Cenários

- . As indústrias importam esses resíduos (lixo tóxico?) muitas vezes burlando a fiscalização da receita federal.
- Ferindo a Convenção da Basileia, da qual o Brasil é signatário.

Cenários

- Importar resíduos não desejáveis para outros países?
- Tecnologia para garantir a pureza ?
- Padronização de aplicação nos solos de São Paulo e do país como se todos os solos tivessem o mesmo padrão de comportamento?
- Espaço agrícola depósito de substâncias indesejáveis?

Lagoa de produzi

Medeiros defende o tratamento dos resíduos para reaproveitamento na indústria química. Sua proposta prevê a construção de uma unidade industrial para tratar os rejeitos durante cinco anos, com custo de R\$ 20 milhões. "A Produquímica, uma indústria do setor veio me procurar na época em que estava trabalhando no terreno, com interesse em investir no setor



No dia 6 de agosto, a Usiminas concluiu a compra de um terreno de 850 mil metros quadrados, ao lado do Porto de Itaguaí, norte do Rio de Janeiro, adquirido em leilão em 27 de junho último, da Massa Falida da Companhia Ingá Mercantil. A ausência de concorrentes derrubou o preço de venda para R\$ 72 milhões, bem abaixo do valor de R\$ 120 milhões, estimado em edital para ir ao martelo. Explica-se: a companhia siderúrgica arrematou um dos maiores passivos ambientais do Brasil, com três milhões de toneladas de rejeitos contaminados com metais pesados oriundos da produção de zinco metálico da Ingá.

The background of the slide is a dense, layered pattern of green leaves. The leaves are rendered in various shades of green, from a vibrant lime green to a deep forest green, creating a sense of depth and texture. The leaves are scattered across the frame, with some appearing more prominent than others, suggesting a natural, organic setting.

Efeito sobre microrganismos

O resíduo de siderurgia apresenta potencial de utilização como fonte de Zn à cultura da soja, nas doses de 0,5 e 1,4 t ha em relação ao LVA e LV respectivamente

Diminuição da respiração microbiana basal (LVA)

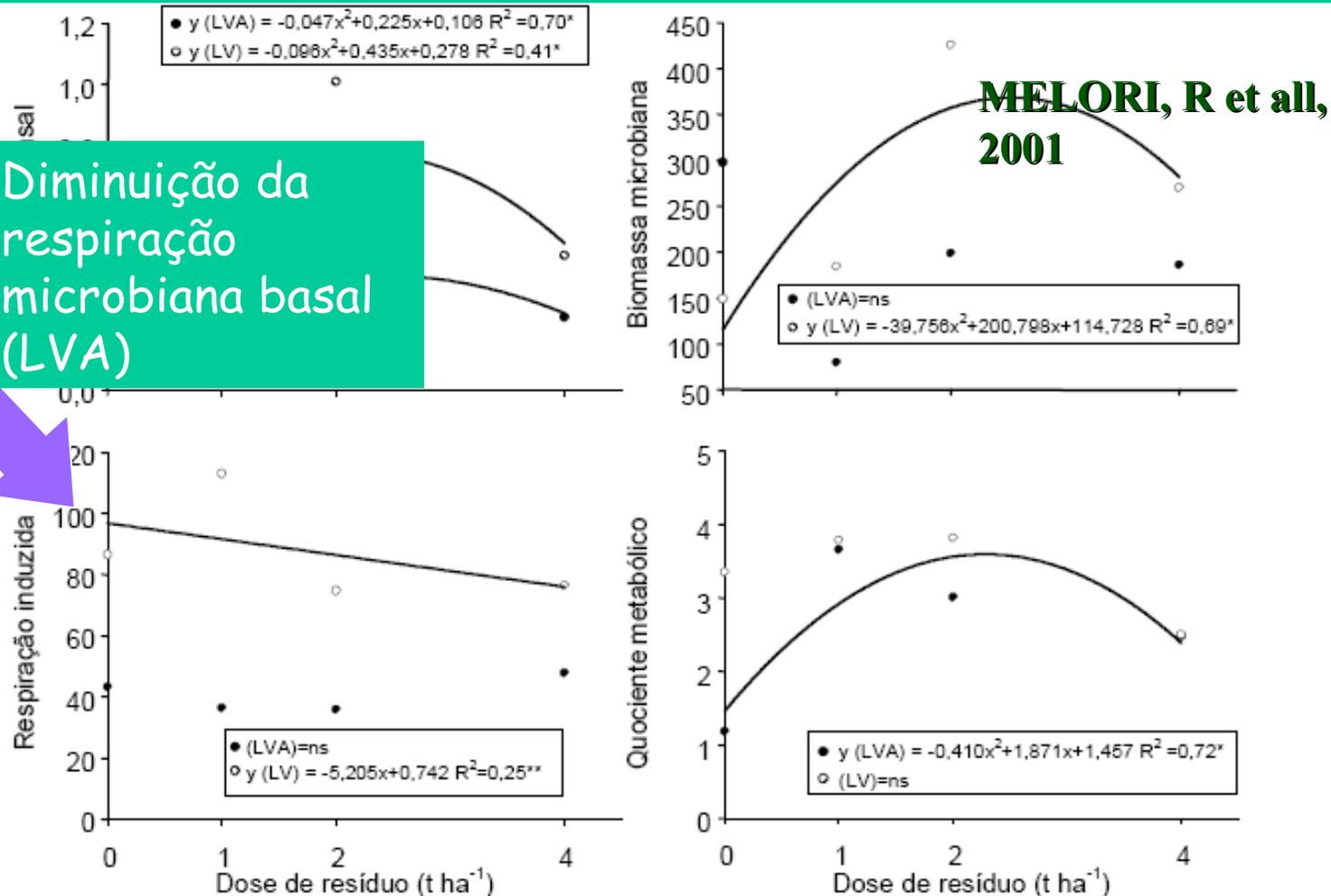


Figura 1. Respiração microbiana basal (mg CO₂ kg⁻¹ de solo dia⁻¹), respiração microbiana induzida (mg CO₂ kg⁻¹ de solo dia⁻¹), biomassa microbiana (μg C g⁻¹ de solo) e quociente metabólico (μg C-CO₂ 10⁴ h⁻¹/μg C-biomassa g⁻¹ de solo) no Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Latossolo Vermelho (LV), em razão das doses do resíduo.

Resposta diferenciada da população microbiana em função do tipo de solo:

Aplicação de pó de forno de acaria elétrica na microbiota do solo

Há respostas diferenciadas das comunidades microbianas dos solos, Latossolo vermelho amarelo (LVA) e Latossolo vermelho(LV) ao resíduo do solo(MELORI et all, 2001) LVA

Para o LV, a microbiota do solo não sofreu efeito da adição de resíduo, provavelmente por causa da presença de maiores teores de argila e matéria orgânica, os quais reduzem a disponibilidade dos metais pesados aplicados (ALLOWAY, 1990; COSTA, 1991)

Efeito cumulativo de metais pesados existentes nas rochas fosfatadas e contaminantes dos micronutrientes

- As principais fontes de fósforo usada na agricultura são os superfosfatos, os amoniofosfatos, os fosfatos acidulados e os fosfatos naturais. A matéria prima para obtenção são as rochas fosfatadas que apresentam contaminação com metais pesados dentre eles o Cádmio (Cd) (LAEGREID, 1999; GABE e RODELLA, 1999 & PROCHNOW, et al 2001)
- Aplicações sucessivas no solo incrementam a quantidade de Cd causando sérios impactos ambientais devido a sua toxicidade.
- Caso tenham outros contaminantes na formulação de micronutrientes este efeito cumulativo será ainda maior.

- Teores totais de alguns metais pesados na camada superficial do solo são elencados por Camargo et al (2001). Em nível mundial os valores mínimos e máximo de Cu, Ni, Pb e Zn encontram-se respectivamente em 2-100, 5-550, 20-500 e 10-300. Para solos do Estado de São Paulo, dos elementos citados, apenas Cu e Zn encontram-se acima dos níveis mundiais (340 e 315 mg/kg .

- Qual o grau de detalhamento?:
- Base de dados do IAC ?

- Ohya et al. (1988) observaram que, em solos poluídos com Metais Pesados, a respiração do solo correlacionou-se negativamente com a concentração de metais e que esse efeito inibitório depende da concentração de matéria orgânica do solo. Sugeriram que a respiração basal está muitas vezes relacionada com o C da biomassa e com a comunidade metabolicamente inativa ou em estado de dormência.

Chumbo e Micorrizas

Glomus macrocarpum

- O Pb causou efeito inibitório da atividade
- da fosfatase alcalina em todos os tratamentos
- exceto no solo com propágulos de FMA amostrado no florescimento (Figura 2). Houve 60% de inibição da enzima por causa do aumento da dose de Pb, sugerindo que a enzima foi sensível às concentrações de Pb adicionadas, corroborando os resultados de Kandeler et al.(1996).

Esporulação de FMA

Tabela 2. Esporulação do FMA e colonização micorrízica da raiz de soja em solo com adição de chumbo.

Pb (mg dm ⁻³)	Nº de esporos/50 mL de solo	Colonização micorrízica (%)
0	1055	36,1
150	747	23,1
300	682	26,4
600	339	21,6
Equação de regressão	$y = -1,12x - 1000$	$y = -0,019x - 35,5$
R ²	0,970	0,812

The background of the slide is a dark green color with a pattern of lighter green, stylized leaves and branches. The leaves are of various shapes and sizes, some pointing upwards and others downwards, creating a dense, naturalistic feel.

Efeitos na criação de animais e na cadeia trófica

Fontes de fósforo e deposição de metais pesados em suínos

Suínos alimentados com diferentes fontes de fósforo contaminadas apresentaram deposição do metal no fígado.

A ração a base de milho e farelo de soja foi formulada com base no fósforo total, utilizando-se os fosfatos bicálcico; monocálcico, super simple, rocha catalão mistura de fontes, ácido fosfórico e contrôle sem fósforo.

O uso de fontes contaminadas por metais pesados ocasionou maior acúmulo nas vísceras dos animais, desta forma atingindo a cadeia trófica em conseqüentemente podendo chegar ao homem.

Preocupação em Santa Catarina com dejetos suínos e contaminação do solo

- Os suínos têm a necessidade de uma certa quantia de elementos inorgânicos que incluem Ca, Cl, Cu, I, Fe, Mg, Mn, P, K, Se, Na, S e Zn. Recentemente o Cr foi reconhecido como mineral essencial, mas ainda sem informações das quantidades requeridas (NRC, 1998).
- O Co também é requerido para a síntese da vitamina B12. Outros elementos também podem ser requeridos em pequenas quantidades, como As, B, Br, F, Mo, Ni, Si, Tin e V, que exercem algum tipo de função fisiológica na maioria das espécies, porém, para estes elementos, não há ainda uma comprovação de sua essencialidade (NRC, 1998)

- As relações entre teores presentes nas rações e teores assimilados foram estudados por Kornegay & Harper (1997), os quais observaram que para os suínos submetidos a rações comumente comercializadas os teores assimilados dos nutrientes absorvidos são: 30 a 55 % do N, 30 a 50 % do Ca, 20 a 50 % do P, 5 a 20 % do K, 10 a 25 % do Na, 15 a 30 % do Mg, 5 a 30 % do Cu, 5 a 30 % do Zn, 5 a 10 % do Mn e 5 a 30 % do Fe. Em virtude disto, a taxa excretada dos nutrientes são de 45 a 60 % do N, 50 a 80 % do Ca e P, e 70 a 95 % do K, Na, Mg, Mn, Zn, Cu, e Fe.

- Os resultados obtidos mostram que é feita uma superdosagem de metais pesados aos suínos nas rações e estas são transferidas aos dejetos, que, aliada as grandes quantidades aplicadas eleva os teores nos solo
- Portanto, práticas que propiciem aos solos melhoria dos atributos responsáveis pela retenção dos metais pesados são prementes para diminuir a probabilidade de contaminações ambientais.

Fontes de fósforo e deposição de metais pesados em suínos

Tabela 2. Composição química das fontes de fósforo fornecidas para suínos nas fases de crescimento e terminação

Fonte de fósforo	Composição química										
	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn Ppm	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Pb ppm	Ni ppm	Cr ppm	Cd ppm
Rocha Catalão *	12,73	36,00	0,81	405,0	36,7	8486,0	14,9	37,1	35,17	9,12	2,87
Rocha Araxá	14,35	29,82	0,54	52,5	208,8	6463,5	11,1	39,1	40,58	13,49	3,73
Rocha Tapira	15,34	31,11	0,50	31,3	229,1	5041,0	5,5	39,4	23,30	7,84	3,95
Rocha Marrocos	12,41	32,31	0,51	3,1	161,9	772,5	17,5	41,6	32,56	76,32	12,35
Superfosfato simples *	7,62	17,20	0,57	46,3	123,0	9026,5	16,7	20,7	33,68	23,06	4,03
Superfosfato simples	9,32	23,83	0,39	30,3	149,7	7232,5	11,6	17,4	26,08	14,50	2,52
Superfosfato simples	7,70	24,29	0,43	31,8	154,5	4770,5	13,4	18,7	26,29	14,80	2,37
Fosfato bicálcico *	18,66	23,25	1,34	64,0	10,9	4091,5	11,5	20,8	14,74	8,91	2,67
Fosfato bicálcico	18,60	25,70	0,48	76,8	38,3	3953,5	103,9	22,1	26,01	8,35	3,08
Fosfato Proteindus	15,59	31,07	0,81	19,0	3,8	912,5	139,6	48,5	22,17	5,88	3,30
Superfosfato triplo *	20,63	16,46	0,64	2,4	488,4	1038,0	24,4	22,2	32,18	353,5	14,15
Superfosfato triplo	20,09	20,19	0,71	36,8	16,6	5096,5	11,0	17,6	14,19	8,58	2,18
Superfosfato triplo	20,38	13,98	0,78	39,4	13,2	3759,0	6,7	17,1	9,58	4,59	1,95
Fosfato monobicálcico *	20,29	19,50	0,81	36,3	4,6	1431,5	7,8	18,5	9,57	5,92	2,04
Ácido fosfórico industrial *	23,38	0,00	0,56	29,7	7,3	893,0	4,9	13,6	5,11	8,07	2,06
Ácido fosfórico PA	19,68	0,00	0,37	0,7	0,6	31,3	1,8	12,6	0,53	3,67	2,00

* Fontes utilizadas no experimento de deposição mineral nos tecidos dos suínos.

(TEIXEIRA et al 2005)

Resíduos industriais

No Brasil, existem estudos de impactos ambientais de organismos patogênicos e de poluentes inorgânicos presentes nos lodos, como metais pesados, ou gerados no solo após sua aplicação, como nitratos, porém existem poucos estudos sobre os compostos orgânicos poluentes encontrados em lodos (BOEIRA et al., 2002; PARAÍBA & SAITO,

Compostos orgânicos

De uma forma geral, o fator de bioconcentração (BCF, *bioconcentration factor*) de um composto em um organismo é um coeficiente de partição do composto entre o organismo e o meio em que este se encontra. No estado de equilíbrio estacionário, este parâmetro é o quociente entre a concentração no organismo e a concentração no meio. Assim, o valor numérico do BCF indica o grau de partição do poluente entre o organismo e o meio. Quando os organismos são convertidos em alimentos, o BCF possibilita estimar a ingestão diária do poluente através do consumo diário do alimento (JONSSON et al., 2002). Como as frutas são compartimentos finais de várias substâncias absorvidas do solo pela planta, a estimativa do BCF de poluentes em frutas permite também estabelecer limites seguros do poluente em frutas cultivadas em solos tratados com lodos.

Fatores de Bioconcentração(BCF)

- Valores de BCF em frutos de laranjeiras de dezenove poluentes orgânicos de lodos provenientes de estações de tratamento do Estado de São Paulo, indicaram que concentrações no fruto podem atingir valores maiores do que concentrações na solução do solo. Atenção especial deve ser dada para
- Os compostos diclorobenzeno, diclorofenol, diclorobenzidina e nitrobenzeno pois apresentam os maiores valores de BCF em laranjeiras (Paraíba , 2008)



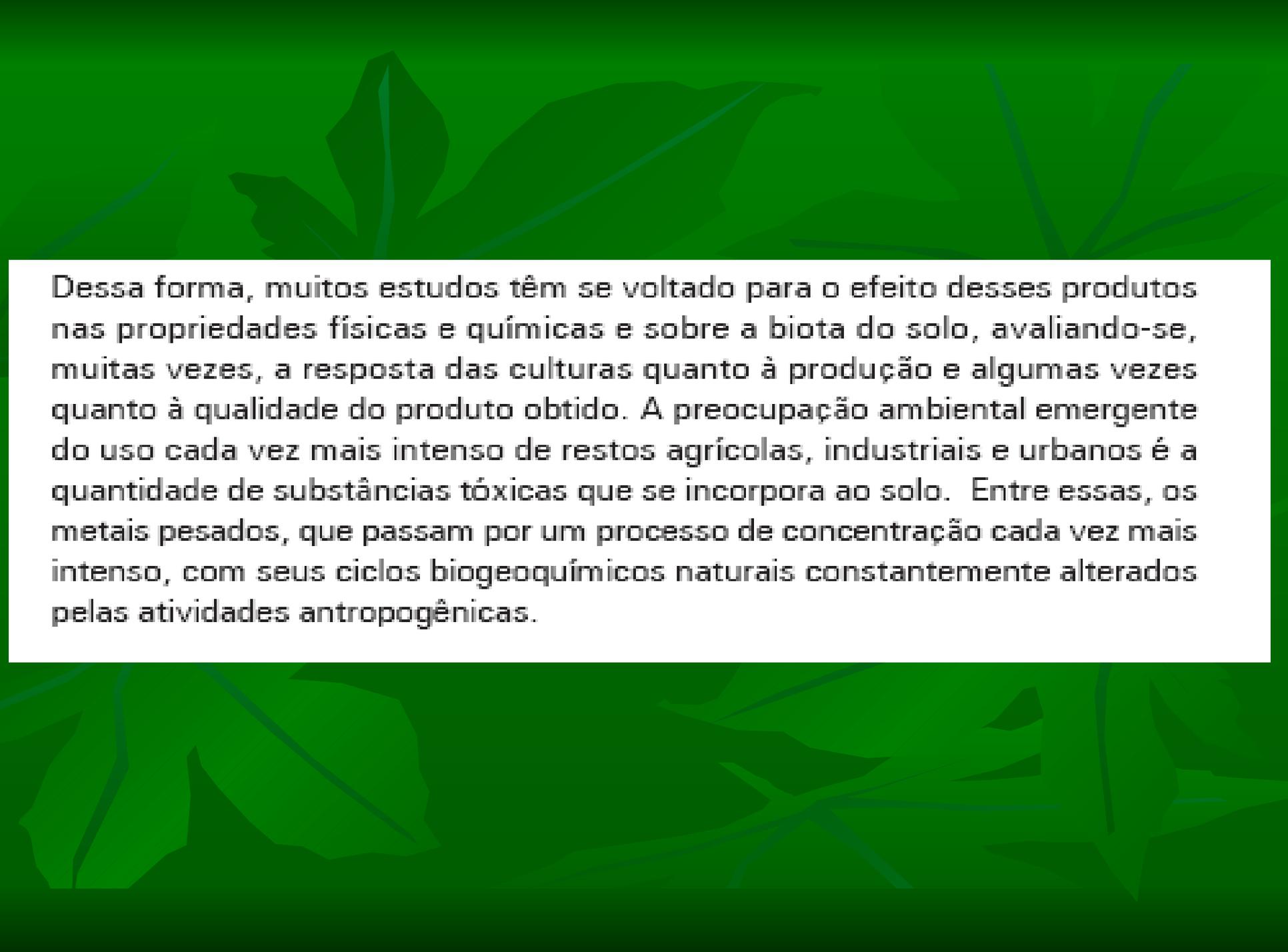
Dessa forma, muitos estudos têm se voltado para o efeito desses produtos nas propriedades físicas e químicas e sobre a biota do solo, avaliando-se, muitas vezes, a resposta das culturas quanto à produção e algumas vezes quanto à qualidade do produto obtido. A preocupação ambiental emergente do uso cada vez mais intenso de restos agrícolas, industriais e urbanos é a quantidade de substâncias tóxicas que se incorpora ao solo. Entre essas, os metais pesados, que passam por um processo de concentração cada vez mais intenso, com seus ciclos biogeoquímicos naturais constantemente alterados pelas atividades antropogênicas.



Tabela 3. Algumas propriedades dos principais grupos de substâncias presentes no lodo de esgoto.

SUBSTÂNCIA	TOXICIDADE	ECOTOXICIDADE	SOLUBILIDADE EM ÁGUA	PERSISTÊNCIA	CONCENTRAÇÃO NO LODO
PCDD/F	Alta, carcinogênica	Aquática - Alta Terrestre - Alta Bioacumulação - Alta	Baixa	Alta	Baixa
AOX					Alta, considerado como indicador
PCB	Média, causa tumor, é imunotóxica	Aquática - Alta Terrestre - Alta Bioacumulação - Alta	Baixa	Alta	Baixa e em declínio
PAH	Carcinogênica, mutagênica, teratogênica	Aquática - Alta Terrestre - Alta Bioacumulação - Alta	Baixa	Alta	Alta
LAS	Média	Aquática - Alta Terrestre - média Bioacumulação - Alta	Alta, aumenta mobilidade de outros poluentes	Média	Alta
Nonilfenol	Média, provável efeito estrogênico	Aquática - Alta Terrestre - média Bioacumulação - Alta	Alta	Média	Alta
Óxido de tributil estanho	Alta	Aquática - Alta Bioacumulação - Alta Efeito Endócrino	Média	Alta	Alta
DEHP	Baixa, provável efeito estrogênico	Aquática: média/ baixa Terrestre - baixa Bioacumulação - alta Efeito endócrino	Baixa	Média	Alta

Fonte: Litz (2000).

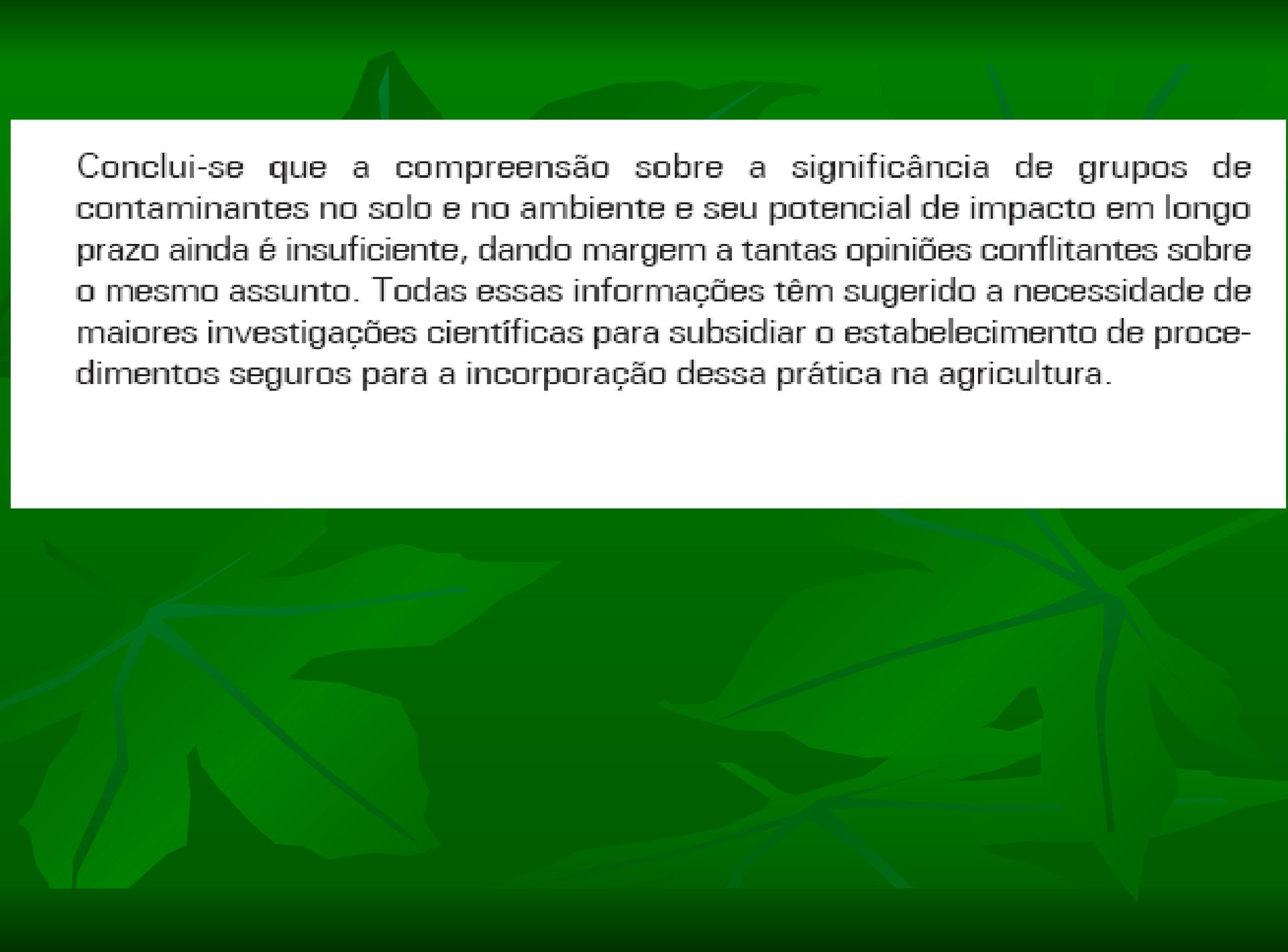


Dessa forma, muitos estudos têm se voltado para o efeito desses produtos nas propriedades físicas e químicas e sobre a biota do solo, avaliando-se, muitas vezes, a resposta das culturas quanto à produção e algumas vezes quanto à qualidade do produto obtido. A preocupação ambiental emergente do uso cada vez mais intenso de restos agrícolas, industriais e urbanos é a quantidade de substâncias tóxicas que se incorpora ao solo. Entre essas, os metais pesados, que passam por um processo de concentração cada vez mais intenso, com seus ciclos biogeoquímicos naturais constantemente alterados pelas atividades antropogênicas.

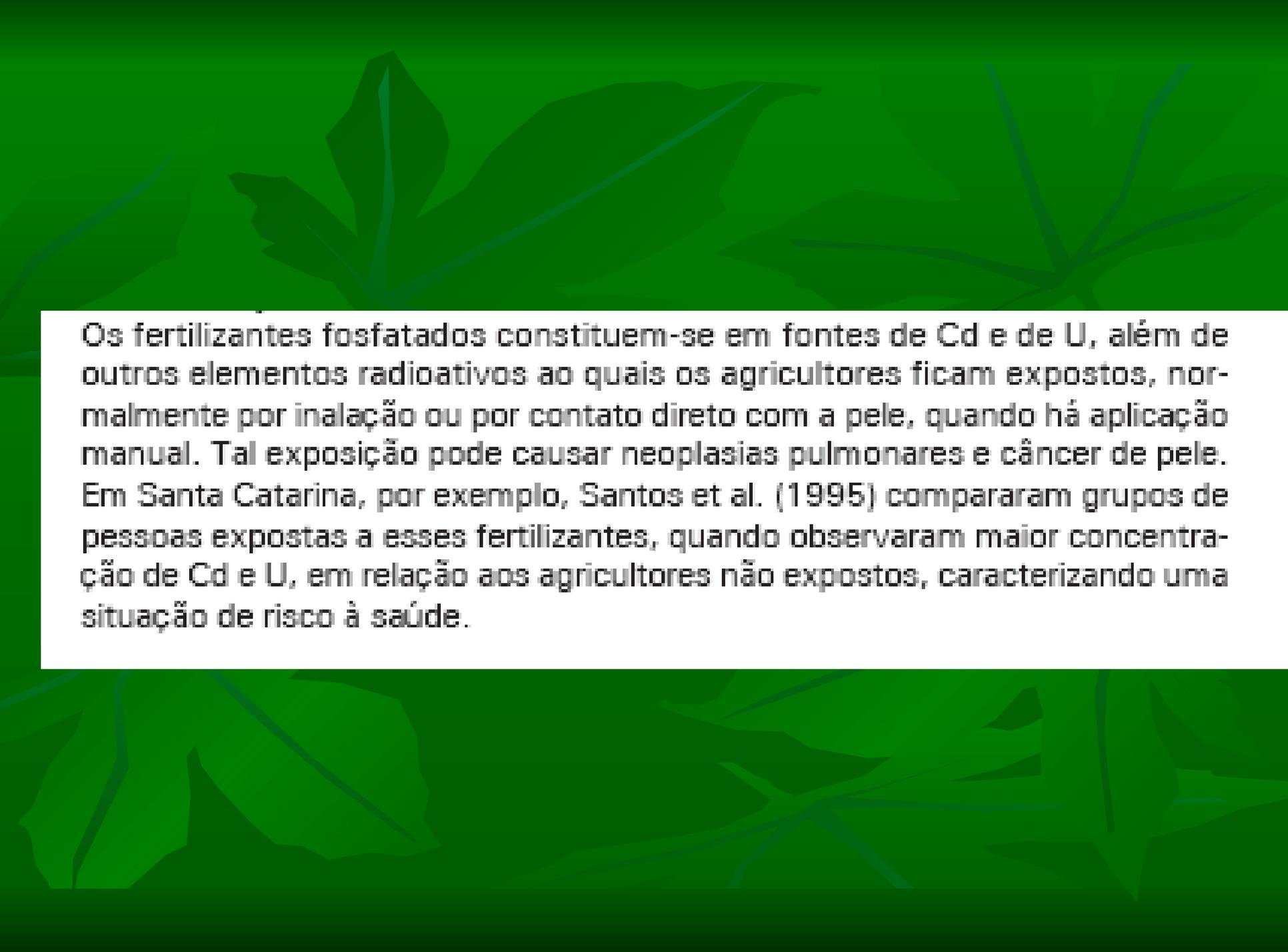
Contaminação em Ambientes aquáticos

Efeitos de diversas substâncias químicas de uso corrente, sobre reprodução e fecundidade, principalmente em animais aquáticos, têm sido estudados. Rolland (2000), em sua revisão sobre o assunto, conclui que concentrações muito baixas (parte por bilhão) de substâncias químicas presentes em alguns ambientes aquáticos podem afetar a fecundidade ou sobrevivência das larvas de algumas espécies de animais ali presentes.

O trabalho de Heilprin et al. (2002) demonstra a possibilidade de transferência de substâncias entre os organismos. Eles estudaram a possibilidade de larvas de insetos serem a causa de contaminação de peixes marinhos que vivem próximos a área de descarga de esgoto, por contaminantes organoclorados, incluindo PCB e DDT. Os peixes apresentaram esses contaminantes no seu aparelho digestivo, e as larvas de insetos parecem representar a preferência alimentar desses peixes. As análises de tecidos das larvas dos insetos revelaram a presença dessas substâncias.

The background of the slide features a lush green scene with various leaves and branches, some in sharp focus and others blurred, creating a sense of depth. A white rectangular box is positioned in the upper half of the image, containing the main text.

Conclui-se que a compreensão sobre a significância de grupos de contaminantes no solo e no ambiente e seu potencial de impacto em longo prazo ainda é insuficiente, dando margem a tantas opiniões conflitantes sobre o mesmo assunto. Todas essas informações têm sugerido a necessidade de maiores investigações científicas para subsidiar o estabelecimento de procedimentos seguros para a incorporação dessa prática na agricultura.

The background of the slide is a close-up photograph of several green leaves, likely from a plant like a geranium, with prominent veins and a slightly serrated edge. The leaves are set against a dark, almost black background, which makes the green color stand out. The lighting is soft, highlighting the texture of the leaf surfaces.

Os fertilizantes fosfatados constituem-se em fontes de Cd e de U, além de outros elementos radioativos ao quais os agricultores ficam expostos, normalmente por inalação ou por contato direto com a pele, quando há aplicação manual. Tal exposição pode causar neoplasias pulmonares e câncer de pele. Em Santa Catarina, por exemplo, Santos et al. (1995) compararam grupos de pessoas expostas a esses fertilizantes, quando observaram maior concentração de Cd e U, em relação aos agricultores não expostos, caracterizando uma situação de risco à saúde.

Efeitos sinérgicos? No solo.

- Poluentes orgânicos
- Lodo de esgoto (biossólido)
- Metais pesados de rochas (fósforo)
- Metais pesados de micronutrientes retirados de rejeitos de indústrias
- Agrotóxicos
- Vinhaça

Considerações

Sérios danos ambientais têm sido causados pelo descarte inadequado de resíduos, quer sejam de origem, urbana, rural ou industrial.

Assim como para as outras opções de disposição dos resíduos, a disposição na área agrícola deve ser extremamente cuidadosa, pois afetará diretamente o solo e todo sua biota, a água com sua fauna e flora, o trabalhador rural, e o alimento.

A aplicação não pode ser generalizada, visto que deve considerar a formação geológica do solo, as suas características atuais, o seu histórico de uso (veja Santa Catarina), e a sua geohidroestrutura.

- Requerendo portanto uma base de estudo detalhada antes da aplicação de materiais que contenham quaisquer substâncias tóxicas ou metais pesados, por mínimo que sejam.
- Segurança alimentar com qualidade ???
- E por ser uma fonte difusa de poluição, a sua remediação é muito dificultada, senão impossível.
- Não existe informação suficiente para uma tomada de decisão
- Legislação sem informação ????? Barreiras não tarifárias.

Referências

- SAITO, M.L. O uso de lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. Jaguariúna: Embrapa. Documentos 64, 2007
- BIZARRO, G.V et al. Teor de Cádmio em fertilizantes comercializados no Brasil. Ciência Rural, Sta Maria v.38 n.1 p.247-250,2008.
- TEIXEIRA, A.O et al Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos suínos. Arq.Bras. Med.Vet. Zootec. V.57 n.4 502-509,2006.



- **GOMES, M.A.F. Et all. Nutrientes Vegetais no meio ambiente: ciclos biogeoquímicos, fertilizantes e corretivos Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, documentos 66, 2^a 2008 64p.**

■ ALLOWAY, B. J. Cadmium. In: ALLOWAY, B. J. Heavy metals in soils. Glasgow: Academic & Professional, 1990. p. 100-124.

COSTA, E. D. Adsorção e competição de alguns metais por ácidos húmicos extraídos de um Latossolo Húmico da região de Araponga, Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 1991. 71 p. Dissertação de Mestrado.

BETIOL, V, CAMARGO, Lodo de sgoto; impactos ambientais na agricultura, Jaguariúmn Embrapa Meio Ambiente 2006 349p

GOMES, M.A.F. Et al. Nutrientes Vegetais no meio ambiente: ciclos biogeoquímicos, fertilizantes e corretivos Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, documentos 66, 2^a 2008 64p.