

# Alfa-Hexaclorociclohexano, Beta-Hexaclorociclohexano e Lindano

## Identificação da substância

**Fórmula química:** C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>

**Nº CAS:** 319-84-6 (alfa-Hexaclorociclohexano); 319-85-7 (beta-Hexaclorociclohexano); 58-89-9 (gama-Hexaclorociclohexano ou lindano)

## Descrição e usos

O hexaclorociclohexano (HCH) é um inseticida organoclorado caracterizado por uma mistura de vários isômeros, principalmente  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ . Na composição percentual do HCH grau técnico, normalmente encontram-se 65 a 70% de alfa-HCH ( $\alpha$ -HCH), 7 a 10% de beta-HCH ( $\beta$ -HCH), 14 a 15% de gama-HCH ( $\gamma$ -HCH) e cerca de 10% de outros isômeros e compostos. Os isômeros apresentam pequenas diferenças nas suas propriedades físicas e químicas, incluindo solubilidade.

Os produtos contendo HCH são usados como inseticida, sendo o gama-HCH, comumente denominado lindano, o isômero que apresenta forte atividade inseticida. O HCH grau técnico, contendo esse isômero é usado principalmente no tratamento de madeira e grãos. Outros usos são como inseticida em frutas e hortaliças, em iscas e no tratamento de sementes para o controle de roedores. O HCH também foi utilizado no combate aos vetores da malária e da doença de Chagas. O lindano é usado como medicamento no tratamento de sarna e piolho.

O alfa-HCH, beta-HCH e lindano fazem parte da lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) da Convenção de Estocolmo, um tratado internacional que visa a eliminação segura desses poluentes e a limitação de sua produção e uso, do qual o Brasil é signatário. Exceção específica é a permissão de uso do lindano como medicamento, no tratamento de segunda linha para o controle de piolho e sarna.

No Brasil, os isômeros alfa e beta-hexaclorociclohexano e o lindano são substâncias reguladas por diversos instrumentos legais. A Lei nº 14.785/2023 dispõe sobre pesquisa, produção, armazenamento e comercialização, registro, controle e fiscalização de agrotóxicos. A proibição do uso agrícola do lindano foi determinada pela Portaria MAPA nº 329/1985, enquanto seu uso em produtos domésticos foi banido pela Portaria MS nº 11/1998. Em 2000, a Resolução RDC Anvisa nº 98/2000 classificou o lindano como uma substância de uso proscrito, ou seja, totalmente proibida no Brasil, salvo como

preservante de madeira. Posteriormente, a Instrução Normativa nº 132/2006 do IBAMA proibiu seu uso como preservante de madeira, e a Resolução RDC Anvisa nº 165/2006 determinou a proibição total do lindano no país, impedindo sua produção, comercialização e importação. Assim, a produção, comercialização e uso dessas substâncias estão proibidas no Brasil, com restrições apenas para aplicações analíticas específicas.

### **Comportamento no ambiente**

O alfa e beta-HCH podem ser liberados a partir da produção de lindano, bem como em lixões e áreas contaminadas. Os isômeros alfa, beta e gama-HCH persistem no ambiente e podem ser encontrados no solo e água superficial, em áreas de disposição de resíduos perigosos.

No ar, os isômeros do HCH podem estar na forma de vapor ou aderidos a pequenas partículas de poeira ou solo, que podem ser removidas pela chuva ou degradadas por outros compostos presentes na atmosfera. Dependendo das condições ambientais, o HCH pode permanecer na atmosfera por longos períodos e ser transportado a longas distâncias. No solo, sedimentos e água, o HCH é degradado em substâncias menos tóxicas por algas, fungos e bactérias de solos, porém esse processo pode ser lento.

O alfa-HCH pode sofrer degradação abiótica e biótica em diferentes taxas e intensidades, dependendo do meio ambiental, das condições do local e do clima. Em regiões tropicais, espera-se que se degrade rapidamente, enquanto em climas frios tende a se acumular. É mais persistente em solos de regiões temperadas que em regiões mais quentes. Os processos de degradação abiótica, como fotólise e hidrólise, não desempenham um papel importante no destino ambiental do beta-HCH e do lindano. Em condições favoráveis, o beta-HCH é suscetível à biodegradação, no entanto, comparado aos isômeros gama-HCH e alfa-HCH, é o mais resistente. Dados de laboratório e de campo sugerem que o beta-HCH é persistente no solo, sobretudo em temperaturas baixas, sendo associado fundamentalmente às partículas e apresentando baixo potencial de lixiviação.

O lindano pode bioacumular facilmente na cadeia alimentar devido a sua alta solubilidade em lipídios e bioconcentrar rapidamente em microrganismos, invertebrados, peixes, pássaros e mamíferos.

### **Exposição humana e efeitos na saúde**

A população geral pode ser exposta ao lindano e outros isômeros do hexaclorociclohexano por ingestão de alimentos e água contaminados com resíduos de agrotóxicos, e por contato cutâneo durante o uso de xampus e loções contendo lindano

para o tratamento de sarna e piolho. Também é possível ser exposto por inalação de ar contaminado, e contato da pele com solo ou água de locais de disposição de resíduos perigosos contendo essas substâncias. O HCH foi detectado no leite materno, o qual constitui uma possível rota de exposição para bebês.

Casos de contaminação por HCH ocorreram no Brasil, como o da Cidade dos Meninos (Rio de Janeiro), onde foram abandonados rejeitos e parte da produção de uma fábrica de HCH grau técnico desativada em 1955, e em Santa Maria (Rio Grande do Sul) devido a presença de resíduos de lindano e alfa-HCH em salsichas do tipo hot-dog.

Os efeitos mais comuns associados a exposição humana aguda por via oral ao  $\gamma$ -HCH são os neurológicos. Indivíduos que ingeriram lindano, intencional ou acidentalmente, na forma de grânulos, medicamentos para escabiose ou alimentos contaminados apresentaram convulsões, vômitos e vertigens.

Efeitos hematológicos como anemia aplástica e alterações na contagem de células brancas do sangue foram observados em indivíduos expostos ao lindano por inalação e/ou contato cutâneo com produtos domésticos contendo lindano ou em trabalhadores. No entanto, a relação causal não foi estabelecida devido à falta de dados sobre a exposição individual. Um estudo realizado com mulheres sugere que níveis elevados de alfa-HCH no sangue periférico podem estar associados com fibroide uterino, anticorpos antitireóide, insuficiência lútea, abortos e alta suscetibilidade a alergias.

Também foi observada associação entre altos níveis de alfa-HCH no sangue materno e retardo do crescimento intrauterino. Outro estudo encontrou níveis sanguíneos mais elevados de alfa e beta-HCH em mulheres com histórico de aborto, contudo não foi possível estabelecer uma relação causal devido à presença concomitante de níveis elevados de outros agrotóxicos.

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica os hexaclorociclohexanos como possíveis cancerígenos humano (Grupo 2B) e o lindano como cancerígeno humano (Grupo 1).

#### Padrões e valores orientadores

Meio	Concentração	Comentário	Referência <sup>1</sup>
Solo			
$\beta$ -HCH	0,011 mg/kg* 0,03 mg/kg* 0,1 mg/kg* 5 mg/kg*	Valor de Prevenção VI cenário agrícola-APMax VI cenário residencial VI cenário industrial	CONAMA 420/2009
Lindano	0,001 mg/kg* 0,02 mg/kg* 0,07 mg/kg* 1,5 mg/kg*	Valor de Prevenção VI cenário agrícola-APMax VI cenário residencial VI cenário industrial	

Meio	Concentração	Comentário	Referência <sup>1</sup>
Solo	0,0003 mg/kg* 0,002 mg/kg* 0,02 mg/kg* 0,04 mg/kg*	Valor de Prevenção VI cenário agrícola VI cenário residencial VI cenário industrial	Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo-CETESB-DD 125/2021/E
HCH alfa	0,001 mg/kg* 0,01 mg/kg* 0,06 mg/kg* 0,2 mg/kg*	Valor de Prevenção VI cenário agrícola VI cenário residencial VI cenário industrial	
HCH beta	0,001 mg/kg* 0,008 mg/kg* 0,06 mg/kg* 0,2 mg/kg*	Valor de Prevenção VI cenário agrícola VI cenário residencial VI cenário industrial	
HCH gama (Lindano)			
Água potável <sup>2</sup>	2 µg/L	VMP (Padrão de potabilidade)	Portaria GM/MS 888/2021
Água subterrânea <sup>2</sup>	2 µg/L	VMP (consumo humano)	CONAMA 396/2008
	4 µg/L	VMP (dessedentação de animais)	
	10 µg/L	VMP (recreação)	
Água subterrânea HCH alfa HCH beta HCH gama (Lindano)	0,05 µg/L 0,17 µg/L 2 µg/L	VI	Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo-CETESB-DD 125/2021/E
Águas doces <sup>2</sup>	0,02 µg/L 2,0 µg/L	VM (classe 1 e 2) VM (classe 3)	CONAMA 357/2005
Águas salinas <sup>2</sup>	0,004 µg/L 0,16 µg/L	VM (classe 1) VM (classe 2)	CONAMA 357/2005
Águas salobras <sup>2</sup>	0,004 µg/L 0,160 µg/L	VM (classe 1) VM (classe 2)	CONAMA 357/2005

<sup>1</sup>As regulamentações podem ter alterações: Resolução CONAMA 420/2009, alterada pela Resolução CONAMA nº 460/2013; Resolução CONAMA nº 357, alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009 e nº 430, de 2011 e complementada pela Resolução nº 393, de 2007; <sup>2</sup>Lindano; \*Peso seco; VI = Valor de Investigação (CONAMA)/ Valor de intervenção (CETESB); APM<sub>ax</sub> = Área de Proteção Máxima; VMP = Valor Máximo Permitido; VM = Valor Máximo.

#### Referências/Sites relacionados

<http://chm.pops.int/>

<http://www.anvisa.gov.br/>

<http://www.atsdr.cdc.gov/>

<http://www.cetesb.sp.gov.br/>

<http://www.epa.gov/>

<http://www.iarc.fr/>

<http://www.mma.gov.br/conama/>

<http://www.who.int/en/>

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>