

Contaminação por pesticidas organoclorados e seus efeitos na Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro: Uma revisão bibliográfica

Daianny Cristine Pereira da Silva

Aluna do Laboratório de Inovações em Terapias, Educação e Bioprodutos - LITEB, Instituto Oswaldo Cruz - IOC/Fiocruz - Rio de Janeiro - Brasil. Graduanda em Engenharia Química Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

✉ daiannycris.2@gmail.com

Patrick Mondaini das Neves

Aluno do Laboratório de Inovações em Terapias, Educação e Bioprodutos - LITEB, Instituto Oswaldo Cruz - IOC/Fiocruz - Rio de Janeiro - Brasil. Graduando em Licenciatura em Química Instituto Federal do Rio de Janeiro - IFRJ

✉ patrick_mondaini@hotmail.com

Viviane Muniz da Silva Fragoso

PhD - Pesquisadora em Saúde Pública Laboratório de Inovações em Terapias, Educação e Bioprodutos - LITEB, Instituto Oswaldo Cruz - IOC/Fiocruz - Rio de Janeiro - Brasil.

✉ viviane.fragoso@ioc.fiocruz.br

Recebido em 21 de julho de 2021

Aceito em 25 de setembro de 2022

Resumo:

Na década de 60, uma fábrica de pesticidas organoclorados finalizou suas atividades e cerca de 300 toneladas de resíduos foram deixados no bairro Cidade dos Meninos em Duque de Caxias - RJ. Essas substâncias contaminaram o solo e a população presente na região. A partir disso, o objetivo desse estudo consiste em compreender os riscos para a saúde relacionados a contaminação por pesticidas, além de conhecer possíveis métodos de remediação e políticas públicas voltadas à população da Cidade dos Meninos. Trata-se de uma revisão bibliográfica de artigos indexados e de outros trabalhos científicos disponíveis em bases de dados como Science Direct, Pubmed e Scielo, em períodos específicos de tempo. Os estudos relacionaram a contaminação por pesticidas organoclorados à manifestação de várias doenças, dentre elas: câncer de mama, câncer testicular, mau desenvolvimento de fetos em gestações, além de alterações na proporção de sexos dos bebês. Em relação aos métodos de remediação que podem ser aplicados, os mais indicados para a Cidade dos Meninos são a fitorremediação e a absorção, necessitando do estudo dos materiais que podem ser utilizados na descontaminação. Concluímos que a contaminação do solo por pesticidas associado ao pouco investimento das autoridades na remoção dos poluentes pode prejudicar a saúde dos moradores locais e adjacentes devido a produção e distribuição de alimentos. Tal panorama justifica a importância de mais estudos e esforços das autoridades no tratamento do solo para reduzir a longo prazo os danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Contaminação, Pesticidas, Saúde, Cidade dos Meninos.

Contamination by organochlorinated pesticides and its effects in Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro: A bibliographic review

Abstract:

In the 1960s, an organochlorinated pesticide factory finished its activities and about 300 tons of the material was left in the Cidade dos Meninos neighborhood in Duque de Caxias - RJ. These substances

contaminated the soil and the population present in the region. Based on this, the objective of this study is to understand the health risks related to pesticide contamination, in addition to knowing possible remediation methods and public policies aimed at the population of the Cidade dos Meninos. This is a bibliographic review of indexed articles and other scientific papers available in databases such as Science Direct, Pubmed and Scielo, in specific time periods. The studies related the contamination by organochlorinated pesticides to the manifestation of several diseases, including: breast cancer, testicular cancer, poor development of fetuses in pregnancies, as well as changes in the proportion of sexes of babies. In relation to the remediation methods that can be applied, the most indicated for the Cidade dos Meninos are phytoremediation and absorption, requiring the study of the materials that can be used in decontamination. We conclude that soil contamination by pesticides associated with little or no investment by authorities in the removal of pollutants can harm the health of local and adjacent residents due to food production and distribution. This scenario justifies the importance of further studies and efforts by authorities in soil treatment to reduce long-term damage to human health and the environment.

Keywords: Contamination, Pesticides, Health, Cidade dos Meninos.

Contaminación por plaguicidas organoclorados y sus efectos en Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro: Una revisión bibliográfica

Resumen:

En los años 60, una fábrica de plaguicidas organoclorados terminó sus actividades y quedaron cerca de 300 toneladas de residuos en el barrio Cidade dos Meninos en Duque de Caxias - RJ. Estas sustancias contaminaron el suelo y la población presente en la región. A partir de esto, el objetivo de este estudio es comprender los riesgos para la salud relacionados con la contaminación por plaguicidas, además de conocer posibles métodos de remediación y políticas públicas dirigidas a la población de Cidade dos Meninos. Es una revisión bibliográfica de artículos indexados y otros trabajos científicos disponibles en bases de datos como Science Direct, Pubmed y Scielo, en periodos de tiempo específicos. Los estudios han relacionado la contaminación por plaguicidas organoclorados con la manifestación de diversas enfermedades, que incluyen: cáncer de mama, cáncer testicular, desarrollo deficiente de los fetos durante el embarazo, además de cambios en la proporción de sexos de los bebés. En cuanto a los métodos de remediación que se pueden aplicar, los más adecuados para Cidade dos Meninos son la fitorremediación y la absorción, requiriendo el estudio de materiales que se puedan utilizar para la descontaminación. Concluimos que la contaminación del suelo por pesticidas asociada con poca inversión por parte de las autoridades en la remoción de contaminantes puede dañar la salud de los residentes locales y adyacentes debido a la producción y distribución de alimentos. Este panorama justifica la importancia de más estudios y esfuerzos de las autoridades en el tratamiento del suelo para reducir los daños a largo plazo a la salud humana y al medio ambiente.

Palabras clave: Contaminación, Plaguicidas, Salud, Cidade dos Meninos.

INTRODUÇÃO

Inicialmente, a Cidade dos Meninos era um complexo composto por moradias e escolas, fixado no município de Duque de Caxias no estado do Rio de Janeiro, idealizado em 1943 por Darcy Vargas para amparar meninas carentes da região. Em 1946, na presença de novos governantes, o complexo foi transferido para a Fundação Abrigo Cristo Redentor, passando a acolher apenas meninos e, posteriormente, aceitando ambos os sexos (HERCULANO, 2002).

Infelizmente, a região era uma zona endêmica da malária e por esse motivo, em 1949, Mário Pinotti, diretor do antigo Serviço Nacional de Malária do Ministério da Educação e Saúde, solicitou o uso de metade da Cidade dos Meninos para instalar o Instituto de Malariologia. Ele conseguiu, inicialmente, oito pavilhões. Naquele mesmo ano, um químico holandês chamado Henk Kemp, detentor do processo industrial de fabricação de hexaclorociclohexano (HCH) visitando a Cidade dos Meninos, sugeriu a Mário Pinotti que ali se produzisse o vulgarmente denominado "pó-de-broca" (HCH) (HERCULANO, 2002; LEMOS *et al*, 2002).

O HCH é um tipo de pesticida organoclorado que poderia ser utilizado para o fim e/ou controle de diversas doenças transmissíveis e endêmicas. Sendo assim, em 1950 a fábrica de HCH foi inaugurada dentro da Cidade dos Meninos, produzindo também pesquisas com outros pesticidas, dentre eles o diclorofeniltricloroetano (DDT). No entanto, apesar de seus benéficos efeitos inseticidas, os pesticidas organoclorados poderiam contaminar não só o meio ambiente como também a população que mantivesse contato direto ou indireto com as substâncias (MELLO, 1999; LOIOLA, 2007).

Em 1960 a fábrica encerrou suas atividades devido a um funcionamento antieconômico, deixando cerca de 300 toneladas de material tóxico que foi disseminado na localidade. O solo contaminado, por exemplo, foi utilizado para aterrar a estrada principal que atravessa a Cidade dos Meninos, a contaminação era encontrada nos terrenos vizinhos a antiga Fábrica, o gado pastava em área contaminada produzindo leite contaminado (MELLO, 1999). Além disso, segundo depoimentos de moradores da Cidade dos Meninos, do fechamento da fábrica até o ano de 1989, o "pó de broca" era comercializado livremente nas feiras e utilizado para combater cupins, ratos e até piolhos, neste caso sendo aplicado diretamente no couro cabeludo das crianças. O caso foi descoberto apenas em 1989 após denúncias e reportagens (LEMOS *et al.*, 2002).

Diante do cenário de contaminação na Cidade do Meninos, nesse trabalho o objetivo foi realizar um levantamento bibliográfico a partir de uma revisão sistemática com a pretensão de compreender os riscos que os compostos organoclorados hexaclorociclohexano (HCH) e diclorodifeniltricloroetano (DDT) representam para a saúde humana. Além disso, conhecer os processos de tratamento do solo e da água contaminados, e de políticas públicas envolvidas no cuidado com a comunidade.

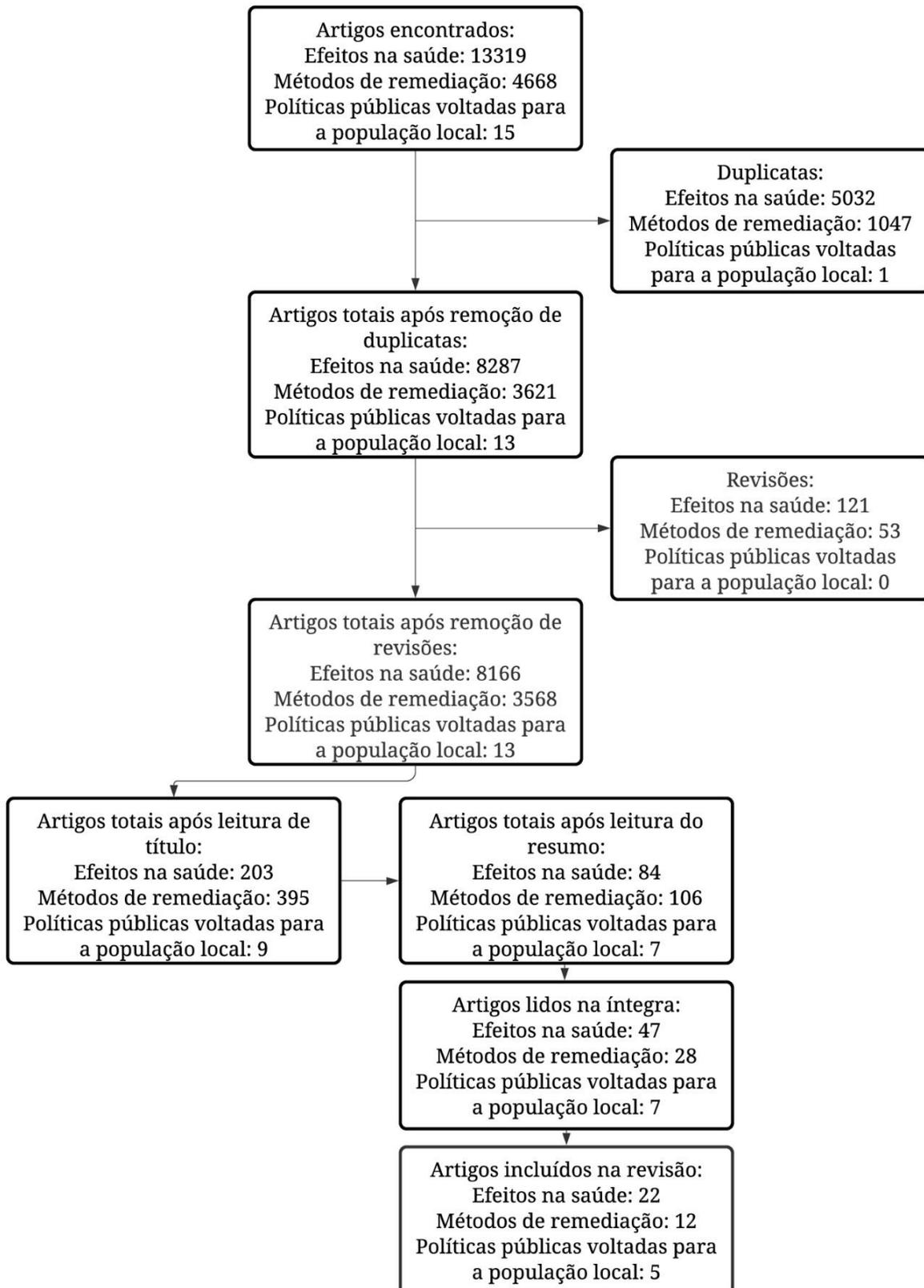
METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão sistemática realizada nas bases de dados Science Direct, Pubmed e Scielo. Foram encontrados artigos, dissertações e teses referentes às consequências da exposição aos pesticidas organoclorados na Cidade dos Meninos (2009 – 2019), aos métodos de tratamento existentes (2004 - 2019) e às políticas públicas adotadas a fim de ajudar a comunidade (1989 - 2009). As palavras-chave utilizadas na busca dos assuntos referentes à cada objetivo deste estudo foram: a) Efeitos dos organoclorados na saúde: “organoclorados”, “organoclorados saúde”, “efeitos organoclorados”, “ddt saúde” e “hch saúde”; b) Métodos de tratamento da água e do solo: “tratamento organoclorados” e “remediação organoclorados”; c) Políticas públicas voltadas para os residentes da região: “auxílio Duque de Caxias”, “auxílio Cidade dos Meninos”, “políticas públicas Duque de Caxias” e “políticas públicas Cidade dos Meninos”. Os títulos e links das teses, dissertações e artigos foram reunidos em uma planilha digital para a devida análise sistemática. O método de tratamento de dados se dividiu em 6 etapas (Figura 1):

- Na primeira etapa, os trabalhos foram separados e organizados em planilhas para seleção de acordo com suas bases de dados de origem.
- Na segunda etapa, procedeu-se a remoção de duplicatas, comparando-se os títulos obtidos nas diferentes bases de dados e removendo-se as cópias.
- Na terceira etapa foram excluídas as demais revisões bibliográficas encontradas durante a busca.
- A partir da quarta etapa, os trabalhos foram selecionados após a leitura dos títulos que estavam de acordo com as palavras-chave definidas na pesquisa, juntamente com os links, que foram incluídos em nova planilha para continuidade da análise.
- Na quinta etapa, realizou-se a leitura dos resumos e os trabalhos foram agrupados de acordo com o assunto de interesse em nova planilha eletrônica.
- Na sexta e última etapa, após a seleção dos resumos de interesse, os artigos foram lidos na íntegra e selecionados para o desenvolvimento da pesquisa de acordo com a relevância e a afinidade dos temas com o objetivo dessa revisão. Os trabalhos e artigos científicos que não apresentaram o assunto de interesse foram descartados.

Todo o processo de tratamento de dados da pesquisa pode ser compreendido após análise do fluxograma da figura 1.

Figura 1. Fluxograma sobre o tratamento da análise sistemática de artigos e teses.



Fonte: Dados do autor.

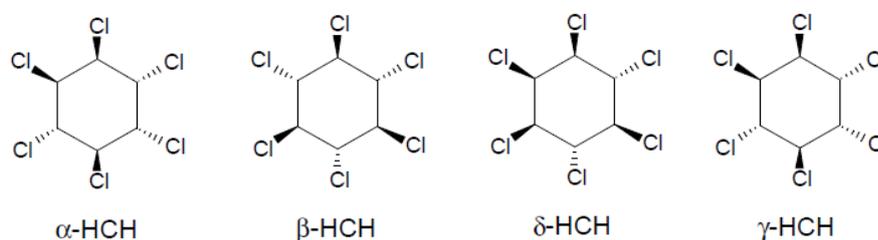
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura dos pesticidas

Os compostos organoclorados (OCs) são altamente estáveis, sua estrutura se baseia em átomos de carbono, hidrogênio e cloro. São substâncias com baixa solubilidade em água e podem sofrer o processo de bioacumulação, ou seja, são absorvidos e se acumulam em organismos de níveis tróficos mais baixos (SANTOS, 2017). Além disso, eles possuem alta toxicidade e meia-vida que pode chegar a 15 anos (JAYARAJ *et al.*, 2017). Devido a essas características esses compostos foram classificados como poluentes orgânicos persistentes (POPs) pela United Nations Environment Programme (SILVA, 2009). Dentre as substâncias que estavam envolvidas no incidente ocorrido na Cidade dos Meninos, chama-se atenção para dois tipos de POPs: hexaclorociclohexano (HCH) e diclorodifeniltricloroetano (DDT).

O 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexaclorociclohexano possui massa molecular $290,85 \text{ g mol}^{-1}$ e fórmula molecular $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ (National Center for Biotechnology Information, 2004). No seu grau técnico, o HCH constituía-se de uma mistura de isômeros e impurezas, com destaque para os isômeros α -HCH, β -HCH, δ -HCH e lindano (γ -HCH) (MENDES, 2001). Lembrando-se que um isômero consiste em substância de propriedade diferente devido à estrutura molecular diferente, apesar de possuir a mesma composição química (Figura 2) (GARCIA, LUCAS E BINATTI, 2015). Na maioria dos países, o HCH deixou de ser produzido a partir do final da década de 70 (VAN ERT & SULLIVAN JR., 1992; Agency For Toxic Substances And Disease Registry, 2005).

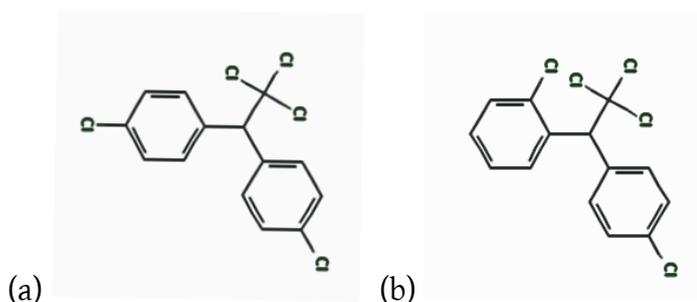
Figura 2. Estrutura molecular dos isômeros do hexaclorociclohexano (HCH).



Fonte: Silva, 2009.

O termo DDT se refere ao composto diclorofeniltricloroetano, 1,1'-(2,2,2-tricloroetilideno)bis[4-clorobenzeno]) ou 1,1,1-tricloro-2,2-di(p-clorofenil)etano. O composto possui massa molecular de 354,5 g mol⁻¹ e fórmula molecular C₁₄H₉Cl₅ (National Center for Biotechnology Information, 2004). Possui dois isômeros (Figura 3): p,p'-DDT e o,p'-DDT (GONZAGA, 2010). Tipicamente, a exposição humana e animal não ocorre apenas ao DDT, mas também ao Diclorodifenildicloroetano (DDD) e Diclorodifenildicloroetileno (DDE) que são produtos de degradação do DDT por interações químicas no ambiente (volatilização e reação com luz solar) ou biotransformação por microrganismos do solo (SILVA, 2009; MESQUITA, 2017). De forma geral, de acordo com WHO (1989) o inseticida DDT é composto por p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDD, o,p'-DDD e impurezas (GONZAGA, 2010).

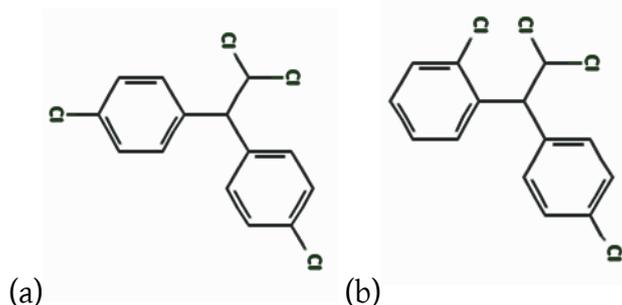
Figura 3. Estrutura molecular dos isômeros do diclorofeniltricloroetano (DDT).



Legenda: (a) - p,p'-DDT; (b) - o,p'-DDT.

Fonte: National Center for Biotechnology Information, 2004.

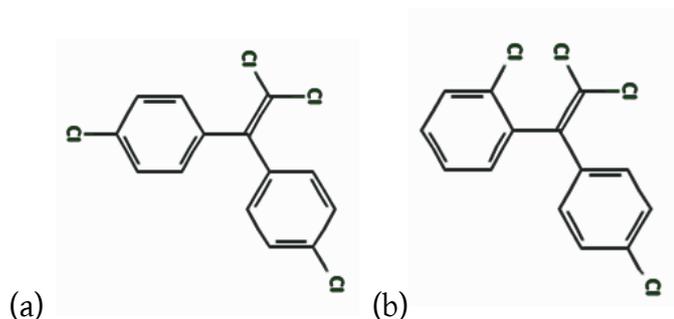
Um dos produtos resultantes da degradação do DDT é o DDD, diclorodifenildicloroetano ou 1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)etano. Possui massa molecular de 320 g mol⁻¹ e sua fórmula molecular é C₁₄H₁₀Cl₄ (National Center for Biotechnology Information, 2004). Seus isômeros são p,p'-DDD e o,p'-DDD (Figura 4).

Figura 4. Estrutura molecular dos isômeros do diclorodifenildicloroetano (DDD).

Legenda: (a) - p,p'-DDD; (b) - o,p'-DDD (Mitotano).

Fonte: National Center for Biotechnology Information, 2004.

Outro produto resultante da decomposição do DDT é o DDE, diclododifenildicloroetileno ou 2,2-bis(p-clorofenil)-1,1-dicloroetileno. Possui massa molecular de $318,02 \text{ g mol}^{-1}$ e sua fórmula molecular é $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{Cl}_4$. Seus isômeros são p,p'-DDE e o,p'-DDE (National Center for Biotechnology Information, 2004) (Figura 5).

Figura 5. Estrutura molecular dos isômeros do diclorodifenildicloroetileno (DDE).

Legenda: (a) - p,p'-DDE; (b) - o,p'-DDE.

Fonte: National Center for Biotechnology Information, 2004.

Efeitos dos pesticidas organoclorados na saúde

Os poluentes organoclorados persistentes (POPs) são substâncias denominadas desreguladores endócrinos pois afetam o funcionamento do sistema endócrino, sendo capazes de se disfarçarem e agirem como agonistas ou antagonistas dos hormônios. A ação antiestrogênica e antiandrogênica dos pesticidas OCs pode ser explicada pela semelhança estrutural destas substâncias com os hormônios endógenos que, dependendo da geometria

da molécula, possibilita “mimetizar” a ação dos hormônios naturais no organismo. Existem também os disruptores endócrinos naturais, mas os seres vivos se adaptaram para conseguir lidar com seus efeitos. Dentre os malefícios identificados causados pela exposição aos organoclorados estão o câncer, transtornos reprodutivos, infertilidade, malformações congênitas, distúrbios do neurodesenvolvimento e puberdade precoce (GUIMARÃES, 2011; CAMPOS, 2014; BASTOS *et al.*, 2013; TOFT, 2014; MENDEZ *et al.*, 2011). As consequências dos pesticidas na saúde estão descritas resumidamente no quadro 1.

Quadro 1 - Apresentação dos estudos sobre os efeitos causados pelos pesticidas organoclorados entre os anos 2009 e 2019.

Autor (es)	Ano da publicação	País	Efeitos da exposição aos OC's
Al-Othman <i>et al.</i>	2015	Arábia Saudita	Níveis elevados de DDT e seus subprodutos encontrados em pessoas com diabetes tipo 2.
Arrebola <i>et al.</i>	2013	Espanha	p,p'-DDE e β -HCH relacionados a um maior risco do desenvolvimento da diabetes tipo 2.
Attaullah	2018	Arábia Saudita, China, Índia, Paquistão	Aumento do risco de câncer para pessoas expostas aos pesticidas.
Bastos <i>et al.</i>	2013	Brasil	p,p'-DDE encontrado em mulheres inférteis, indicando uma possível relação do pesticida com a infertilidade.

Bikas <i>et al.</i>	2019	Grécia, Estados Unidos, Ucrânia	Tratamento com mitotano é capaz de induzir a morte celular em células do câncer de tireoide.
Bornman <i>et al.</i>	2018	África do Sul, Escócia, México	Alteração nos níveis de hormônios sexuais masculinos após a exposição ao DDT e DDE.
Campos	2014	Brasil	Influência dos pesticidas no desenvolvimento cognitivo.
Eldakroory <i>et al.</i>	2017	Egito	Níveis mais altos de DDT encontrados no tecido de câncer de mama, indicando sua ação no desenvolvimento de tumores.
Freire <i>et al.</i>	2012	Brasil, Espanha	POPs podem causar alterações nos níveis hormais da tireoide.
Freire <i>et al.</i>	2014	Brasil	Níveis reduzidos de hormônios em homens e mulheres expostos ao DDT e DDD
Guimarães	2013	Brasil	Alteração na proporção entre os sexos, atraso ou adiantamento na puberdade, baixo peso ao nascer, malformação congênita, prematuridade, alterações de

Contaminação por pesticidas organoclorados e seus efeitos na Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro: Uma revisão bibliográfica

			esperma, abortamento espontâneo.
Giannandrea <i>et al.</i>	2011	Itália	Relação da exposição aos organoclorados com o desenvolvimento de tumor nos testículos
Jebabli	2015	Tunísia	Efeitos do mitotano utilizado em altas concentrações como quimioterápico: astenia, náusea, vômito e inchaço abdominal.
Lee <i>et al.</i>	2011	Coreia, EUA e Noruega	Desenvolvimento de obesidade, dislipidemia e resistência à insulina, precursores comuns do diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares.
Lopez-Espinosa	2011	Espanha	Redução das medidas de recém nascidos cujas mães foram expostas aos compostos organoclorados
Mendez <i>et al.</i>	2011	Espanha, Grécia	Duplicação do risco de crescimento rápido em crianças de mães com peso normal, IMC elevado aos 14 meses.
Meng <i>et al.</i>	2016	China, Estados Unidos	Desenvolvimento de asma em crianças após a exposição aos pesticidas durante a gestação.
Pant <i>et al.</i>	2014	Índia	Redução na qualidade do esperma de homens expostos ao DDE e ao γ -HCH

Persson <i>et al.</i>	2012	Estados Unidos	Exposição ao DDT relacionado ao desenvolvimento do Carcinoma Hepatocelular.
Toft	2014	Dinamarca	Influência na qualidade do sêmen, indução ao câncer testicular, indução a anormalidade do ciclo menstrual e abortos espontâneos, gravidez prolongada, influência no sexo e peso do feto.
Toichuev <i>et al.</i>	2017	Alemanha, Quirguistão e Suíça	Baixo peso ao nascer, malformação congênita, infecções e natimortos, partos prematuros, eclampsia/gestose e infecções após o parto.
Zhang <i>et al.</i>	2017	China	Alimentos com maior quantidade de POPs podem apresentar maior risco de desenvolvimento de tumores malignos.

Fonte: Dados do Autor.

Foi relatada uma alteração na proporção entre os sexos de recém nascidos na Cidade dos Meninos e uma das possíveis causas para tal fato são as alterações hormonais causadas pelos pesticidas. Foram utilizados dados de nascimentos entre 1937 e 2007 da população local residente, estratificado por ter ou não nascido na área. Foi realizada regressão polinomial para avaliar a tendência nas razões de sexo. Nos períodos em que a população utilizava os resíduos dos contaminantes no dia a dia e no período do tratamento do solo, houve uma queda na quantidade de bebês nascidos do sexo masculino em relação ao sexo feminino, e no momento que o consumo dos compostos pela população foi reduzido, a proporção foi maior. Outro ponto relacionado ao uso dos compostos foi o tamanho dos bebês (GUIMARÃES, 2011). Os expostos aos contaminantes durante a gestação nasceram com peso, altura e circunferência da cabeça reduzidos (LOPEZ-ESPINOSA *et al.*, 2011).

O atraso na puberdade também é um problema relacionado à exposição aos disruptores. Na população adolescente local, os meninos apresentam maior ocorrência de puberdade tardia, atraso no surgimento dos pelos pubianos e da ejaculação e menor desenvolvimento dos testículos de acordo com comparações em jovens da mesma faixa etária residentes de outras localidades. Os mesmos atrasos também foram observados nas meninas no início do período menstrual, do desenvolvimento das mamas e do surgimento de pelos pubianos (GUIMARÃES, 2011).

Sua ação no sistema nervoso central foi analisada através de estudos e análises do desenvolvimento cognitivo de crianças e adolescentes moradores da Cidade dos Meninos, sendo possível observar desempenhos abaixo da média com frequências próximas a 40%. Os resultados obtidos foram comparados com estudos realizados em outros locais que também sofreram contaminação pelos pesticidas e a média dos jovens da Cidade dos Meninos foi inferior às demais. Como resultado desta comparação, observou-se que o tempo de exposição aos POPs e a concentração dos mesmos são fatores que ampliam os seus efeitos (CAMPOS, 2014).

A presença dos POPs pode influenciar na fertilidade. Dos compostos analisados, o isômero p,p'-diclorodifenildicloroetileno (DDE) é o que possui maior chance de estar relacionado a casos de infertilidade, ao aborto espontâneo e, assim como o γ -HCH e o DDT, a baixa mobilidade e concentração dos espermatozoides (BASTOS *et al.*, 2013, BORNMAN *et al.*, 2018; PANT *et al.*, 2014; TOFT, 2014).

Existe a relação dos pesticidas organoclorados com o câncer. Em um estudo sobre a influência do DDT no carcinoma hepatocelular, o soro sanguíneo masculino possuía as maiores quantidades do pesticida, indicando sua associação com o desenvolvimento do tumor. Sua presença também foi observada no câncer de mama, onde era mais presente nas amostras retiradas de tumores que de tecidos saudáveis de regiões próximas (ATTAULLAH *et al.*, 2018; ELDAKROORY *et al.*, 2017; PERSSON *et al.*, 2012).

Um composto organoclorado evidencia sua toxicidade até mesmo quando é utilizado como quimioterápico, esse é o caso da ação do o,p'-DDD (mitotano). O carcinoma adrenocortical (ACC) é um tumor sólido raro e agressivo e a terapia com mitotano continua a ser a alternativa de tratamento do ACC. Realizada sua administração por via oral, a substância pareceu ser tolerada em regime de baixa dose - 1 a 3g. Em doses de 6 a 10g, proporcionou efeitos colaterais graves como perda ou diminuição da força muscular (astenia), náusea, vômito e inchaço abdominal (JEBABLI *et al.*, 2015).

Outra forma de câncer que pode ser tratada com o mitotano é o câncer de tireoide. O fármaco foi testado nas concentrações 10, 50 e 100 μ M (10^{-6} mol L $^{-1}$). De acordo com o estudo, a eficácia foi diretamente proporcional à concentração utilizada e é capaz de agir em diferentes organelas das células, sendo capaz de danificar seu DNA e induzir a morte celular (BIKAS *et al.*, 2019).

DDE esteve presente em bebês que tiveram crescimento rápido, pessoas com câncer de testículo, aumento do índice de massa corporal (IMC), desregulação nos hormônios da tireoide e sexuais, triglicerídeos e homa-ir e redução de colesterol HDL, que são indicadores do diabetes tipo 2. Além destes possíveis efeitos, Meng *et al.* (2016) observaram sua presença juntamente com outros organoclorados em crianças com asma (AL-OTHMAN *et al.*, 2014; ARREBOLA *et al.*, 2013; BORNMAN *et al.*, 2018; FREIRE *et al.*, 2012; FREIRE *et al.*, 2014; GIANNANDREA *et al.*, 2011; LEE *et al.*, 2011; MENDEZ *et al.*, 2011; MENG *et al.*, 2016; TOICHUEV *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017).

Neste contexto, esta pesquisa mostrou que os problemas relacionados a saúde da população e ao ambiente devido à exposição aos pesticidas são de grande relevância para a região e o município. Finalizada esta parte da pesquisa, constatamos o grande risco que a população está inserida até o momento. Seguindo a necessidade de buscar mais informações

sobre como estaria o solo e a água da região conduzimos a próxima etapa ao levantamento bibliográfico sobre os métodos de remediação utilizados para o tratamento do solo e da água.

Métodos de tratamento da água e do solo contaminados por POPs

Os métodos de remediação de solo e água, descritos nas literaturas revisadas foram expostos resumidamente no quadro 2. Ao que tange especificamente o solo da região da Cidade dos Meninos, houve a adição de óxido de cálcio (CaO) pela corporação NORTOX S/A (contratada pelo Ministério da Saúde da época) com a intenção de obter a alcalinidade necessária para tentar remover a contaminação por desidrocloração em meio alcalino dos compostos organoclorados. A empresa considerou o tratamento um sucesso, pois análises químicas indicaram a redução de mais de 98% do isômero γ -HCH nos pontos amostrados. Porém, estudos realizados posteriormente concluíram que o tratamento na área foi ineficaz porque os compostos orgânicos inicialmente presentes na área permaneceram em concentrações elevadas (GUIMARÃES, 2011).

Além disso, em 2014 foi realizado um teste sobre o comportamento dos pesticidas frente ao dióxido de titânio (TiO_2), além da aplicabilidade de fotocatalise para degradação de substâncias como HCH e DDT. Concluiu-se que ocorreu a degradação do HCH através da fotocatalise heterogênea utilizando TiO_2 como catalisador. Além disso, p,p'-DDE, p,p'-DDD e p,p'-DDT tiveram suas concentrações diminuídas após a aplicação da técnica de fotocatalise. Entretanto, como o solo da Cidade dos Meninos encontrava-se contaminado por diversos compostos, devido a tentativas sem sucesso de remediação, entendeu-se que era necessário aprofundar os estudos para que fosse possível definir quais compostos sofreriam degradação ao serem submetidos ao processo e quais teriam os intermediários formados (ALMEIDA, 2004).

Outro estudo de 2004 que deve ser destacado, foi de um plantio de espécies de eucalipto no solo da Cidade dos Meninos, com aproximadamente 12.000 m², dividido em dois talhões, um de *Eucalyptus grandis* e outro de *Corymbia citriodora*. O objetivo era de avaliar o potencial da espécie como fitorremediador de área contaminada. Coletaram-se cinco amostras compostas de folhas (três do *C. citriodora* e duas do *E. grandis*) e uma composta de solo em cada um dos talhões estudados para análise de organoclorados por cromatografia gasosa. Foi constatado que a contaminação do solo na área, anos após a desativação da fábrica,

ainda era alta, apesar de apresentar teores mais baixos do que os encontrados em trabalhos utilizados em comparação, o que evidencia a função da espécie como fitorremediador. As análises foliares indicaram a absorção de compostos de pesticidas pelas espécies *E. grandis* e *C. citriodora*, porém em baixas concentrações (BUOSI & FELFILI, 2014).

Em outros países, a técnica de remediação por meio aquoso contaminado foi utilizada através de uma tentativa de remoção dos pesticidas organoclorados com cápsulas de quitosan e farinha de casca de caranguejo. Esse procedimento se mostrou altamente efetivo levando-se em consideração a soma das concentrações dos poluentes variando entre 2,0 a 2,8 ng mL⁻¹. Foi constatada também a utilização de nanotubos de carbono de parede múltipla (MWCNTs) e de parede única (SWCNTs) para capturar DDTs e HCHs em sedimentos de lagos na China, evitando a liberação dessas substâncias na água (GUO *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2016).

Em 2013, Cao *et al.* realizaram o tratamento com a técnica de eletrocinese em solo contaminado retirado de uma antiga fábrica de pesticidas em Jiangsu, China, resultando em uma remoção máxima de 34,8% para o isômero α -HCH. Em seguida, o processo de Fenton com ferro zero valente, EDTA e Air (ZVI / EDTA / Air) foi aplicado para ampliar a efetividade do tratamento, atingindo um máximo de 70,7%, novamente para o α -HCH. A remoção do DDT e seus isômeros é mais difícil pois os compostos são menos solúveis em água e possuem uma maior cadeia carbônica. Ni *et al.* testaram, em uma amostra do solo de uma fábrica desativada de pesticidas no sudoeste da China, a reação de Fenton com o acréscimo de ácido etilenodiamino tetra acético (EDTA) e observou-se a degradação de DDT e seus metabólitos. Além disso, constatou-se a degradação do DDT mediada por ferro zero valente em nano escala (nZVI), a meia-vida de p, p'-DDT diminuiu significativamente de 58,3h para 27,6h com dosagem de nZVI de 0,5 a 2,0% (HAN *et al.*, 2015).

Utilizaram-se também métodos de biorremediação e fitorremediação nos solos contaminados. Foi testada a combinação da cepa DXZ9 de *Stenotrophomonas sp.* com azevém para remover contaminantes DDT e DDE do solo em condições naturais. A combinação da cepa DXZ9 e azevém elevaram as taxas de remoção para 81% para DDT e 55% para DDE (69% para ambos). Constatou-se a utilização de uma técnica integrada (nano-bio) envolvendo o uso de nanopartículas bimetálicas estabilizadas com Pd / Fe 0 (CMC-Pd / n Fe 0) e uma *Sphingomonas sp.* cepa NM05, na degradação de γ -HCH (lindano) no solo. Os resultados revelaram que a

eficiência da degradação de γ -HCH é ~ 1,7–2,1 vezes maior no sistema integrado em comparação com o sistema que contém NM05 ou CMC-Pd / n Fe 0 sozinho (Singh *et al.*, 2013). A combinação de óleo de girassol com metil- β -ciclodextrina (MCD) e sonicação do solo apresentou resultados muito positivos na remoção dos pesticidas, a eficiência de remoção foi em cerca de 99% com o aumento da temperatura, da concentração do óleo e da quantidade de repetições do procedimento (XIE, ZHU E WANG, 2018; YE *et al.*, 2014) (Quadro 2).

Quadro 2 - Estudos testes de remediação de solo e água no mundo realizados no período estipulado.

Autor (es)	Ano da publicação	País	Método de remediação utilizado
Almeida	2004	Brasil	Degradação do HCH através da fotocatalise heterogênea utilizando dióxido de titânio como catalisador.
Buosi & Felfili	2004	Brasil	Avaliação do potencial de espécies de eucalipto como agente fitorremediador do solo da Cidade dos Meninos.
Cao <i>et al.</i>	2012	China	Processo de Fenton com ferro zero valente, EDTA e Air (ZVI / EDTA / Air) utilizado na degradação de DDT e DDE no solo.
Guimarães	2011	Brasil	Adição de óxido de cálcio (CaO) no solo da Cidade dos Meninos.
Guo <i>et al.</i>	2017	China	Sequestro in situ de HCHs e DDTs em sedimentos por

			nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNTs).
Han <i>et al.</i>	2015	China	Degradação do DDT mediada por ferro zero valente em nano escala (nZVI) em ambiente anaeróbico.
Lu <i>et al.</i>	2010	China	Uso de casca de caranguejo e pó de quitosana para a redução de pesticidas organoclorados solúveis em água.
Ni <i>et al.</i>	2018	China	Aplicações eletrocinéticas individuais (IE), acopladas a EK-Fenton (EF) na remediação de solos contaminados por HCH e DDT.
Singh <i>et al.</i>	2013	Índia	Técnica integrada (nano-bio) envolvendo o uso de nanopartículas bimetálicas estabilizadas (CMC-Pd / n Fe O) e uma <i>Sphingomonas</i> sp. cepa NM05, na degradação de γ -HCH (lindano).
Xie, Hui; Zhu, Lusheng; Wang, Jun	2018	China	Combinação da cepa DXZ9 de <i>Stenotrophomonas</i> sp. com azevém (<i>Lolium multiflorum</i>) para remover contaminantes DDT e DDE do solo em condições naturais.
Ye <i>et al.</i>	2014	China	MCD e o óleo de girassol utilizados para lavagem de solo contaminado por pesticidas organoclorados.

Zhang <i>et al.</i>	2016	China	Nanotubos de carbono utilizados para absorver DDTs e HCHs em sedimentos do lago Dong-ting.

Fonte: Dados do autor.

Diante da dificuldade de tratamento da água e do solo da Cidade dos Meninos acreditamos que a população da região e das localidades próximas ainda estão expostas aos pesticidas e seus derivados, que são tão prejudiciais à saúde. Essa situação em que vive os moradores da Cidade dos Meninos e de seu entorno mostrou a necessidade da implementação de medidas para promover a promoção da saúde através de políticas públicas direcionadas a essa localidade. Seguindo esse contexto buscamos investigar na literatura se políticas públicas foram elaboradas a fim de estabelecer soluções para tantos problemas gerados após a contaminação.

Políticas públicas voltadas a população da Cidade dos Meninos

Há um histórico de políticas públicas empregadas iniciadas no ano de 1989. Neste ano, a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro retirou cerca de 40 toneladas de HCH que foram armazenados em bombonas de 220 litros na Refinaria Duque de Caxias da Petróleo Brasileiro S/A. Essa operação de retirada do HCH foi documentada no relatório Operação hexaclorobenzeno – BHC – pó-de-broca, encaminhado no dia 10 de outubro de 1989 pelo diretor do Departamento-Geral de Apoio Comunitário a seu superior, o secretário da Defesa Civil do Rio de Janeiro, e à Secretaria de Estado do Meio Ambiente (LEMOS, 2002).

Em maio de 1990, a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (FEEMA) encaminhou um relatório à Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, órgão do Ministério da Saúde, traçando um quadro que mostrava a gravidade da situação e indicava estratégias para solucionar o problema. A FEEMA também propôs medidas de emergência para remover os resíduos químicos e promover sua incineração. Em relação ao

solo contaminado, recomendou a construção de uma caixa de concreto selada para sua armazenagem; a cobertura de uma área, com argila compactada, e o monitoramento sistemático do lençol freático para verificação de possível contaminação. Além disso, propôs a realização de diversos exames para a avaliação da contaminação da população local. (ALMEIDA, 2004)

A Procuradoria-Geral de Justiça do Estado do Rio de Janeiro, em 1991, moveu uma ação contra o Ministério da Saúde exigindo o encaminhamento imediato das ações necessárias para a recuperação da área e preservação da saúde da população, incluindo o afastamento desta da área contaminada (MPE/RJ, PROCESSO No. 91.0033301-8, 1991; OLIVEIRA, 2008).

A FIOCRUZ realizou um amplo trabalho de levantamento para determinar as concentrações de isômeros de HCH no solo de toda a área da Cidade dos Meninos. O CESTE/ENSP/FIOCRUZ realizou, em 1990, a avaliação de 44 indivíduos que residiam próximo à área foco. As concentrações residuais de HCH encontradas no plasma sanguíneo destes indivíduos foi até 63 vezes maior que as observadas em indivíduos não expostos. Os técnicos da FIOCRUZ reforçaram, em relatório apresentado em 1991, a solicitação da Procuradoria-Geral em afastar a população residente nas proximidades da área foco principal de contaminação (DOMINGUEZ, 2001)

Após o término das análises iniciais das amostras de solo, água e sangue, o Ministério da Saúde reconheceu a gravidade da situação e contratou a empresa privada NORTOX S/A com o objetivo de descontaminar a área foco. Em correspondência ao ministro da Saúde, pesquisadores da Pontifícia Universidade Católica e da Universidade Federal do Rio de Janeiro alegaram que o processo de aplicação de cal virgem feito pela NORTOX S/A poderia resultar na formação de compostos mais tóxicos e voláteis, além de aumentar a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas e ampliação da área contaminada (ALMEIDA, 2004; LEMOS *et al.*, 2002).

O Ministério da Previdência e Assistência Social, em janeiro de 1996, concluiu o processo de desativação da unidade Cidade dos Meninos com a transferência de cerca de 650 crianças e o remanejamento do pessoal. No entanto, ainda restaram famílias que ali residiam. Dessa maneira, para conhecer as rotas de exposição humana aos resíduos químicos, o que era imprescindível para a adoção de medidas eficazes de proteção da população, a Organização Pan-Americana da Saúde, com recursos do Ministério da Saúde, no âmbito de projeto de

cooperação técnica, incumbiu-se da contratação de empresa para realizar estudo de avaliação de risco à saúde humana. O estudo foi concluído em março de 2002 (LEMOS *et al.*, 2002).

Outro estudo foi proposto pelo Ministério da Saúde com a finalidade de identificar estratégias de acompanhamento da saúde da população no que se refere à contaminação e que seria efetuado por meio de contrato de consultoria com a Organização Pan-Americana da Saúde (Comissão Técnica Assessora ao Ministério da Saúde, instituída pela Portaria /GM n.º896, 2003)

A partir disso, foi criado um relatório afirmando que as informações produzidas atestavam a existência de rotas completas (alimentos e solo) e potenciais (água e ar) de exposição humana. Existia na área uma mistura, em concentrações diversas, de isômeros do HCH, DDT e seus metabólitos, triclorofenol, triclorobenzeno, dioxinas e furanos; e com base na literatura internacional e nos dados disponíveis não seria possível determinar onexo causal entre exposição e doença. Esse relatório recomendou a interrupção imediata da exposição da população aos resíduos organoclorados, por meio da eliminação das rotas identificadas; a proibição do uso da área para fins habitacionais e para a produção agropecuária; o acompanhamento de saúde, de forma organizada e sistemática da população exposta, estabelecendo-se um vínculo entre a população e os serviços de saúde. Além disso, no relatório também foi descrito a realização de um diagnóstico precoce das doenças visando à intervenção na fase inicial das patologias que fossem identificadas; o funcionamento articulado entre centros de referência clínica, laboratorial, hospitalar e a rede básica de assistência à saúde, além de outras medidas. O Ministério da Saúde implementou, durante o período 1999-2002, uma série de ações no sentido de resolver a contaminação ambiental em bases técnicas sólidas e proteger a saúde da população exposta (Comissão Técnica Assessora ao Ministério da Saúde, instituída pela Portaria /GM n.º896, 2003; LEMOS *et al.*, 2002; OLIVEIRA, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contato com os pesticidas é capaz de causar danos a médio e longo prazo, sendo mais perigoso conforme aumenta o tempo de exposição, já que os compostos são capazes de se acumular no organismo e são dificilmente degradáveis devido a sua estabilidade molecular. Dentre os principais riscos apresentados pelos compostos, os mais comuns encontrados nos

estudos foram o desenvolvimento de tumores e efeitos no sistema endócrino com alterações nos hormônios sexuais estimulando a puberdade precoce.

Os métodos de remediação que poderiam ser aplicados na Cidade dos Meninos são a fitorremediação e a absorção. Apesar de sua eficácia, a biorremediação se torna inviável para o local devido ao seu alto custo, levando em consideração a extensão da contaminação. Restam ser estudados quais os melhores materiais que podem ser utilizados na descontaminação, aliando a taxa de remoção dos poluentes e a preservação do meio ambiente.

Em contrapartida, há uma incerteza quanto ao descarte dos produtos utilizados no tratamento da região. Devido à alta toxicidade dos contaminantes absorvidos, o mais indicado é que eles não deveriam ser usados para a alimentação, ou qualquer outro tipo de interação que resulte na absorção dos poluentes pelo corpo humano. Como sugestão de alternativa, o plantio de árvores no local poderia servir para a produção de papel.

Diante dessa revisão percebemos que a comunidade e o seu entorno podem estar muito vulneráveis a doenças e não terem conhecimento dos riscos associados. Sendo assim, a idealização de pesquisas que envolvam o monitoramento das taxas dos contaminantes em produções agrícolas da região ou até mesmo na população, através de exames clínicos, podem despontar como uma importante ferramenta. O monitoramento deverá aliar-se a uma boa comunicação do órgão pesquisador com a comunidade, explicitando-se os riscos através de palestras explicativas para conscientizar a população presente nessa região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Hexachlorocyclo-hexane**. ATSDR, 2005. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts43.pdf>; Acesso em: 4 mar. 2020.

ALMEIDA, E. I. N.; **Remediação de solos contaminados com hexaclorociclohexano através da utilização do dióxido de titânio: estudo na Cidade dos Meninos**; Dissertação (Mestrado); Rio de Janeiro; Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, 2004; Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/5452>; Acesso em: 25 set. 2019.

AL-OTHMAN, A. A.; ABD-ALRAHMAN, S. H.; AL-DAGHRI, N. M.; **DDT and its metabolites are linked to increased risk of type 2 diabetes among Saudi adults: a cross-sectional study**; Arábia Saudita; Environmental Science and Pollution Research, 2014, vol. 22, n. 1, pp. 379-386; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3371-0>; Acesso em: 22 maio 2020.

ARREBOLA, J. P.; PUMAREGA, J.; GASULL, M.; FERNANDEZ, M. F.; MARTIN-OLMEDO, P.; MOLINA-MOLINA, J. M.; FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; PORTA, M.; OLEA, N.; **Adipose tissue concentrations of persistent organic pollutants and prevalence of type 2 diabetes in adults from Southern Spain**; Espanha; Environmental Research, 2013, vol. 122, pp. 31-37; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.12.001>; Acesso em: 22 maio 2020.

ATTAULLAH, M.; YOUSUF, M. J.; SHAUKAT, S.; ANJUM, S. I.; ANSARI, M. J.; BUNERI, I. D.; TAHIR, M.; AMIN, M.; AHMAD, N.; KHAN, S. U.; **Serum organochlorine pesticides residues and risk of cancer: A case-control study**; Arábia Saudita; Saudi Journal of Biological Sciences, 2018, vol. 25, n. 7, pp. 1284-1290; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.023>; Acesso em: 27 maio 2020.

BASTOS, A. M. X.; SOUZA, M. C. B.; ALMEIDA FILHO, G. L.; KRAUSS, T. M.; PAVESI, T.; SILVA, L. E.; **Organochlorine compound levels in fertile and infertile women from Rio de Janeiro, Brazil**; Brasil; Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia [online], 2013, vol. 57, n. 5, pp. 346-353; Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302013000500003>; Acesso em: 15 out. 2019.

BIKAS, A.; JENSEN, K.; PATEL, A.; COSTELLO, J.; KALTSAS, G.; HOPERIA, V.; WARTOFISKY, L.; BURMAN, K.; VASKO, V.; **Mitotane induces mitochondrial membrane depolarization and apoptosis in thyroid cancer cells**; Grécia; International Journal of Oncology, 2019, vol. 55, n. 1, pp. 7-20; Disponível em: <https://dx.doi.org/10.3892%2Fijo.2019.4802>; Acesso em: 27 maio 2020.

BORNMAN, M.; DELPORT, R.; FARÍAS, P.; ANECK-HAHN, N.; PATRICK, S.; MILLAR, R. P.; JAGER, C.; **Alterations in male reproductive hormones in relation to environmental DDT exposure**; África do Sul; Environment International, 2018, vol. 113, pp. 281-289; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.12.039>; Acesso em: 22 maio 2020.

BUOSI, D. & FELFILI, J. M.; **Recuperação de áreas contaminadas por pesticidas organoclorados na Cidade dos Meninos, município de Duque de Caxias, RJ**; Rev. Árvore vol.28 no.3; Viçosa, 2014; Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000300018&lang=pt; Acesso em: 15 out. 2019.

CAMPOS, E. A.; **Exposição a pesticidas organoclorados e desenvolvimento cognitivo em crianças e adolescentes residentes em Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, RJ**; Rio de Janeiro; 2014; Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente); Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/24357>; Acesso em: 8 set. 2019.

CAO, M.; WANG, L.; WANG, L.; CHEN, J.; LU, X.; **Remediation of DDTs contaminated soil in a novel Fenton-like system with zero-valent iron**; China; Chemosphere, 2013, vol. 90, n. 8, pp. 2303-2308; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.09.098>; Acesso em: 17 nov. 2019.

Comissão Técnica Assessora ao Ministério da Saúde, instituída pela Portaria /GM n.º 896. **Exposição humana a resíduos organoclorados na Cidade dos Meninos, Município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro: relatório de trabalho da Comissão Técnica Assessora ao Ministério da Saúde**; 2003; Disponível em:

http://bvsm.sau.de.gov.br/bvs/publicacoes/exposicao_humana_residuos_organoclorados_cidade_meninos_2ed.pdf; Acesso em: 15 out. 2019.

DOMINGUEZ, L.A.E.; **Determinação de focos secundários de contaminação por hexaclorociclohexano no solo da Cidade dos Meninos, Duque de Caxias (RJ)**; Dissertação de Mestrado – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da Fundação Oswaldo Cruz; 2001; Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4925>; Acesso em: 15 out. 2019.

ELDAKROORY, S. A.; EL MORSI, D. A.; ABDEL-RAHMAN, R. H.; ROSHDY, S.; GOUIDA, M. S.; KHASHABA, E. O.; **Correlation between toxic organochlorine pesticides and breast cancer**; Egito; Human and Experimental Toxicology, 2017, vol. 36, n. 12, pp. 1326-1334; Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0960327116685887>; Acesso em: 22 maio 2020.

FREIRE, C.; KOIFMAN, R. J.; SARCINELLI, P. N.; ROSA, A. C. S.; CLAPAUCH, R.; KOIFMAN, S. **Association between serum levels of organochlorine pesticides and sex hormones in adults living in a heavily contaminated area in Brazil**; Brasil; Environmental Health; 2014, vol. 217, n. 2-3, pp. 370-378; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.07.012>; Acesso em: 22 maio 2020.

FREIRE, C.; KOIFMAN, R. J.; SARCINELLI, P.; ROSA, A. C.; CLAPAUCH, R.; KOIFMAN, S.; **Long term exposure to organochlorine pesticides and thyroid function in children from Cidade dos Meninos, Rio de Janeiro, Brazil**; Brasil; Environmental Research, 2012, vol. 117, pp. 68-74; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.06.009>; Acesso em: 27 maio 2020.

GARCIA, C. F.; LUCAS, E. M. F.; BINATTI, I.; **Química orgânica: Estrutura e propriedades**; Porto Alegre; Brasil, 2015, Bookman Editora. p. 78.

GIANNANDREA, F.; GANDINI, L.; PAOLI, D.; TURCI, R.; FIGÀ-TALAMANCA, I.; **Pesticide exposure and serum organochlorine residuals among testicular cancer patients and healthy controls**; Itália; Journal of Environmental Science and Health, Part B, 2011, vol. 46, pp. 780-787; Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21902556/>; Acesso em: 27 maio 2020.

GONZAGA, G. R.; **Diagnóstico e avaliação da contaminação por compostos orgânicos persistentes no baixo rio paraíba do sul e seu estuário**; Dissertação (Mestrado); Rio de Janeiro; 2010; Disponível em: <http://ead.uenf.br/moodle/mod/resource/view.php?id=5157>; Acesso em: 20 dez. 2019.

GUIMARÃES, R. M.; **Exposição a organoclorados e alterações em caracteres sexuais primários e secundários em Cidade dos Meninos; Rio de Janeiro**; Tese (Doutorado); Rio de Janeiro; 2011; Disponível em: <http://www.posgraduacao.iesc.ufrj.br/media/tese/1368466441.pdf>; Acesso em: 15 out. 2019.

GUO, Y.; CUI, L.; ZENG, G.; GONG, J.; SU, C.; YANG, C.; XU, P.; **Sequestration of HCHs and DDTs in sediments in Dongting Lake of China with multiwalled carbon nanotubes: implication for in situ sequestration**; China; Environmental Science and Pollution Research, 2017, vol. 24, n. 8, pp. 7726-7739; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8468-9>; Acesso em: 18 maio 2020.

HAN, Y.; SHI, N.; WANG, H.; PAN, X.; FANG, H.; YU, Y.; **Nanoscale zerovalent iron-mediated degradation of DDT in soil**; China; Environmental Science and Pollution Research International, 2015, vol. 23, n. 7, pp. 6253-6263; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5850-3>; Acesso em: 18 maio 2020.

HERCULANO, S.; **Exposição a riscos químicos e desigualdade social: o caso do HCH (Hexaclorociclohexano) na Cidade dos Meninos, RJ**; Brasil; Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2002, vol. 5, p. 61-71; Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v5i0.22117>; Acesso em: 13 set. 2019.

JAYARAJ, R.; MEGHA, P.; SREEDEV, P.; **Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment**; Índia; Interdisciplinary Toxicology, 2017, vol. 9, n. 3-4, p. 90-100; Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1515%2Fintox-2016-0012>; Acesso em: 20 dez. 2019.

JEBABLI, N.; GAÏES, E.; ELJEBARI, H.; CHARFI, R.; LAKHAL, M.; KLOUZ, A.; SALOUAGE, I.; TRABELSI, S.; **Contribution of Therapeutic Monitoring in the Assessment of Toxic Adverse Effects of Mitotane: a Case**

Contaminação por pesticidas organoclorados e seus efeitos na Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro: Uma revisão bibliográfica

Report.; França; Therapies, 2015, vol. 70, n. 6, pp. 545-546; Disponível em: <https://doi.org/10.2515/therapie/2015043>; Acesso em: 18 maio 2020.

LEE, D.; STEFFES, M. W.; SJÖDIN, A.; JONES, R. S.; NEEDHAM, L. L.; JACOBS JR., D. R.; **Low Dose Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls Predict Obesity, Dyslipidemia, and Insulin Resistance Among People Free of Diabetes**; Coréia, PLOS ONE, 2011, vol. 6, n. 1; 2011; Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015977>; Acesso em: 22 out. 2019.

LEMONS, A. B. L.; TESS, B. H. C.; BUOSI, D.; ROLLEMBERG, M.; CAVALCANTE, N.; SOUZA, V. N. G.; **Atuação do ministério da saúde no caso de contaminação ambiental por pesticidas organoclorados, na Cidade dos Meninos, município de Duque de Caxias, RJ**; Distrito Federal; 2002; Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/abril/05/ATUACAO-DO-MINISTERIO-DA-SAUDE-em-Cidade-dos-Meninos.pdf>; Acesso em: 10 set. 2019.

LOIOLA, E. C. D.; **Determinação de resíduos de hexaclorociclohexano \ "HCH\ " no soro sanguíneo de trabalhadores expostos no Arquivo Histórico de Joinville na década de 80**; Dissertação (Mestrado); São Paulo; 2007; Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.85.2007.tde-16052012-145059>; Acesso em: 22 set. 2019.

LOPEZ-ESPINOSA, M.; MURCIA, M.; IÑIGUEZ, C.; VIZCAINO, E.; LLOP, S.; VIOQUE, J. GRIMALT, J. O.; RABAGLIATO, M.; BALLESTER, F.; **Prenatal exposure to organochlorine compounds and birth size**; Espanha; Pediatrics, 2011, vol. 128, n. 1, pp 127-134; Disponível em: <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1951>; Acesso em: 27 maio 2020.

LU, L. C.; WANG, C. I.; SYE, W. F.; **Applications of chitosan beads and porous crab shell powder for the removal of 17 organochlorine pesticides (OCPs) in water solution**; China; Carbohydrate Polymers, 2011, vol. 83, n. 4, pp 1984-1989; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.003>; Acesso em: 02 nov. 2019.

MELLO, J. L.; **Avaliação da contaminação por HCH e DDT, dos leites de vaca e humano, provenientes da Cidade dos Meninos, Duque de Caxias - RJ**; Dissertação (Mestrado); Escola Nacional de Saúde Pública - Fundação Oswaldo Cruz; 1999; Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4643>; Acesso em: 15 set. 2019.

MENDES, R.; **Hexaclorociclohexano (HCH) e a Saúde Humana: Síntese do Estágio Atual do Conhecimento e Identificação das Principais Questões Controversas**; 2001, Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-ocasionadas-pelo-meio-ambiente/doc/2001hexaclorociclohexano.pdf>; Acesso em: 20 set. 2019.

MENDEZ, M. A.; GARCIA-ESTEBAN, R.; GUXENS, M.; VRIJHEID, M.; KOGEVINAS, M.; GOÑI, F.; FOCHS, S.; SUNYER, J.; **Prenatal Organochlorine Compound Exposure, Rapid Weight Gain, and Overweight in Infancy**; Espanha; Environmental Health Perspectives, 2011, vol. 119, n. 2, pp 272-278; Disponível em: <https://doi.org/10.1289/ehp.1002169>; Acesso em: 24 out. 2019.

MENG, G.; FENG, Y.; NIE, Z.; WU, X.; WEI, H.; WU, S.; YIN, Y.; WANG, Y.; **Internal exposure levels of typical POPs and their associations with childhood asthma in Shanghai**; China; Environmental Research, 2016, vol. 146, pp, 125-135; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.026>; Acesso em: 27 maio 2020.

MESQUITA, K. A.; **Estudo dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) no sedimento da represa BILLINGS - SP via Cromatografia a Gás acoplada à Espectrometria de Massas**; Dissertação de Mestrado - IPEN/USP; São Paulo, 2017; Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-23102017-115049/publico/2017MesquitaEstudo.pdf>; Acesso em: 2 mar. 2020.

MPE/RJ (Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro). **Ação Civil Pública No. 91.0033301-8 impetrada contra a União Federal. Rio de Janeiro (RJ)**; 30 jul. 1991.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 88665681**; Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/88665681>; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 129630738, Dicloro-difenil-tricloroetano**; Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dichloro-diphenyl-trichloroethane>; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 3036, Clofenotano**; Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Clofenotane>; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **PubChem Compound Summary for CID 13089, O,P'-Ddt**; Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/O_P_-Ddt; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 6294, p, p'-DDD**; Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/p_p_-DDD; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 4211, Mitotano**; Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Mitotane>; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 3035, p, p'-DDE**; Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/p_p_-DDE; Acesso em: 18 maio 2020.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION; National Library of Medicine (EUA); Bethesda (MD), 2004. **Resumo do composto PubChem para CID 246598, O, P'-Dde**; Disponível em: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/O_P_-Dde; Acesso em: 18 maio 2020.

NI, M.; TIAN, S.; HUANG, Q.; YANG, Y.; **Electrokinetic-Fenton remediation of organochlorine pesticides from historically polluted soil**; China, Environmental Science and Pollution Research, 2018, vol. 25, n. 12, pp 12159-12168; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1479-3>; Acesso em: 05 nov. 2019.

OLIVEIRA, R. M.; **Cidade dos meninos, Duque de Caxias, RJ, linha do tempo sobre a contaminação ambiental e humana**; Tese de Doutorado apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca; Rio de Janeiro; 2008; Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4563>; Acesso em: 15 out. 2019.

PANT, N.; SHUKLA, M.; UPADHYAY, A. D.; CHATURVEDI, P. K.; SAXENA, D. K.; GUPTA, Y. K.; **Association between environmental exposure to p, p'-DDE and lindane and semen quality**; Índia; Environmental Science and Pollution Research International, 2014, vol. 21, n. 18, pp. 11009-11016; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2965-x>; Acesso em: 22 maio 2020.

PERSSON, E. C.; GRAUBARD, B. I.; EVANS, A. A.; LONDON, W. T.; WEBER, J.; LEBLANC, A.; CHEN, G.; LIN, W.; MCGLYNN, K. A.; **Dichlorodiphenyltrichloroethane and risk of hepatocellular carcinoma**; Estados Unidos; International Journal of Cancer, 2012, vol. 131, n. 9, pp. 2078-2084; Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ijc.27459>; Acesso em 27 maio 2020.

SANTOS, M.; **Obtenção e caracterização de argilas bentonitas modificadas com Brometo de Hexadeciltrimetilamônio para adsorção de pesticidas organoclorados**; Dissertação (Mestrado); Universidade Federal do Maranhão; 2007; Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/1919>; Acesso em: 17 dez. 2019.

SILVA, J.; **Ocorrência de pesticidas organoclorados e bifenilos policlorados em tartarugas marinhas *Chelonia mydas***; Dissertação (Mestrado); São Paulo; Instituto Oceanográfico; 2009; Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.21.2009.tde-22092009-155001>; Acesso em: 2 mar. 2020.

SINGH, R.; MANICKAM, N.; KRISHNA, M.; MUDIAM, R.; MURTHY, R. C.; MISRA, V.; **An integrated (nano-bio) technique for degradation of γ -HCH**; Índia; Journal of Hazardous Materials, 2013, vol. 258-259, pp. 35-41; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.04.016>; Acesso em: 18 maio 2020.

TOFT, G.; **Persistent organochlorine pollutants and human reproductive health**; Dinamarca, Danish Medical Journal, 2014, vol. 61, n. 11; Disponível em: <https://ugeskriftet.dk/dmj/persistent-organochlorine-pollutants-and-human-reproductive-health>; Acesso em: 19 out. 2019.

TOICHUEV, R. M.; ZHILOVA, L. V.; PAIZILDAEV, T. R.; KHAMETOVA, A. S.; RAKHMATILLAEV, A.; SAKIBAEV, K. S.; MADYKOVA, Z. A.; TOICHUEVA, A. U.; SCHLUMPF, M.; WEBER, R.; LICHTENSTEIGER, W.; **Organochlorine pesticides in placenta in Kyrgyzstan and the effect on pregnancy, childbirth, and newborn health**; Quirguistão; Environmental Science and Pollution Research, 2017, vol. 32, n. 35, pp. 31885-31894; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0962-6>; Acesso em: 16 out. 2019.

VAN ERT, M.; SULLIVAN Jr., J. B. **Organochlorine pesticides**. In: SULLIVAN Jr., J. B.; KRIEGER, G. R. (Eds.). Hazardous Materials Toxicology: Clinical Principles of Environmental Health. Baltimore: Williams & Wilkins, 1992. p. 1027-1053.

WHO – World Health Organization. (1989) **Aldrin and Dieldrin**. Environmental Health Criteria 91, IPCS – International Programme On Chemical Safety.

XIE, H.; ZHU, L.; WANG, J.; **Combined treatment of contaminated soil with a bacterial *Stenotrophomonas* strain DXZ9 and ryegrass (*Lolium perenne*) enhances DDT and DDE remediation**; China; Environmental Science Pollution Research International, 2018, vol. 25, n. 32, pp- 31895-31905; Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1236-7>; Acesso em: 18 maio 2020.

YE, M.; SUN, M.; HU, F.; KENGARA, F. O.; JIANG, X.; LUO, Y.; YANG, X.; **Remediation of organochlorine pesticides (OCPs) contaminated site by successive methyl- β -cyclodextrin (MCD) and sunflower oil enhanced soil washing – *Portulaca oleracea* L. cultivation**; China, Chemosphere, 2014, vol. 105, pp. 119-125; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.12.058>; Acesso em: 2 dez. 2019.

ZHANG, J.; GONG, J.; ZHENG, G.; YANG, H.; ZHANG, P.; **Carbon nanotube amendment for treating dichlorodiphenyltrichloroethane and hexachlorocyclohexane remaining in Dong-ting Lake sediment – An implication for in-situ remediation**; China; Science of The Total Environment, 2016, vol. 579, pp. 283-291; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.105>; Acesso em: 18 maio 2020.

ZHANG, Q.; XIA, Z.; WU, M.; WANG, L.; YANG, H.; **Human health risk assessment of DDTs and HCHs through dietary exposure in Nanjing, China**; Chemosphere, 2017, vol. 177, pp. 211-216; 2017; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.003>; Acesso em: 25 out. 2019.



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).