

Impactos diretos e indiretos na neurocognição humana, decorrentes da intoxicação por metilmercúrio e seus agravos para a saúde coletiva

Direct and indirect impacts on human neurocognition, resulting from methylmercury poisoning and its health problems for public health

Impactos directos e indirectos en la neurocognición humana, como resultado del envenenamiento por metilmercurio y sus problemas de salud para la salud pública

Recebido: 29/08/2020 | Revisado: 09/09/2020 | Aceito: 26/12/2020 | Publicado: 28/12/2020

Elisângela Cláudia de Medeiros Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1450-0829>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: claudia.moreira@bol.com.br

Manoel Samuel da Cruz Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0217-7497>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: sammedialinni@gmail.com

Amanda Alves Fecury

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5128-8903>

Universidade Federal do Amapá, Brasil

E-mail: amanda@unifap.br

Carla Viana Dendasck

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2952-4337>

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

E-mail: prof.cp@hotmail.com

Claudio Alberto Gellis de Mattos Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0840-6307>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Brasil

E-mail: claudio.gellis@ifap.edu.br

Maria Helena Mendonça de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7742-144X>

Universidade Federal do Amapá, Brasil

E-mail: ma.helenam@hotmail.com

Jones Souza Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9328-5591>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: jhones244@hotmail.com

Deyvison Luz Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7585-9889>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: deyvisonluz10@gmail.com

Keulle Oliveira da Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3127-0380>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: profakeulle@gmail.com

Iracely Rodrigues da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2878-9536>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: iracely@ufpa.com

Yomara Pinheiro Pires

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7724-6082>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: yomara.ufpa@gmail.com

Euzébio de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8059-5902>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: euzebiodeoliveira21@ufpa.br

Resumo

O mercúrio (Hg) é um metal líquido, tóxico, pesado, branco-prateado e inodoro. Seu uso é identificado por vários povos antigos, com seu uso evidenciado principalmente para extração do ouro, alquimia, dentre outros. Esse metal pode ser apresentado em várias formas químicas: metálicas, iônicas Hg^+ , Hg^{++} e compostos orgânicos, altamente volátil e solúvel em água e lipídios; fator que intensifica a contaminação pela transposição através de alvéolos pulmonares e da barreira hematoencefálica, bem como, fixação e lesão do sistema nervoso, tendo como consequência, a grande reatividade com os grupos sulfidríla, inibição de várias enzimas e ação autoimune. Dessa forma, o objetivo deste estudo descrever os principais impactos diretos e

indiretos na neurocognição humana, decorrentes da intoxicação por mercúrio (metilmercúrio). Foi possível verificar que na literatura, muitos trabalhos demonstram que mulheres, crianças e indivíduos que lidam diretamente com fontes expositoras de mercúrio, são os principais alvos para essa intoxicação. Além disso, pode-se perceber que os danos neurológicos são graves e que podem até mesmo atingir o feto, por meio do rompimento de barreiras na placenta. Dessa forma, é de fundamental importância estudos que demonstrem e ressaltem os efeitos neurodegenerativos causados pelas elevadas doses de mercúrio no organismo, além de fortalecer as informações acerca desse metal que se apresenta muito nocivo à saúde humana.

Palavras-chave: Intoxicação; Mercúrio; Metilmercúrio; Neurocognição.

Abstract

Mercury (Hg) is a liquid, toxic, heavy, silvery-white and odorless metal. Its use is identified by several ancient peoples, with its use evidenced mainly for the extraction of gold, alchemy, among others. This metal can be presented in several chemical forms: metallic, ionic Hg⁺, Hg⁺⁺ and organic compounds, highly volatile and soluble in water and lipids; factor that intensifies contamination by transposition through pulmonary alveoli and the blood-brain barrier, as well as fixation and damage to the nervous system, resulting in great reactivity with sulfhydryl groups, inhibition of several enzymes and autoimmune action. Thus, the objective of this study is to describe the main direct and indirect impacts on human neurocognition, resulting from poisoning by mercury (methylmercury). It was possible to verify that in the literature, many studies demonstrate that women, children and individuals who deal directly with mercury display sources, are the main targets for this intoxication. In addition, it can be seen that neurological damage is serious and can even reach the fetus, by breaking barriers in the placenta. Thus, studies that demonstrate and emphasize the neurodegenerative effects caused by high doses of mercury in the body are of fundamental importance, in addition to strengthening information about this metal, which is very harmful to human health.

Keywords: Intoxication; Mercury; Methylmercury; Neurocognition.

Resumen

El mercurio (Hg) es un metal líquido, tóxico, pesado, de color blanco plateado e inodoro. Su uso es identificado por varios pueblos antiguos, con su uso evidenciado principalmente para la extracción de oro, alquimia, entre otros. Este metal puede presentarse en varias formas químicas: metálicos, iónicos Hg⁺, Hg⁺⁺ y compuestos orgánicos, altamente volátiles y solubles en agua y lípidos; factor que intensifica la contaminación por transposición a través de

los alvéolos pulmonares y la barrera hematoencefálica, así como la fijación y daño al sistema nervioso, resultando en gran reactividad con los grupos sulfhidrilo, inhibición de varias enzimas y acción autoinmune. Así, el objetivo de este estudio es describir los principales impactos directos e indirectos sobre la neurocognición humana, derivados del envenenamiento por mercurio (metilmercurio). Se pudo comprobar que en la literatura, muchos estudios demuestran que las mujeres, los niños y las personas que tratan directamente con fuentes de exhibición de mercurio, son los principales objetivos de esta intoxicación. Además, se puede observar que el daño neurológico es grave e incluso puede llegar al feto, rompiendo barreras en la placenta. Así, son de fundamental importancia los estudios que demuestren y enfatizen los efectos neurodegenerativos que provocan altas dosis de mercurio en el organismo, además de fortalecer la información sobre este metal, muy perjudicial para la salud humana.

Palabras clave: Intoxicación; Mercurio; Metilmercurio; Neurocognición.

1. Introdução

Apesar de ser foco de estudos há muito tempo, os efeitos da contaminação por mercúrio ainda têm se demonstrado como um grande desafio para os pesquisadores (Dutra et. al, 2016). O mercúrio (Hg) ou metil mercúrio é caracterizado como um metal com alto teor de toxicidade, presente no cotidiano contemporâneo, desde a alimentação, água, produtos de higiene, ouro, objetos, dentre outros (Xavier, 2013).

O mercúrio (Hg), é um metal líquido, tóxico, pesado, branco-prateado e inodoro (Xavier et al., 2012; Smetana, et al., 1996; Faria, 2003; Lima, Eliane, Colon & Souza, 2009). Seu uso é identificado por vários povos antigos como egípcio, fenício, gregos, chineses, dentre outros povos, com seu uso evidenciado principalmente para extração do ouro, alquimia, dentre outros (Camara, 2009; Michigan Department of Community Health, 2009).

Esse metal pode ser apresentado em várias formas químicas: metálicas, iônicas Hg^+ , Hg^{++} e compostos orgânicos, altamente volátil e solúvel em água e lipídios; fator que intensifica a contaminação pela transposição através de alvéolos pulmonares e da barreira hematoencefálica, bem como, fixação e lesão do sistema nervoso, tendo como consequência, a grande reatividade com os grupos sulfidríla, inibição de várias enzimas e ação autoimune (Faria, 2003; World Health Organization, 1992; Morales Fuentes & Reyes Gil, 2003). Outros estudos ainda demonstram que a contaminação pelo mercúrio pode interagir com doenças infecciosas endêmicas, através da diminuição imunológica do sujeito (Silbergeld, 2003).

Uma das formas de contaminação (através do ar) é realizada devido ao aumento da temperatura, responsável por aumentar a concentração do mercúrio no ar de 2,18 MCG/ m³, em 0°C, para concentração de 29,500 MCG/ m³, em 30°C, e mais do que duplicando sua concentração no aumento de temperatura para 40°C, chegando a concentração de 62,600 MCG/m³ (Oliveira, et al., 2010). Temperatura facilmente encontradas em regiões com alta temperatura do Brasil, como Norte e Nordeste, bem como, natural nas indústrias de produção, como é o caso das indústrias de produção de lâmpadas (Faria, 2003; Oliveira, et al., 2010; Zavariz & Glina, 1992).

Acredita-se que as mulheres, e crianças sejam os mais afetados por esta contaminação quanto aos seus efeitos no sistema nervoso central (Michigan Department of Community Health, 2009). É observado ainda, a contaminação congênita durante o período gestacional capaz de desencadear os efeitos da toxidade no desenvolvimento do bebê, e ser apresentado logo em seu nascimento (Dutra et. al, 2016; Michigan Department of Community Health. 2009; Bose-O'reilly, Macarty, Steckling & Lettmeier, 2010).

Embora os estudos apontem a contaminação pelo mercúrio/ metil mercúrio com maior predominância nos centros urbanos, há uma vertente que comprova alta contaminação também em povos que vivem em meio a natureza, como por exemplo os ribeirinhos da região amazônica, com maior predominância na contaminação e posterior ingestão de peixes, principalmente pelo fato da busca desenfreada pela extração do ouro, capaz de contaminar o solo e a água por grandes distâncias (Kütter et al., 2015; Cardoso, et al., 2014) O estudo de Zavariz e Glina (1992), ainda comprovam a contaminação pelo mercúrio através da indústria, com foco nas indústrias de lâmpadas, onde cerca de 85,92% dos entrevistados apresentavam intoxicação crônica de mercúrio.

Os impactos diretos comprovados até o momento pela contaminação do mercúrio/ metil mercúrio, estão relacionados ao: desenvolvimento fetal; danos cerebrais; efeitos sobre a coordenação motora, incluindo fala e andar; parestesia, ataxia, neurastenia, tremores, falta de equilíbrio, sensação de fraqueza, fadiga, dificuldade de concentração, diminuição do campo visual e da audição; teratogênica; dentre outros que ainda estão sendo investigados constantemente (Oliveira, et al., 2010; Zavariz & Glina, 1992; Cardoso, et al., 2014).

Em relação à exposição ao mercúrio e consequentes alterações neurológicas, alguns estudos apontam que indivíduos expostos ao mercúrio, apresentam um elevado risco de ocorrer manifestações motoras e sensoriais, tais como as pessoas atingidas pela intoxicação de mercúrio em um episódio ocorrido no Japão e Iraque, nos anos de 1960 e 1970, respectivamente (Khoury et al., 2013).

Além disso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) definiu que a exposição ao mercúrio em níveis acima de $50\mu\text{g/g}$ no cabelo, por exemplo, estão associados a riscos de cerca de 5% no que se refere às alterações neurológicas em adultos. É válido ressaltar, que esta normativa preconizada pela OMS é válida para indivíduos que possuem exposição alta e de curto em médio prazo ao mercúrio (Khoury et al., 2013). As formas de contaminação se apresentam de maneiras diversas, desde a contaminação congênita, até sua contaminação pelo ar, por meio da indústria, alimentação, produtos de limpeza e odontológicos (Dutra et al., Bose-O'reilly, Macarty, Steckling & Lettmeier (2010); Bacila, Fischer & Kolicheski (2014). A exposição ao mercúrio nos seres humanos pode ser, basicamente, de 4 formas:

- Exposição alimentar: consumo de peixes e outros mariscos contaminados, uma vez que o mercúrio, por meio dos processos de transformação, dá origem ao metilmercúrio e este se acumula na cadeia alimentar marinha (Oliveira et al., 2010; Sheehan et al., 2014).
- Exposição medicinal: são representados por medicamentos, apesar de atualmente já estarem amplamente substituídos, mas, antigamente, eram presentes em remédios. Pode-se citar também a amálgama dentária, representada por uma fonte diária de exposição, uma vez que ocorre vaporização de mercúrio na cavidade oral (Farina, Avila, Rocha, & Aschner (2013); Carocci, Rovito, Sinicropi & Genchi, 2014).
- Exposição Acidental: refere-se, principalmente, a envenenamentos por derramamento de mercúrio devido serem encontrados em termômetros, barômetros, lâmpadas, espelhos, corantes, baterias, entre outros (Kütter, et al., 2015; Liu, Goyer & Waalkes, 2007).
- Exposição profissional: pode ocorrer em diversas funções profissionais, desde de pescadores/ribeirinhos, mineradores à odontólogos na confecção de amálgama. A exposição, seja por inalação de vapor de mercúrio, são prejudiciais à saúde do trabalhador (Carocci, Rovito, Sinicropi, & Genchi, 2014).

Além disso, exposição a esse metal tóxico pode ser de forma aguda e crônica, ambas as formas, com grande potencial de causar problemas à saúde humana. O modo de exposição também está relacionado com o tipo de manifestação clínica, podendo apresentar alterações a nível de sistema nervoso central, renal, imunológico, entre outros (Dutra, 2016; Loezer, Graciani, & Ferreira, 2016)

Mesmo a literatura demonstrando altos índices de contaminação/ várias formas/ e efeitos nocivos, o desconhecimento das formas de contaminação, bem como seus efeitos, pode ser um dos grandes responsáveis pelo aumento anualmente desses índices, inclusive no ecossistema, como por exemplo, em aves (Camara, 2009; De Capitani, 2009; Gomes, 2009).

Desta feita, este estudo justifica-se pela importância de sintetizar as formas de contaminação e seus efeitos, a fim de servir como conteúdo informativo para toda a população, científica ou não, embasando o enfrentamento dentro do contexto neoliberal. Tendo como objetivo descrever os principais impactos diretos e indiretos na neurocognição humana, decorrentes da intoxicação por mercúrio.

2. Metodologia

2.1 Busca na literatura

A abordagem deste estudo é qualitativa (Pereira et al., 2018) e foi produzida por meio de uma pesquisa bibliográfica, em que esta é “[...] desenvolvida a partir de um material já elaborado, constituído principalmente por livros e artigos científicos” (Gil, 2008, p. 50).

Os critérios de inclusão das referências bibliográficas utilizados foram trabalhos publicados no idioma de inglês e português das bases de dados Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Literatura Latino-americana em Ciências da Saúde (LILACS), e Google Acadêmico.

Foram utilizados os seguintes descritores na busca: mercúrio, contaminação por mercúrio, efeitos do mercúrio, e metil mercúrio, entre os meses de fevereiro, março e abril de 2016. Realizou-se a leitura dos respectivos títulos e resumos e nestes deveriam constar/mencionar o tema proposto. Estes artigos foram lidos na íntegra, finalizando assim o processo de seleção baseado nos objetivos deste estudo.

2.1.1 Critérios de inclusão e exclusão

Constituiu como critério de inclusão, artigos dos últimos 15anos que tenham em seus títulos e resumos menção efeitos da intoxicação do mercúrio em seres humanos, com destaque para as alterações neurológicas. Além disso, adotou-se o critério de acessibilidade ao artigo completo gratuito, estudos realizados no contexto brasileiro, informações de instituições internacionais como a WHO - World Health Organization, estudos que trouxessem informações

consideradas relevantes em seu ineditismo, e que pudessem contribuir no conhecimento para o enfrentamento da contaminação.

Como critério de exclusão, foram eliminados artigos que ultrapassem o período selecionado ou que não possuíam conteúdo condizente com o tema proposto para este trabalho. No entanto, foram aceitos trabalhos que antecedem a data de critério de inclusão, uma vez que apresentavam grande relevância ao assunto.

3. Resultados e Discussão

A busca nas bases de dados ofereceu o resultado em relação às bases consultadas e o assunto abordado. O Quadro 1 exprime o que foi encontrado no seguinte cenário:

Quadro 1 – Artigos encontrados x Base de dados.

Base de Dados	Mercúrio	Contaminação por mercúrio	Efeitos do mercúrio	Metilmercúrio
Scielo	95	2	0	4
Bireme	28.019	1.149	7.388	5.049

Fonte: Autores

Todos os artigos encontrados na base de dados da scielo (95), foram encontrados também na base de dados da Bireme (BVS). Observou-se que a maioria dos estudos no contexto nacional (não se capturou a incidência percentual) investigam a contaminação de peixes, regiões ribeirinhas, extração de ouro, contexto de indústria (principalmente que envolvem lâmpadas fluorescentes).

Mediante a quantidade de estudos encontrados na base da Bireme (BVS), e por considerar que a maioria deles não estão dispostos de forma aberta, bem como o período entre a investigação e escrita, optou-se por investigar em sua totalidade (100%) os 95 artigos da base de dados da Scielo, e buscar na Bireme (BVS) a prevalência destes artigos nas duas bases, com foco na base apenas da Bireme (BVS) informações sobre a World Health Organization.

Desta feita, foram investigados apenas na base da Bireme (BVS), o descritor: World Health Organization metilmercúrio, onde foram encontrados 35 estudos sobre o assunto, e dentro estes escolhidos 2 (dois).

Foram totalizados então a investigação em 134 artigos, analisando-os conforme as descrições acima, foram escolhidos 31 estudos (Quadro 2), buscando sempre considerar as informações mais recentes.

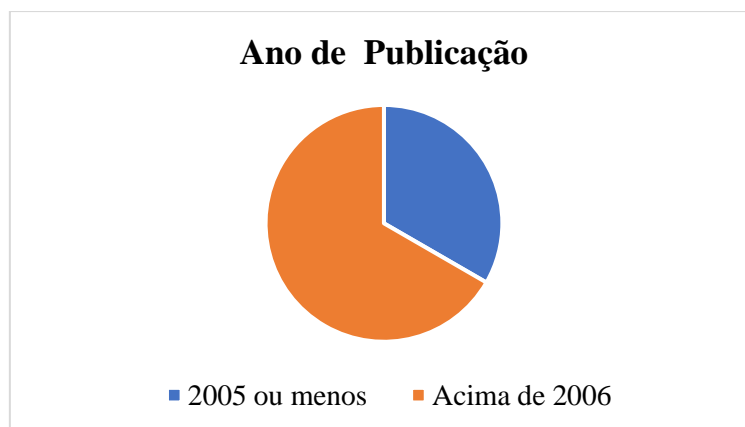
Quadro 2 – Quantidade de artigos no estudo.

Ano	Quantidade
Anterior a 2000	3
2001-2005	3
2006-2010	12
2011-2016	13
Total	31

Fonte: Autores

Percentualmente foram então escolhidos 68% de artigos dos últimos 10 anos. Conforme representado na Figura 1 abaixo:

Figura 1 – Ano de publicação dos estudos.



Fonte: Autores

A compreensão do contexto neoliberal e das patologias contemporâneas, mesmo estas sendo reincidentes na história, é fundamental para que se crie estratégias de enfrentamentos destas. No decorrer deste estudo, foi possível observar que embora a contaminação pelo mercúrio ser encontrada na humanidade desde os primeiros registros da história, existe, ainda, um grande desconhecimento sobre as formas e efeitos diretos e indiretos deste metal.

Os estudos focados no contexto brasileiro, em sua grande maioria, focam seus esforços na compreensão de contaminação através de peixes e indústria (lâmpadas fluorescentes), o que

foi responsável pela grande exclusão dos 103 artigos, pois suas informações se apresentaram incidentes, não produzindo nenhum subsídio novo a esse estudo.

Nos últimos 10 anos, encontrou-se também o grande interesse pela compreensão dos efeitos da contaminação em crianças e em fetos, por meio da intoxicação placentária. Observando, dessa forma, a predisposição de doenças neurológicas, como também, uma maior predisposição a todas as patologias provenientes da contaminação pelo mercúrio.

A maioria dos artigos consultados, evidenciavam os efeitos da contaminação por mercúrio que podem ser classificados como leve e até a muito grave World Health Organization (WHO, 1991), principalmente com efeitos no aparelho gastrointestinal e psíquico (Dutra et al., 2016; Oliveira et al., 2010). No quadro gastrointestinal as lesões mais encontradas são orais, estômago, intestino e fígado; já no quadro psíquico são tremores, sensibilidades (dolorosa, térmica, tátil, reflexos), parkinson, dentre outros reflexos (WHO, 1991).

Também são identificadas alterações auditivas periféricas, considerando esta substância como um ototóxico, necessário, porém, compreensão sobre fisiopatologia e formas ou potenciais exposição do indivíduo, quase não considerados pelos profissionais (Lima, Colon & Souza; Hoshino, 2012). Além disso, também podem ser considerados efeitos lesivos na epiderme, o estudo realizado por De Capitani et al. (2009) demonstrou a dermatite de contato e reação a distância por contato com mercúrio elementar.

Na literatura pesquisada, não há dúvidas que os indivíduos que possuem maior prevalência aos efeitos causados pela contaminação do mercúrio são as crianças, principalmente pelo fato de estarem em desenvolvimento, estão diretamente susceptíveis na absorção de substâncias tóxicas por peso corporal (Xavier, 2013). No entanto, o alcance da contaminação e seus efeitos são observados independentes de idade, sexo e tempo de exposição (Zavariz, & Glina, 1992).

O estudo de Dutra et al. (2016), demonstrou que a contaminação pelo mercúrio de forma congênita pode estar diretamente ligada as alterações do processamento auditivo central em crianças que foram expostas a contaminação no período gestacional, e que apresentam teor de mercúrio total igual ou superior a 8 µg/. Esta indicação de medição (valores de referências) foi atualizada em 2009 pelo Departamento de Saúde do Estado de Michigan nos EUA, e aceita posteriormente pela Organização Mundial de Saúde, onde observa-se efeitos neurológicos nocivos diretos em indivíduos (principalmente em crianças que apresentam níveis de concentração igual ou superior a 8 µg/, devido apresentarem-se desenvolvimento incompleto dos mecanismos desintoxicantes, bem como a imaturidade da barreira hematoencefálica (Silbergeld, et al., 2002).

Além disso, pode-se perceber que os estudos voltados para as manifestações neurológicas causadas pela intoxicação do mercúrio são presentes no campo científico. Haja vista que, Ohlander e et al (2016), demonstram em seus estudos que a prática do ouro artesanal, muito presente no Chile, apresenta um risco elevado no que se refere à intoxicação por mercúrio, visto que a pedra minada é misturada ao mercúrio e sofre um processo de aquecimento gerando vapores. Estes vapores, ao serem inalados, são absorvidos pelo organismo e podem romper a barreira hematoencefálica, atingindo e se acumulando no cérebro, podendo atingir a produção de proteínas, causando a destruição da membrana e desnaturação de células, proteínas e enzimas

Essas manifestações neurológicas já foram relatadas, principalmente, em garimpeiros, cujas manifestações clínicas foram de tremor, efeitos neurocomportamentais e até mesmo já foi associado com a doença de Parkinson.

O mercúrio é um dos metais que mais representam agravos ao ecossistema, isso ocorre devido a sua bioacumulação na cadeia alimentar aquática e, também, na elevada exposição deste em baixas doses em um longo período de tempo (Drum, 2009; Carvalho, 2013).

O metil mercúrio (MeHg) é dito como um composto orgânico e um grande potencial neurotóxico que pode interferir até mesmo o desenvolvimento do feto. São transportados, em sua maioria, pelos eritrócitos (cerca de 90%) e uma pequena fração (cerca de 10%) pelas proteínas do plasma (Huang, Hsu, Liu & Lin-Shiau, 2008; Castoldi, 2008).

A sua neurotoxicidade ocorre devido as suas propriedades lipossolúveis que facilitam o rompimento e a travessia da barreira hematoencefálica, tanto no feto quanto no período pós-fetal. Uma vez rompida esta barreira, o MeHg se acumula no sistema nervoso central e, então, ocorre o aparecimento das manifestações clínicas, tais como: paralisia cerebral, deficiência mental, disfunções motoras, tremores, convulsões, entre outros ((Huang, Hsu, Liu & Lin-Shiau, 2008; Castoldi, 2008).

No que se refere aos achados histopatológicos, estes também apresentam alterações a nível neural, como por exemplo, morfologia anormal dos neurônios no cérebro e cerebelo (Drum, 2009).

Como efeitos moleculares, pode-se destacar o fenômeno de apoptose e necrose, ocorrência nos microtúbulos, na sinalização de cálcio, aumenta o estresse oxidativo, além de alterar o sistema glutamatérgico, muscarínico e dopaminérgico (Ceccatelli, Zhang, & Chen, 2009).

Não somente, a intoxicação por MeHg também altera a transmissão sináptica da funcionalidade das enzimas de síntese de neurotransmissores. Essa alteração interfere na

produção desses neurotransmissores, na homeostase de íons e síntese proteica, como também, na função de diversas enzimas importantes para o funcionamento neural (Carvalho, 2013).

Diante disto, diversos trabalhos foram consultados e verificou-se que é inegável a gravidade com que a intoxicação por mercúrio causa à saúde humana, principalmente, no que se refere à danos neurológicos seja na fase pré-fetal ou pós, jovens, adultos e idosos que são expostos a doses elevadas desse metal.

4. Considerações Finais

O estudo possibilitou descrever os principais aspectos relacionados a intoxicação por mercúrio (e seu composto – MeHg) em seres humanos, bem como, as suas vias de contaminação e alterações no organismo.

Foi possível verificar que na literatura, muitos trabalhos demonstram que mulheres, crianças e indivíduos que lidam diretamente com fontes expositoras de mercúrio, são os principais alvos para essa intoxicação.

Além disso, pode-se perceber que os danos neurológicos são graves e que podem até mesmo afetar o feto, por meio do rompimento de barreiras na placenta, semelhante como ocorre nas barreiras hematoencefálicas o que ocasiona uma série de manifestações clínicas, debilitando, dessa forma, o indivíduo.

Dessa forma, é de fundamental importância estudos que demonstrem e ressaltem neurodegenerativos causados pelas elevadas doses de mercúrio no organismo, além de fortalecer as informações acerca desse metal que se apresenta muito nocivo à saúde humana.

Referências

Bacila, D. M., Fischer, K. & Kolichski, M. B. (2014). Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes. *Eng. Sanit. Ambient*, 19:21-30.

Bose-O'reilly, S., Macarty. K.M., Steckling, N. & Lettmeier B. (2010). Mercury exposure and children's health. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*, 40(8), 186-215.

Camara, V. M., et al. (2009) Confiabilidade de questionário de conhecimento sobre exposição ao mercúrio na produção de ouro. *Rev. Saúde Pública*, 43(2), 373-376.

Cardoso, N. A., et al (2014). Zumbido em uma população ribeirinha exposta ao metilmercúrio. *Audiology Communication Research*, 19(1), 40-44.

Carocci, A., Rovito, N., Sinicropi, M. S., & Genchi, G. (2014). Mercury Toxicity and Neurodegenerative Effects. In D. M. Whitacre (Ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 229, 1-18.

Carvalho, C. F. (2013) Efeitos Neuropsicológicos da Exposição ao Manganês em Crianças. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal da Bahia.

Castoldi, A. F., et al. (2008). Neurodevelopmental toxicity of methylmercury: Laboratory animal data and their contribution to human risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 51, 215–229.

Ceccatelli, S., Zhang, C. T. Q. & Chen, M. (2007). Mechanisms and modulation of neural cell damage induced by oxidative stress. *Physiology & Behavior*, 92:87–92.

De Capitani, E. M. et al (2009). Dermatite de contato por mercúrio elementar com reação a distância. *An. Bras. Dermatol*, 84(1), 75-77.

Dutra, M. S., et al. (2016) Effects of prenatal exposure to methylmercury in children auditory processing. *Cadernos de Saúde Coletiva*, 24(1), 70-76.

Drum, D. A. (2009). Are toxic biometals destroying your children's future? *Biometals*, 22, 697–700.

Faria, M. M. (2003). Mercuralismo metálico crônico ocupacional. *Rev. Saúde Pública*, 37(1), 116-127.

Farina, M., Avila, D. S., Rocha, J. B., & Aschner, M. (2013). Metals, Oxidative Stress and Neurodegeneration: A focus on Iron, Manganese and Mercury. *Neurochem Int*, 62(5), 575-594.

Gil, A.C.(2008). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas

Gomes, A. L., et al. (2009). A first evaluation on the use of *Ardea albus* feathers as bioindicators of mercury burden in Amazonian ecosystems. *Acta Amaz*, 39(4), 969-971.

Huang, C. F., Hsu, C. J., Liu, S. H. & Lin-Shiau, S. Y. (2008). Neurotoxicological mechanism of methylmercury induced by low-dose and long-term exposure in mice: Oxidative stress and down-regulated Na⁺/K⁺-ATPase involved. *Toxicology Letters*, 176, 188–197.

Hoshino, A. C. H. et al (2012). A systematic review of mercury ototoxicity. *Cad. Saúde Pública*, 28(7), 1239-1248.

Khoury, E. D. T., Souza, G. S., Silveira, L. C. L., Costa, C. A., Araújo, A. A., Pinheiro, M. C. N. (2013) Neurological manifestations in riverine populations from areas exposed to mercury in the Brazilian Amazon. *Cad. Saúde Pública*, 29(11), 2307-2318.

Kütter, V. T., et al. (2015) Mercury bioaccumulation in fishes of a paddy field in Southern of Brazil. *Acta Limnol. Bras*, 27(2), 191-201.

Lima, E. R. Z, Colon, J. C. & Souza, M. T. (2009). Alterações auditivas em trabalhadores expostos a mercúrio. *Rev. CEFAC*, 11(1), 1516-1846.

Loezer, Y. P., Graciani, F. S. & Ferreira, G. L. B. V. (2016). Aspectos toxicológicos e legislação internacional referente ao uso do mercúrio. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 12(4).

Liu, J., Goyer, R. A., & Waalkes, M. P. (2007). Toxic Effects of Metals. In C. D. Klaassen, L. J. Casarett, J. Doull, & C. D. Klaassen (Ed.), *Toxicology The Basic Science of Poisons* (7a ed.), 931-979.

Oliveira, R. C., Dórea J. G., Bernardi J. V. E., Bastos, W. R., Almeida, R. & Manzatto, A. G.(2010). Fish consumption by traditional subsistence villagers of the Rio Madeira (Amazon): impact on hair mercury. *Ann Hum Biol*, 37(5), 629-42.

Michigan Department of Community Health. (MDCH) 2009. *Technical support document for a methylmercury reference dose as a basis for fish consumption screening values (FCSVs)*. Lansing: Department H.E.W. Office of Toxic Substance and Disease.

Morales, F. I. & Reyes, G.R. (2003). Mercurio y salud en la odontología. *Rev. Saúde Pública*,37(2), 263-265.

Ohlander, J., et al. (2016). Mercury and neuromotor function among children in a rural town in Chile. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 22(1), 27-35.

Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica [e-book]* (UAB/NTE/UFSM, Ed.) Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Sheehan, M. C., Burke, T. A., Navas-Acien, A., Breysse, P. N., McGready, J., & Fox, M. A. (2014). Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of development neurotoxicity: a systematic review. *Bulletin of the World Health Organization*, 92, 254-269.

Silbergeld, E. K. et al.(2002). Mercury exposure and malaria prevalence among gold miners in Pará, Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*, 35(5):421-429.

Smetana S., Khalef, S., Zaidel, L., Bar-Khayim Y., & Birk Y. (1996). Increased urinary trypsin-inhibitory activity in mercury chloride induced nephrotoxicity in Wistar rats. *Ren Fail*,18(2), 201-209.

World Health Organization (WHO) 1991. *Inorganic mercury.(Environmental Health criteria* 118 Geneva.

Xavier, O. L. P., et al (2013). Contribuição para o estabelecimento de níveis de referência para a concentração de mercúrio no sangue de crianças na cidade do Rio de Janeiro. *Cadernos de Saúde Coletiva*, 21(2), 182-187.

Zavariz, C., & Glina, D. M. R. (1992). Avaliação clínico-neuro-psicológica de trabalhadores expostos a mercúrio metálico em indústria de lâmpadas elétricas. *Rev. Saúde Pública*, 26(5), 356-365.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Elisângela Cláudia de Medeiros Moreira – 20%

Manoel Samuel da Cruz Neto – 5%

Amanda Alves Fecury – 10%

Carla Viana Dendasck – 5%

Claudio Alberto Gellis de Mattos Dias – 10%

Maria Helena Mendonça de Araújo – 5%

Jones Souza Moraes – 5%

Deyvison Luz Santos – 5%

Keulle Oliveira da Souza – 10%

Iracely Rodrigues da Silva – 5%

Yomara Pinheiro Pires – 5%

Euzébio de Oliveira – 15%