

## **Impactos do manganês na saúde pública**

**Tatiana Freitas Van Opstal Nascimento<sup>i</sup>**

**Fabiana Gaspar Gonzalez<sup>ii</sup>**

**Registro DOI: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol11ed3.367>**

### **Resumo**

O manganês é um metal pesado utilizado na fabricação de objetos comuns à população e em indústrias. Seus sintomas são inespecíficos, o que dificulta que uma possível intoxicação seja perceptível. Diante disso, pretende-se elucidar as principais consequências da intoxicação por este metal, bem como orientar e conscientizar a população e trabalhadores a respeito dos riscos e prevenção. Visto que não há tratamento estabelecido para danos neurológicos permanentes causados por tal intoxicação, porém alguns dos sintomas podem ser controlados.

**Palavras-chave:** Manganês. Saúde Pública. Impactos do Manganês. Intoxicação. Intoxicação por Manganês.

### **Impacts of the manganese on public health**

### **Abstract**

Manganese is a heavy metal widely used in the manufacture of objects common to the population, and in industries. Which makes it difficult for a possible poisoning to be perceived. In view of this, it is intended to elucidate the main consequences of intoxication by this metal, as well as to guide and make aware of the population and workers about risks and prevention. Since there is no established treatment for permanent neurological damage caused by such intoxication, however, some of the symptoms can be controlled.

**Keywords:** Manganese. Public Health. Impacts of the manganese. Poisoning. Manganese poisoning.

**Recebido em 06/02/2017 Aceito em 02/10/2018**

## **1 INTRODUÇÃO**

Hoje não se pode dizer que existe um lugar em específico que não esteja contaminado por algum poluente, o que os pesquisadores e cientistas analisam é em que nível está poluído um determinado lugar ou ambiente, e um dos poluentes mais agressivos ao meio são os metais pesados principalmente por que eles não são sintetizados ou destruídos pelo homem, além de ter a característica acumulativa nos seres vivos (PASCALICCHIO, 2002).

Resíduos de metais, compostos organometálicos e substâncias orgânicas representam grande ameaça à saúde humana. Suas características comuns são o aspecto cumulativo na cadeia alimentar e a persistência no ambiente. Entre os metais, têm sido encontrados vestígios em alimentos e na água de abastecimento de arsênio, cádmio, chumbo, selênio, crômio e manganês (PASCALICCHIO, 2002).

Dos 112 elementos químicos conhecidos atualmente, 84 são metais. Isto leva a crer que, as possibilidades de contaminação ambiental por metais sejam numerosas. Sua ocorrência natural não é considerada perigosa, pois faz parte do equilíbrio do ecossistema. Alguns metais, apesar de sua toxicidade, ocorrem na natureza de maneira escassa, ou são insolúveis, não oferecendo ameaça real à saúde e ao ambiente. Entretanto, devido a fontes antropogênicas verifica-se, atualmente, um grande aumento na circulação de metais no solo, água e ar e seu acúmulo na cadeia alimentar. Sendo que a mobilidade de um metal varia com o grau de turbulência do meio aéreo e aquático (CARVALHO, 2013).

Dentre estes metais pesados, destacamos o manganês (Mn) cuja importância cresce a cada dia em todo o mundo. É o quarto metal mais usado em termos de tonelagem e é essencial ao corpo humano. O funcionamento do Mn no organismo ocorre através de um mecanismo eficaz que mantém os níveis deste metal em concentrações ideais. No entanto, altas concentrações no organismo podem acarretar prejuízos ao Sistema Nervoso Central (SNC), uma vez que, possui um potencial neurotóxico. O excesso de Mn no organismo tem sido associado a prejuízos neuropsicológicos em crianças e adultos (CARVALHO, 2013).

### **1.1 Objetivo**

O objetivo do trabalho foi avaliar os riscos de exposição, a possível intoxicação por manganês e suas consequências, bem como o impacto à saúde pública.

## **1.2 Metodologia**

O desenvolvimento do trabalho ocorreu por meio de levantamento de dados e fundamentação teórica através de revisão bibliográfica. Para tal, foram utilizados trabalhos acadêmicos, artigos e revistas científicas virtuais dos seguintes bancos de dados: PubMed, Scielo, LILACS, entre outros. Na busca, utilizou-se as palavras-chaves: manganês; manganês e saúde pública; toxicologia dos metais pesados; manganês e sua toxicologia; intoxicação por manganês, entre outros.

## **2 METAIS PESADOS**

Os metais pesados, quando no ar ou na água, são sujeitos ao fenômeno de deposição, ou seja: sedimentação gravitacional; precipitação; impactação; adsorção ou troca química. Seu comportamento em águas naturais é diretamente influenciado pela quantidade e qualidade do material em suspensão presente. Uma parte dos metais é adsorvida aos sólidos em suspensão, originando-se uma fase particulada e uma fase dissolvida do metal. A afinidade entre essas duas fases pode ser de natureza iônica, física ou química, ocorrendo, normalmente, uma combinação destas três formas. A relação entre as fases dissolvida e particulada do sistema é, basicamente, determinada por fatores como: tipo de partícula; pH; grau de solubilidade da substância química e a presença de outros compostos. Introduzidos no meio aquático, por lixiviação e, no meio aéreo, por gases de incineração, os metais pesados são redistribuídos através dos ciclos geológico e biológico. Nas águas, os contaminantes são expostos a diversas transformações químicas e bioquímicas, podendo afetar sua disponibilidade biológica ou toxicidade, de modo a aumentá-las ou diminuí-las. Produtos de degradação ou de transformação, muito mais tóxicos, podem resultar a partir do contaminante original. O ciclo biológico inclui a bioconcentração em plantas e animais e a incorporação na cadeia alimentar,

principalmente, através da água e do solo. A destruição de espécies naturais do ecossistema pode ser causada por determinados compostos metálicos, podendo ocorrer uma seleção dos organismos capazes de sobreviver à ação dessas substâncias. Muitas plantas e animais desenvolvem tolerância para um particular metal em excesso, que acaba sendo utilizado para seu desenvolvimento normal, podendo causar um problema ambiental, ao transferir o metal acumulado a organismos mais suscetíveis ao seu efeito, através da cadeia alimentar (FIRJAN, 2000; KLAASSEN, 2012).

O interesse no comportamento dos metais pesados no ambiente é motivado, principalmente, pelos efeitos biológicos que podem causar. A maioria desses elementos é essencial ao bom funcionamento dos organismos vivos, na forma de traços, mas potencialmente tóxicos, a todo tipo de vida, quando em concentrações elevadas, ou em determinadas combinações químicas. Por suas características de toxicidade e bioacumulação, os metais pesados merecem atenção especial, pois os danos acarretados ao ambiente e aos seres vivos são graves e muitas vezes irreversíveis. Sinergismo e antagonismo dos efeitos tóxicos são mecanismos que podem ocorrer entre os metais. Quando um elemento potencialmente tóxico é absorvido pelo organismo humano, em concentrações elevadas, pode causar danos à sua estrutura, penetrando nas células e alterando seu funcionamento normal, com inibição das atividades enzimáticas. Em alguns casos, os sintomas da intoxicação só serão observados em longo prazo, pois vários serão os fatores interferentes nos efeitos negativos causados por esses elementos (FIRJAN, 2000; LEITE, 2003).

A toxicidade de um metal, assim como a sua disponibilidade (capacidade de interação de um contaminante com um sistema biológico), está relacionada a vários fatores, tais como: forma química em que o metal se encontra no ambiente; sua capacidade de biotransformação em subprodutos mais ou menos tóxicos; vias de introdução do metal no organismo humano; entre outros. As principais vias de exposição são: através do ar inalado; por via oral (água e alimentos); ou por via dérmica. A maioria dos metais pesados afeta múltiplos sistemas orgânicos, sendo os alvos da toxicidade, processos bioquímicos específicos (enzimas) e/ou membranas celulares e organelas. O efeito tóxico do metal envolve, geralmente, uma interação entre o íon metálico livre e o alvo toxicológico. Fatores exógenos como: interação e exposição

concorrente com outros metais tóxicos; idade; hábitos alimentares; estilo de vida; consumo de álcool e fumo; entre outros, podem influenciar, direta ou indiretamente, a toxicidade dos metais para o indivíduo. Por outro lado, os metais essenciais ao organismo podem alterar metabolicamente a toxicidade por interação ao nível celular (GOYER, 1986; KLAASSEN, 2012).

### **3 MANGANÊS**

#### **3.1 Histórico**

A primeira utilização do manganês foi na forma de dióxido de manganês ( $MnO_2$ ), usando-se como pigmento para pintar as cavernas durante o período paleolítico, 1700 anos atrás (LIMA, 2013).

Em meados do século XVII, o químico alemão Glauber obteve o permanganato, o primeiro passo para o uso do manganês. Um século depois, o óxido de manganês se converteu na base para a fabricação de cloro. (LIMA, 2013).

O manganês foi somente reconhecido como elemento em 1771, pelo químico sueco Scheele e foi isolado em 1774 por um de seus colaboradores, J.G. Gahn (LIMA, 2013).

No começo do século XIX, cientistas britânicos e franceses começaram a considerar o uso de manganês na fabricação do aço, com patentes concedidas no Reino Unido em 1799 e 1808. Em 1816, um investigador alemão observou que o manganês aumentava a dureza do ferro sem reduzir a sua maleabilidade e tenacidade (LIMA, 2013).

Em 1826, Prieger na Alemanha produziu ferro-manganês contendo 80% de manganês, em um cadinho, enquanto J. M. Heath obteve manganês metálico na Inglaterra por volta de 1840. No ano seguinte, Pourcel começou a produção em escala industrial de “spiegel”, um ferro fundido contendo alto conteúdo de manganês e, em 1875, ele começou a produção comercial de ferro-manganês com um teor de 65% de manganês (LIMA, 2013).

A principal descoberta no uso do manganês ocorreu em 1860. Naqueles anos, Henry Bessemer estava tentando desenvolver o processo de fabricação de aço, o qual iria posteriormente levar seu nome. Mas ele experimentou dificuldades com o excesso de oxigênio

e nitrogênio residuais, e com o enxofre no aço. No caso do oxigênio o problema foi superado graças ao efeito benéfico do manganês, divulgado numa patente concedida para Robert Mushet em 1856 (LIMA, 2013).

Mushet sugeriu adicionar “spiegel” para introduzir manganês e carbono e, assim, remover o oxigênio. Este procedimento fez o Processo Bessemer possível, e pavimentou o caminho para a indústria moderna do aço. Dez anos após, em 1866, William Siemens também patenteou o uso de ferro-manganês na fabricação de aço, mas como controlador dos níveis de enxofre (LIMA, 2013).

Na natureza o manganês não é encontrado em estado elementar, ocorrendo somente na forma de compostos com outros elementos, principalmente como óxidos, carbonatos e silicatos (LIMA, 2013).

Segundo Riss (1964), o manganês possui uma forte afinidade pelo oxigênio e pelo enxofre. Em estado sólido ou em estado líquido, o ferro e o manganês são solúveis entre si em todas as proporções, mas não formando mutuamente qualquer composto químico.

### **3.2 Aplicabilidade**

O manganês é um metal cuja importância cresce a cada dia em todo o mundo. É o quarto metal mais usado em termos de tonelagem; no ranking, está abaixo do ferro, alumínio e cobre, numa ordem de grandeza de 29 milhões de toneladas de minério lavrado anualmente (IMNI, 2005).

Para dar uma ideia geral das principais aplicações do manganês, destaca-se a importância que ele representa para a fabricação dos aços. No final da produção do aço a partir da gusa líquida, este material contém, além do ferro e carbono, normalmente uma quantidade indesejável de oxigênio e, por vezes, de enxofre. O manganês desempenha um papel chave neste caso devido as suas duas propriedades importantes: afinidade e poder de reagir com o enxofre e sua capacidade poderosa de desoxidação (CARDOSO, 2008).

A capacidade desoxidante do manganês, evita a formação de bolhas e conseqüentemente

a presença de descontinuidades no aço (PUC-RIO, 2006).

Cerca de 30% do manganês usado hoje na siderurgia é como formador de sulfetos e como agente desoxidante. Os outros 70% são usados como elemento de liga. Esses usos na liga dependem das propriedades desejadas do aço (CARDOSO, 2008).

A maior parte do manganês é empregada para a obtenção de ferro-manganês, contendo cerca de 80% de manganês (CARDOSO, 2008).

Também se produz o ferro-silício-manganês, uma liga com 60-70% de manganês e 15-30% de silício. O Mn está também presente em outras ligas metálicas, como por exemplo, com o alumínio e o cobre (PUC-RIO, 2006).

O manganês é provavelmente o elemento mais versátil que pode ser adicionado às ligas de cobre. Pequenas adições de manganês (0,1-0,3%) são usadas para desoxidar as ligas e melhorar sua fundição e resistência mecânica. O manganês tem uma alta solubilidade no cobre e em sistemas binários com cobre e alumínio, zinco ou níquel. Muitas ligas de cobre comerciais contêm aproximadamente 1-2% de manganês para melhorar sua resistência e trabalhabilidade. A fim de reduzir custos, o manganês pode substituir parte do níquel em ligas níquel-prata. Níveis maiores de conteúdo de manganês são encontrados em ligas para aplicações específicas (CARDOSO, 2008).

O uso não-metalúrgico mais importante do manganês está na forma de dióxido de manganês, que é usado como cátodo e despolarizador em baterias da pilha seca, também chamadas de pilhas tipo Leclanché ou de zinco/carbono (Zn/C). Também é usado em pilhas alcalinas ou de zinco/dióxido de manganês (Zn/MnO<sub>2</sub>). O consumo de pilhas secas no mundo está entre 12 e 15 bilhões de unidades por ano (PUC-RIO, 2006).

O manganês também se emprega na obtenção de pinturas como pigmentante, incluindo a coloração de tijolos e telhas. Além disso, também se emprega na descoloração de vidro que apresentam coloração verde devido a presença de traços de ferro e para dar coloração ametista ao vidro, que é uma variedade de quartzo. (CARDOSO, 2008).

O sulfato de manganês é usado extensamente como produto final dos fertilizantes e na alimentação animal, e como um produto intermediário na indústria química (CARDOSO, 2008).

Uma aplicação importante para o manganês é o Maneb (manganês etileno-bisditiocarbamato), um composto organoquímico na forma de pó amarelo que é como um fungicida na agricultura, usado para controlar as doenças da colheita e do cereal, em árvores de fruta, como nas bananas, entre outras. Umas 200.000 toneladas de Maneb estão sendo usadas atualmente (CARDOSO, 2008).

### **3.3 Fisiologia**

Segundo o International Manganese Institute (IMnI), 2005, o manganês é um oligoelemento essencial na saúde humana, sendo indispensável para todas as formas de vida, nas quais tem funções tanto estruturais como enzimáticas. É necessário um consumo em pequenas quantidades, entre 1 a 5 mg por dia, que se consegue através dos alimentos.

Algumas das funções do Mn no organismo são: síntese de glicosaminoglicanos e síntese de matriz mucopolissacarídica da cartilagem, ativação de enzima antioxidante na mitocôndria, metabolismo de lípidos, metabolismo de carboidratos via estabilização ou ativação de algumas enzimas da neoglicogênese como piruvato carboxilase e isocitrato de hidrogenase, ativação de enzimas para o metabolismo dos hidratos de carbono e colesterol e participação na regulação da tolerância à glicose. No sangue, é encontrado principalmente nos eritrócitos, mas também é encontrado no fígado, ligado aos sais biliares. No caso de inalação de manganês, se encontra maiores teores nos pulmões, seguido do fígado, rins e baço. Quando é por injeção subcutânea, observa-se o aumento nos tecidos, sendo maior no pâncreas. Já por via gastrointestinal a quantidade de metal retida no organismo é menor (GUILARTE, 2011).

Tal metal em excesso e/ou exposições prolongadas, de forma inalada ou oral, pode causar efeitos deletérios como toxicidade em diferentes níveis, sendo mais perigoso para o funcionamento do Sistema Nervoso Central (GUILARTE, 2011).

## **4 CONTAMINAÇÃO**

No último século, tem havido muitos episódios de poluição ou contaminação, provocados por exposição a produtos químicos tóxicos. Tais exposições a agentes tóxicos podem ser referentes a agressões por contaminantes da água e dos alimentos, por poluentes do ar e dos medicamentos. E o ramo industrial atual tem contribuído muito para tal situação, visto que tem como prioridade a produção em grande escala, disponibilizando cada vez mais produtos ao ambiente (PASCALICCHIO, 2002).

Hoje não se pode dizer que existe um lugar em específico que não esteja contaminado por algum poluente, o que os pesquisadores e cientistas analisam é em que nível está poluído determinado lugar ou ambiente, e um dos poluentes mais agressivos ao meio ambiente são os metais pesados principalmente por que eles não são sintetizados ou destruídos pelo homem, além de ter a característica acumulativa nos seres vivos (PASCALICCHIO, 2002).

A contaminação por Mn pode ocorrer através de uma exposição ocupacional ou ambiental. Basicamente, a origem de ambos os modos de contaminação provém das mesmas fontes. As concentrações de manganês que ocorrem naturalmente no ar são baixas, contudo as atividades humanas são fontes significativas de emissão de vários metais para o ambiente. Aerossóis, praguicidas e fertilizantes são identificados como possíveis fontes de contaminação do solo que se somam à carga de Mn naturalmente presente na água doce e salgada. Soma-se à carga de Mn naturalmente disposta no ambiente, aquele Mn proveniente da eliminação de resíduos líquidos e sólidos contendo o metal, como a descarga de instalações industriais, chorume de aterros sanitários, lodo de esgoto ou eliminação de terra contendo resíduos de manganês, contaminando águas e solos. Além da contaminação por resíduos, o uso de fungicida contendo manganês, o Maneb, também é uma fonte potencial desse metal em solos e plantas, além de expor os trabalhadores no momento de sua produção e aplicação. O uso de outro composto orgânico de manganês, o MMT (Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl), também contribui para o aumento dos níveis de manganês no ar, principalmente em centros urbanos, devido à sua capacidade de aumentar o nível de octanagem da gasolina, passou a ser usado nos Estados Unidos (1974) como antidetonante adicionado ao combustível em substituição ao chumbo tetraetila. Em alguns países, este composto é usado como um aditivo de gasolina e, quando entra em combustão, gera produtos que incluem fosfato de manganês e

sulfeto de manganês, sendo uma das fontes de manganês inorgânico para a atmosfera. Fumaça, poeira e aerossóis de processamento metalúrgico, de operações de mineração, fundição de aço, soldagem e corte de metal são as principais fontes de manganês para o ambiente. O resultado desses processos é a liberação de óxido de manganês tanto para o ambiente de trabalho como para o ambiente externo. Aproximadamente 80% do Mn no material particulado estão associados a partículas dentro da faixa respirável, o que favorece a distribuição generalizada do metal, isto porque correntes de ar contendo carbonatos, hidróxidos ou óxidos de manganês, podem transportar o metal para os mais variados compartimentos do ecossistema, além da introdução no sistema respiratório. A exposição do trabalhador a esse ambiente contaminado por Mn pode levar ao aparecimento de alterações orgânicas e, em algumas circunstâncias, de doença profissional irreversível, conhecida como manganismo (MUÑOZ, 2002).

A situação dos corpos-d'água no Brasil é crítica. Praticamente não existem rios ou reservatórios nas proximidades dos centros urbanos cujas águas não estejam contaminadas. Resíduos de metais, compostos organometálicos e substâncias orgânicas representam uma grande ameaça para a saúde humana. Suas características comuns são o aspecto cumulativo na cadeia alimentar, com persistência no meio ambiente. Entre os metais, têm sido encontrados vestígios em alimentos e na água de abastecimento de arsênico, cádmio, chumbo, selênio, cromo e manganês (PASCALICCHIO, 2002).

Em novembro de 2015, ocorreu o rompimento de um dos diques da barragem de rejeitos de mineração de Fundão, localizada em Mariana-MG. O rompimento da barragem de Fundão tem sido considerado por diversas agências de risco o maior desastre ambiental da história do Brasil. A tragédia provocou 17 mortes de pessoas, dois desaparecimentos e um conjunto incalculável de prejuízos às cidades e povoados das margens do rio Doce e nas extensas áreas rurais ao longo de mais de 500 km do rio Doce (formador da quinta maior bacia do país). Estima-se que foram escoados cerca de 60 bilhões de litros de rejeitos liquefeitos, com impactos ainda mal avaliados até o momento. Com isso, uma série de danos ambientais de altíssima magnitude e prejuízos incalculáveis para o meio físico, biótico e socioeconômico vêm sendo mostrado por jornais, institutos de pesquisa, universidades, órgãos públicos e organizações independentes (FELIPPE et al, 2016).

As informações divulgadas pela mídia dizem que a lama é composta de água, areia, ferro, resíduos de alumínio, manganês, cromo além da suspeita de presença de mercúrio. Essas substâncias causam danos à saúde humana, pioram a qualidade da água dos mananciais atingidos; destroem matas ciliares e pesqueiros essenciais à pesca artesanal; asfixiam espécies aquáticas e eliminam microrganismos do fundo do rio; comprometem faixas de terras nas margens (soterradas por material inerte). A recuperação da biodiversidade pode levar décadas, o assoreamento pode ser irreversível em muitos trechos do leito do rio Doce, assim como a extinção de espécies típicas do rio pode ser irreversível, como diz Ricardo Coelho, ecólogo da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (FELIPPE et al, 2016).

Não causam surpresa as tantas afirmações de estudiosos sobre a irreversibilidade dos danos ambientais, inclusive porque a lama barra a entrada da luz solar, dificulta a oxigenação da água e altera sua composição química causando mortandade de peixes e de outras espécies que vivem nas margens do rio (FELIPPE et al, 2016).

O volume de rejeitos liberado pelo rompimento da barragem fez surgir um fluxo de lama que rapidamente atingiu as artérias fluviais, causando distúrbios impensáveis na dinâmica dos rios, na sociedade e no meio ambiente. Alguns dias depois, a água com os rejeitos alcançou o Oceano Atlântico e se espalhou por uma extensão superior a 10 quilômetros no litoral do Espírito Santo. Os rejeitos depositados agora vão sendo remobilizados gradativamente pelos processos pluviais e fluviais, mantendo os sedimentos oriundos do rompimento da barragem nas águas do rio Doce por um período de tempo ainda inestimável (FELIPPE et al, 2016).

As consequências do rompimento da barragem foram enquadradas legalmente como crimes ambientais. O momento atual é ainda de esforços técnicos e acadêmicos de entendimento da magnitude das consequências, interpretação das causas e mapeamento de efeitos extensivos e locais, o que já é algo bastante complexo (FELIPPE et al, 2016).

Em reservatórios do Estado de São Paulo, a concentração de manganês na água encontra-se dentro do limite nacional. “No entanto, os estudos têm apontado alterações neurocomportamentais mesmo em indivíduos expostos a essa quantidade”, explica Raul Bonne Hernández, professor de Química Ambiental e Toxicologia no Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF/Unifesp). “Nas águas do volume morto do

sistema Cantareira, mais próximas do solo, esses índices podem ser maiores, porém hoje não há um relatório conclusivo” (CARNAÚBA, 2016).

A exposição ao Mn por alimentos varia a depender do tipo de alimento ingerido. A maior concentração de Mn é encontrada em cereais e alimento de origem vegetal como trigo e arroz, folhas de chá e os vegetais em geral. A ingestão diária de Mn por alimentos em adultos na maioria dos estudos tem variado entre 2 a 9 mg/dia. As crianças também podem ser expostas ao Mn através da transferência materna durante a gravidez, pela amamentação e ainda através dos hábitos de recreação, contato com terra e colocar a mão na boca, engatinhar e brincar no chão (LUCAS, 2010).

A via de absorção pulmonar ou respiratória pode alcançar o corpo e o cérebro por três caminhos, e tem sido retratada como a mais perigosa. Roth (2006) aponta três principais rotas de acesso do Mn ao corpo: 1) a absorção direta para o SNC através de transporte axonal de neurônios que possuem terminações nervosas na mucosa nasal; 2) transporte através do revestimento epitelial pulmonar; 3) remoção do trato respiratório por mecanismos mucociliares e possível ingestão. A via respiratória é considerada a mais rápida e com maior potencial de transferência de Mn para o cérebro do que as outras vias.

Em um estudo de revisão, Zoni, Albini e Lucchini (2007) encontraram, em adultos, uma correlação significativa entre exposição ocupacional e ambiental ao Mn e alterações, especialmente motoras. Enquanto que em crianças as funções cognitivas e o comportamento foram as mais afetadas. Dessa maneira, a literatura pré-existente aponta para diversas alterações cognitivas, comportamentais e de estado emocional que podem sofrer interferência através da exposição ao Mn.

As exposições ocupacionais mais significativas ocorrem pela poeira do Mn. Nas exposições ocupacionais, a principal via de introdução e absorção de manganês é o trato respiratório. O Mn quando inalado, além do comprometimento do sistema pulmonar, irá atingir o sangue passando pelo cérebro antes de ser processado pelo fígado. Neste caso, dependendo da capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica, o manganês pode atingir áreas do SNC e produzir uma série de efeitos neurotóxicos. No sangue sua concentração é cerca de 20 a 25 vezes superior à plasmática. Encontra-se em níveis mais elevados, no fígado, conjugado aos

sais biliares. Também são encontrados níveis relativamente elevados nos pulmões, rins, glândulas endócrinas (tireoide, pituitária, suprarrenais), intestino delgado e testículos. Os ossos e o cérebro são sítios de eliminação mais lenta. A principal via de excreção é a biliar, e, ela parece ser o principal mecanismo regulador dos níveis de manganês nos tecidos. A exposição ao Mn por alimentos varia a depender do tipo de alimento ingerido (PEÑALVER, 1980).

Segundo o professor Raul Bonne Hernández do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF/Unifesp), o manganês poderia estar envolvido em mais doenças neurodegenerativas, além do manganismo, como o Parkinson e o Alzheimer. “Sabe-se, hoje, que as alterações no metabolismo de proteínas e na expressão gênica do DNA, em células cerebrais e terminações nervosas, podem levar ao desenvolvimento desses distúrbios, e o Mn poderia estar provocando isso”, explica Bonne. A má notícia é que a acumulação do metal em indivíduos saudáveis estaria ocorrendo por sua alta incidência na água e no solo (CARNAÚBA, 2016).

Os metais pesados podem ser percolados por meio do chorume, que é o líquido resultante da decomposição de resíduos. O chorume mistura-se com a água de chuva e outros líquidos, originalmente existentes no lixo, infiltrando-se no solo e, quando alcança o lençol freático, contamina a água subterrânea. A contaminação dessas águas tem consequências que perduram por tempo indefinido e são de difícil controle. Além de provocar a contaminação da água, essa disposição inadequada polui também o solo, atingindo as plantas, os animais e o homem (MUÑOZ, 2002).

## **5 ALTERAÇÕES FISIOPATOLÓGICAS POR CONSEQUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO AO MANGANÊS**

A exposição excessiva ao manganês é tóxica a diversos níveis, sendo o Sistema Nervoso Central o mais vulnerável, pois mesmo em pequenas quantidades, os efeitos observados são os mais alarmantes. Os sintomas são semelhantes à doença de Parkinson em alguns aspectos, mas quando induzido pelo manganês pode ser diferenciado da doença de Parkinson devido à maior

localização no globo pálido e estriado. Pessoas com acumulação elevada de Mn no cérebro demonstram perda ou diminuição de neurônios de ativação das células gliais (PARKINSON e OGILVIE, 2001).

Trabalhadores com exposição crônica a altos níveis de manganês no ar sofrem distúrbios mentais e emocionais, além de apresentarem movimentos do corpo mais lentos e descoordenados. Essa combinação de sintomas é uma doença chamada manganismo. Tais sintomas podem ser reduzidos por tratamento médico, mas devido aos níveis elevados de manganês que se acumula no cérebro, qualquer lesão nesse órgão é frequentemente permanente. Em um relatório, humanos expostos à água potável contaminada desenvolveram sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês, mas não se sabe ao certo se os efeitos foram causados pelo manganês isoladamente (SIQUEIRA, 1989).

Os sinais de fases posteriores ao manganismo incluem uma voz monótona que reduz a um sussurro. A expressão facial torna-se confusa e vaga, e os gestos tornam-se lentos e desajeitados. O paciente não pode correr e andar para trás se torna difícil (DELLA ROSA, 1994).

Os sintomas dos danos provocados pelo manganês no SNC podem ser divididos em três estágios:

- **subclínico** (astenia/fraqueza), distúrbios do sono, dores musculares, excitabilidade mental e movimentos desajeitados;
- **início da fase clínica** (transtorno da marcha, dificuldade na fala, reflexos exagerados e tremor);
- **clínico** (psicose maníaco-depressiva e a clássica síndrome que lembra o Parkinsonismo) (GOMES, 1972).

Além dos efeitos neurotóxicos, há maior incidência de bronquite aguda, asma brônquica e pneumonia. Também se observa irritabilidade, tremores e déficit de atenção (LOBO, 2011).

No Chile, conhece-se um quadro denominado de “Loucura Mangânica”, caracterizado por: sinais e sintomas psiquiátricos como agressividade, insônia, alucinações e quadro neurológico muito parecido com o do Parkinson (LOBO, 2011).

Em doses excessivas o manganês pode causar anemia ferropriva e deficiência de cobre, além de interferir na utilização da Tiamina (vitamina B1) e aumentar a necessidade de vitamina C (LOBO, 2011).

As intoxicações que ocorrem mais frequentemente são causadas por alumínio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, mercúrio, níquel e manganês. Esses elementos alteram as estruturas celulares, as enzimas e substituem metais cofatores de atividades enzimáticas (LOBO, 2011).

Uma das explicações para esta síndrome é o rompimento do equilíbrio entre a ação que excita e a que inibe a atividade da musculatura esquelética. A redução da Dopamina na região da substância negra e no corpo estriado interfere no mecanismo da atividade motora, resultando numa hipertonia e hipercinesia (LOBO, 2011).

## **6 TRATAMENTO**

O diagnóstico da intoxicação pelo manganês é baseado nos dados clínicos e da anamnese ocupacional. O paciente que trabalha em alguma ocupação, que apresentar um quadro clínico semelhante ao manganismo, será um paciente mangânico até que se prove ao contrário. É oportuno lembrar que há casos iniciais onde a sintomatologia não será tão exuberante, mas um exame clínico-ocupacional cuidadoso, e com ênfase nos aspectos neurológicos, levará ao diagnóstico. A interpretação da contribuição do laboratório é complexa e, na grande maioria das vezes, pouco esclarecedora. Os exames propostos para diagnóstico e acompanhamento dos pacientes não são coerentes ao se cotejar os resultados dos exames com o estado clínico e a intensidade da exposição. Esta inconsistência é enfatizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) quando se refere à baixa correlação entre os níveis de manganês no sangue ou na urina com a intensidade da exposição e com a gravidade da resposta do organismo ao toxicante. Ressalta também as dificuldades diagnósticas no estágio inicial da enfermidade. Há que considerar ainda, que as relações, dose/efeito e dose/resposta, são muito influenciadas pela hipersusceptibilidade, cujo mecanismo pouco se conhece. Mesmo com toda esta limitação, a manganemia ou a manganúria ainda são os exames indicados para avaliação da exposição. A concentração de manganês no sangue total varia numa grande amplitude. Em princípio, a

posição da OMS sobre indicadores biológicos de acompanhamento de saúde de trabalhadores ocupacionalmente expostos continua atual: ainda não se conhece nenhum parâmetro biológico específico que possa ser usado como monitor de trabalhadores expostos ao manganês, tanto para estudos epidemiológicos como para o diagnóstico (CARVALHO, 1987). Vale ressaltar que tal diagnóstico fica mais difícil de ser determinado quando não esta relacionado a exposição ocupacional, visto que dificilmente haverá o estabelecimento da relação dos sintomas com a intoxicação por tal metal.

Diante disso, temos como tratamento medicamentoso para tal quadro de intoxicação o uso de Levodopa (3,4 dihidroxifenilalanina) também chamada de L-DOPA, um precursor da Dopamina, portanto, aumenta a concentração desta substância, visando corrigir este efeito do manganês. Por outro lado, a L-DOPA transforma-se rapidamente em Dopamina, tanto antes como depois de atravessar a barreira hematoencefálica, por carboxilação. Sabe-se que a Dopamina não atravessa esta barreira e, portanto, esta transformação é um desperdício medicamentoso. Para inibir esta ação carboxílica, usa-se a Carbidopa e a Benserazida (inibidores da dopa-descarboxilase). Os receptores dopaminérgicos, por sua vez, podem ser estimulados por meio da Bromocriptina ou a Pergolida que é de 10 a 1000 vezes mais potente do que a Bromocriptina. O predomínio parassimpático decorrente do desequilíbrio do tônus muscular pode ser contornado com a administração de parassimpaticolíticos como o biperideno, enquanto que a degradação intraneuronal da Dopamina no sistema nigroestriado pode ser reduzida pela selegilina. O tratamento de um paciente intoxicado pelo manganês é complexo e pressupõe a assistência de um neurologista. As dosagens prescritas variam conforme os sintomas e a tolerância dos pacientes. Sua administração envolve muitos cuidados em termos de potencialização dos efeitos e da sintomatologia ligada à sua supressão brusca que poderá ocasionar recrudescimento dos sintomas. Há várias formulações que usualmente são usadas no tratamento do Parkinsonismo e que podem ser lembradas para o controle terapêutico dos mangânicos (CARVALHO, 1987).

Há tratamento para o manganismo cujos resultados ainda são um pouco incertos, quanto à cura propriamente dita, mas que podem proporcionar uma grande ajuda ao paciente. Tais resultados dependem muito do grau de acometimento do paciente. Há até referências de

remissão da sintomatologia em pacientes afastados da exposição logo no início do aparecimento dos efeitos tóxicos do manganês (CARVALHO, 1987).

## **7 PREVENÇÃO**

É importante o monitoramento de metais em água subterrânea por representar a principal fonte de abastecimento de água. Segundo diagnóstico efetuado pela CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, em 1997, o uso das águas subterrâneas para o abastecimento público no Estado de São Paulo vem crescendo gradativamente. Atualmente, 72% dos municípios de SP, por exemplo, são total ou parcialmente abastecidos por águas subterrâneas, o que reforça a necessidade de proteção e monitoramento permanente da qualidade dessas águas (CETESB, 2001; MUÑOZ, 2002).

A prevenção de uma doença profissional causada por uma carga química poderá ser planejada de acordo com a seguinte sequência: eliminando o agente; isolando-o no ponto de origem; impedindo que o trabalhador tenha contato com o agente; dificultando a penetração e absorção pelo organismo; avaliando biologicamente o nível de exposição; detectando a sintomatologia inicial; tratando precocemente a intoxicação; reduzindo o dano da doença pela reabilitação, não só a física mas também a reabilitação profissional bem como o ressarcimento previdenciário das consequências do dano à saúde. Medidas preventivas que se referem mais diretamente à pessoa do trabalhador, visando promover sua saúde são também consideradas de maior importância para a prevenção. Nestas medidas promocionais da saúde podem ser incluídas boas condições de alimentação, higiene pessoal, salário, habitação, treinamento sobre uso de medidas protetoras, bom relacionamento no trabalho, férias, entre outros. A substituição do manganês nos processos industriais nem sempre é, tecnologicamente, possível. Para alguns de seus usos ainda não se encontrou substituto o que faz prever que durante muito tempo ainda será utilizado. Outra medida preventiva a ser pensada é o afastamento do trabalhador da área de risco. Uma das maneiras de se conseguir este isolamento é a automatização do processo de maneira que o operador não necessite entrar diretamente na área de produção. A robotização tem trazido soluções muito importantes no sentido de tornar desnecessária a presença do

trabalhador em locais que envolvem riscos para a saúde. Outro modo, é o enclausuramento, (que não deixa de ser um tipo de automatização), onde a operação que desprende a carga química prejudicial é mantida completamente fechada e o trabalhador a opera do lado de fora. Pode ser utilizada, por exemplo, no carregamento da carga de manganês nos fornos de siderurgia. Estes métodos preventivos podem ser considerados como um trabalho sem risco e deveriam ser escolhidos prioritariamente, porque eles praticamente independem da vontade do trabalhador ou de sua chefia para serem usados corretamente. Os métodos coletivos de proteção vêm a seguir em termos de ordem de prioridades. Sua utilização já depende, em grau maior ou menor da vontade do trabalhador ou das chefias. Entre estes métodos podem ser citados a umectação (de grande importância em certas fases da mineração); a segregação, que consiste em limitar a área de maior risco no tempo, (trabalhar só a noite - ou em certas horas com menos movimento) ou no espaço (executar a operação num local mais distante da área habitual de produção), de maneira a reduzir o número de expostos; ventilação local exaustora e ventilação geral diluidora (têm como finalidade retirar as cargas químicas do ambiente ou reduzir a sua concentração). Outras medidas coletivas de importância são a ordem e limpeza no local de trabalho, a manutenção correta dos equipamentos com especial atenção ao sistema de ventilação (os filtros devem ser objeto de cuidados muito especiais). No caso de não conseguir implantar estas medidas de manter um trabalho sem risco ou assegurar um trabalho protegido por medidas de proteção coletiva, deve-se pensar em dificultar que a carga química atinja o trabalhador, adotando medidas específicas de prevenção que são os equipamentos de proteção individual, tais como, protetores respiratórios, calçados de segurança, luvas, etc. Se as medidas preventivas até aqui assinaladas não forem adotadas, o manganês penetrará no organismo, conforme já foi analisado. Começará, então, outro nível de ação preventiva, que consiste em procurar detectar como o trabalhador está reagindo a este toxicante. Isto poderá ser feito numa primeira etapa por meio dos indicadores biológicos de exposição e, numa etapa mais avançada, avaliando o grau de comprometimento orgânico por meio de índices de intoxicação. No caso do manganês, estas medidas que, de certa forma, tentam limitar os efeitos do dano à saúde ocasionado pela exposição não controlada a ele, são muito pouco eficientes (PEÑALVER, 1980).

A legislação brasileira que estabelece as diretrizes do programa de controle médico de Revinter, v. 11, n. 03, p. 32-53, out. 2018.

saúde ocupacional, não incluiu o manganês entre os parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional a alguns agentes químicos. Não havendo indicadores conhecidos até o momento que sejam confiáveis, resta identificar muito precocemente a sintomatologia para afastar o paciente da exposição antes que seu estado de saúde se agrave. Neste sentido, um bom exame clínico, com ênfase na anamnese ocupacional e na semiótica neurológica serão imprescindíveis, assim como o afastamento imediato do trabalho no caso de qualquer sinal ou sintoma que possa lembrar os efeitos do manganês. Considerando a gravidade da intoxicação, não tem muito sentido aguardar esta etapa do acompanhamento da saúde dos trabalhadores expostos para agir. Ela identifica graves falhas na prevenção. Sem a correção destas falhas, o trabalho não deveria ser permitido e o empregador deve ser orientado educacional ou coercitivamente, a evitá-las e corrigi-las. Se apesar de todas estas medidas ocorrerem os quadros de intoxicação, pode-se reduzir a intensidade dos seus efeitos com um tratamento bem conduzido. Este tratamento, além do esquema medicamentoso já referido, poderá envolver necessidade de tratamento hospitalar. Nos casos muito adiantados onde o paciente permanece constantemente no leito, são requeridos cuidados especiais para a prevenção das escaras de decúbito. No caso, infelizmente frequente, de sequelas, a reabilitação será muito importante não só para a recuperação física do paciente, como também e principalmente, na reintegração, de alguma forma, deste paciente na força de trabalho (SIQUEIRA, 1989).

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apesar da importância do manganês para o organismo humano por ativar diversas enzimas presentes em vários processos fisiológicos, a exposição excessiva a esse elemento é tóxica, sendo o Sistema Nervoso Central o mais afetado. Estudos recentes insinuam que a exposição demasiada ao manganês cause a inabilidade de liberar a dopamina, causando anormalidades de movimento em pessoas que sofreram essa exposição. Em pessoas jovens, a quantidade inferior de ferro propicia a sua retenção, apresentando assim maior potencial tóxico, do que em adultos.

Diante da possibilidade de interferir significativamente na homeostasia humana, mais

estudos devem ser realizados para que seja desenvolvido um método mais eficaz de diagnóstico e prevenção. E assim, também, poder orientar e conscientizar a população e trabalhadores a respeito dos riscos e prevenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, M. L. **Metais pesados**. 2008.

CARNAÚBA, **Valquíria. Manganês**: Um risco invisível. UNIFESP, Universidade Federal de São Paulo, Ed. 06 - Entreteses, 2016.

CARVALHO, C. F. **Efeitos neuropsicológicos da exposição ao manganês em crianças**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Psicologia. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CARVALHO, MGM. Intoxicação Ocupacional por Manganês: Aspectos terapêuticos - Relato de Três Casos. In: Associação Nacional de Medicina do Trabalho, Anais do V **Congresso da ANAMT**, Florianópolis, 1987.

CETESB. Companhia de Tecnologia de saneamento ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas**. São Paulo, 2001.

DELLA ROSA, H&Colacioppo, S. A contribuição da Higiene Industrial e da Toxicologia Ocupacional. In: Buschinelli, JT & alli. **Isto é Trabalho de Gente?** Vida, Doença e Trabalho no Brasil. Ed Vozes, Petrópolis, RJ. 1994.

FELIPPE, Miguel Fernandes; COSTA, Alfredo; FRANCO, Roberto; MATOS, Ralfo. **A Tragédia Do Rio Doce**: A Lama, O Povo e a Água. Belo Horizonte - Edição Especial - Vale do Rio Doce: formação geo-histórica e questões atuais, 2016.

GOMES, JR. Doenças Profissionais: Doenças Causadas por Manganês e seus Compostos. In: **Curso de Medicina do Trabalho**. Ed Fundacentro, São Paulo, 1972.

GUILARTE R. T. Manganese and Parkinson's disease: a critical review and new findings, Rev. Ciênc. Saúde Coletiva vol.16 no.11 Rio de Janeiro, 2011.

INTERNATIONAL MANGANESE INSTITUTE (IMnI) - Annual Review 2005.

KLAASSEN, C. D.; WATKINS III, I. B. **Fundamentos em toxicologia**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

LEITE, E. M. A.; AMORIM, L. C. A. **Toxicologia geral**. Nota de aula, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

LIMA, L.L.; Lima, L.P.; Ferreira, R.L. **MANGANÊS: IMPORTÂNCIA E PROBLEMAS ASSOCIADOS**. ABQ – Associação Brasileira de Química. Rio de Janeiro: 53º Congresso Brasileiro de Química, 2013.

LOBO, Frederico. **Metais tóxicos e suas conseqüências para a saúde humana**. EcoDebate, 2011.

LUCAS, R. D. L. In vivo assays to study the interference of chemoprotectors on manganese neurotoxicity. Universidade de Lisboa, 2010.

MUÑOZ, Susana Inés Segra. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP**: avaliação dos níveis de metais pesados. Tese de Doutorado USP-Ribeirão Preto, 2002.

PARKINSON, A.; OGILVIE, B.W. Biotransformatio of xenobiotics In: KLAASSEN, C.D. Toxicology, the basic science of poisons, 6 Ed., New York: McGraw Hill, 2001.

PASCALICCHIO, Áurea Ap. Eleutério. **Contaminação por metais pesados**; saúde pública e medicina ortomolecular. São Paulo, Annablume, 2002.

PEÑALVER, RA. Intoxicação Profissional por Manganês. In: Mendes R. **Medicina do Trabalho Doenças Profissionais**. Ed Sarvier, São Paulo, 1980.

QUEIROZ, S. **Tratado de toxicologia ocupacional**. São Paulo, 2010.

QUINTAL S. V; LOTUFO B. J. P; BETTA L. S. **Importância dos oligoelementos na nutrição perinatal.** 1991.

RISS, A.; KHODOROVSKI, Y. Production of Ferrolloys. Moscow, Foreign Languages Publishing House, 1964.

ROTH, J. A. (2006). Homeostatic and toxic mechanisms regulating manganese uptake, retention, and elimination. Biol Res.

SALGADO, P.E.T. Toxicologia dos metais. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia.** São Paulo, 1996.

SILVEIRA BRAGA, R. **Auto-redução de Minérios Brasileiros de Manganês.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

SIQUEIRA, MEPB & Moraes, ECF. **Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Manganês.** Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 1989.

World Health Organization. Manganese, Environmental Criteria 17th, Ed conjunta UNEP, ILO e WHO. Geneva, 1981.

ZONI, S., ALBINI, E., & LUCCHINI, R. Neuropsychological testing for the assessment of manganese neurotoxicity: a review and a proposal. American journal of industrial medicine, 2007.

---

<sup>i</sup> Graduação em Biomedicina pela faculdade Centro Universitário Lusíada.

<sup>ii</sup> Graduação em Biomedicina pela faculdade Centro Universitária Lusíada. E-mail para contato: bibagonzalez@hotmail.com.