

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO

Rachel de Oliveira

O PESO INVISÍVEL: O contato das pessoas com a Baía de Sepetiba

Rio de Janeiro

2020

Rachel de Oliveira

O PESO INVÍVEL: O contato das pessoas com a Baía de Sepetiba

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Análises Clínicas.

Orientador(a): Marcos Vinícius Mota Machado

Rio de Janeiro

2021

*Dedico esse trabalho ao meu querido pai, Márcio
Luís de Oliveira e a todos os pescadores da Baía de Sepetiba*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, não poderia deixar de agradecer a Deus, e aos Orixás que me acompanharam nesse processo: Oxum, Iemanjá, Ogum e Xangô. Os quais me deram a força e um maior significado para chegar até o fim desse projeto.

Agradeço à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) pelo apoio institucional, oportunidade de aprendizado e por entender a necessidade de ter um olhar crítico para sociedade e ciência.

Agradeço ao meu orientador Marcos Vinícius Mota Machado que me ofereceu todo incentivo para a construção desse grande tema. Tenho o conhecimento que não poderia ter outro orientador tão capacitado para o projeto.

Agradeço à todos os professores e professoras do técnico de análises clínicas, do Laboratório de Educação Profissional em Técnicas Laboratoriais em Saúde - LATEC, por estimularem em suas aulas ministradas o meu desejo de produzir ciência. Os quais foram essências para o surgimento e desenvolvimento deste objeto de pesquisa.

Agradeço as professoras da disciplina de metodologia de pesquisa, Fernanda de Oliveira Bottino, e Carla Cabral Gomes Carneiro que sempre estiveram de braços abertos para ajudar, me encorajando em todo período da escrita.

Agradeço ao professor Jonathan Moura pelo auxílio na escolha do título da monografia.

Agradeço especialmente a Tainah Silva Galdino de Paula, além da sua contribuição como professora de metodologia, auxiliou de maneira única e especial na construção do terceiro capítulo dessa monografia

Agradeço ao Flávio Paixão e a Renata Rufino Amaro pela disponibilidade e por aceitarem o convite para avaliar esse projeto.

Agradeço ao meu antigo professor Marcelo Alves, o qual me apresentou pela primeira vez a Baía de Sepetiba como um objeto de estudo no meio acadêmico, ainda no período do meu ensino fundamental.

Agradeço aos meus pais Marcio Luís e Ana Cláudia. Poderia escrever mil páginas agradecendo e não seria suficiente. Entretanto, sou contemplada por toda força, amor e motivação, vocês são a razão dessa monografia.

Agradeço as minhas avós Maria do Socorro, Atamar Gomes, Joracir e Antônia por todo apoio.

Agradeço em especial as minhas amigas Ana Carolina de Sá, Laura Farias, Lygia Cristine Soares e Camilla Mello, Brenda Gomes. Penso que sem vocês minha permanência na escola iria se tornar muito difícil, obrigado por todo carinho e o apoio nessa longa trajetória.

Agradeço especialmente ao Gabriel Rodrigues Andrade e Nicolly Martins, grandes pessoas que estiveram ao meu lado, principalmente me motivando nos momentos de desânimo para continuar a escrita desse projeto.

“O Homem é parte da natureza e a sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo”

(Rachel Carson)

RESUMO

Este projeto de pesquisa visa destacar o histórico de contaminação da Baía de Sepetiba por metais pesados e tratá-la como uma questão de saúde pública. O trabalho tem como base, a revisão de literatura sobre fatos da poluição na região e estudos realizados. Dessa forma, os resíduos de metais contidos na Baía de Sepetiba, oriundos das atividades econômicas de siderúrgicas presentes na região, podem causar doenças relacionadas ao sistema nervoso central, danos nos rins e até diversos de tumores naqueles que entram em contato com a água contaminada.

Palavras-chave: Baía de Sepetiba, Siderúrgicas, Atividades econômicas, Metais pesados, Contaminação e Doenças.

LISTA DE SIGLAS

BAL	British Anti-Lewisite
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DMSA	Dimercaptosuccinico
DHHS	Departamento de Saúde e Serviços Humanos
ELISA	Teste Imunoenzimático
EDTA	Ácido Etileno Diamino Tetra Acético
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
HgO	Monóxido de Mercúrio
IARC	Agência de Pesquisa sobre o Câncer
IFN-γ	Interferon Gama
IGE	Imunoglobulina do tipo E
IRA	Insuficiência Renal Aguda
NER	Sistema de Excisão de Nucleotídeos
NTA	Necrose Tubular Aguda
PbCO₃	Carbonato de Chumbo
PbS	Sulfeto de Chumbo
PbS	Chumbo
Pb₃O₄	Tetróxido de Chumbo
PbO	Monóxido de Chumbo
ROS	Espécies Reativas de Oxigênio
RNS	Espécies Reativas de Nitrogênio
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
TKCSA	Companhia Siderúrgica do Atlântico
USIMINAS	Usina Siderúrgica de Minas Gerais
VPR	Vestimenta de Proteção Radiológica

LISTA DE QUADROS

Quadro 1–Limites dos níveis máximos de chumbo em alimentos estabelecido pela Portaria do Ministério de Saúde nº 685----- 17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Contaminação na área de manguezais após o vazamento de rejeitos-----	11
Figura 2 – As principais siderúrgicas contaminadoras da Baía de Sepetiba-----	12
Figura 3–Diferentes representações do mercúrio-----	20
Figura 4- A organização da tabela periódica moderna-----	18
Figura 5- Os metais pesados escolhidos para a pesquisa na tabela periódica-----	19
Figura 6- O processo de bioacumulação presente na cadeia alimentar-----	37
Figura 7-Os principais mecanismos epigenéticos do DNA-----	40

SUMÁRIO

RESUMO	7
LISTA DE SIGLAS	8
LISTA DE QUADROS	9
LISTA DE FIGURAS	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. CAPÍTULO 1- UM HISTÓRICO SUCINTO ACERCA DOS METAIS	18
2.1 O ESTUDO SOBRE A TABELA PERIÓDICA	18
2.2. CÁDMIO	21
2.3. CHUMBO	21
2.4. MERCÚRIO	24
2.5. A IMPORTÂNCIA DO HISTÓRICO	26
3. CAPÍTULO 2- AÇÃO TOXICOLÓGICA DOS METAIS PESADOS NO CORPO HUMANO	27
3.1 CONCEITOS BÁSICOS	27
3.2AÇÃO TOXICOLÓGICA DO CÁDMIO	27
3.3AÇÃO TOXICOLÓGICA DO CHUMBO	29
3.4 AÇÃO TOXICOLÓGICA DO MERCÚRIO	31
3.5 IMUNOTOXICIDADE DOS METAIS PESADOS	32
3.6 OS METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE E AS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE	33
4. CAPÍTULO 3-AS DOENÇAS ORIUNDAS DA INTOXICAÇÃO POR METAIS PESADOS	35
4.1 O SURGIMENTO DE TUMORES COMO CONSEQUÊNCIA DA TOXICIDADE DO CÁDMIO	35
4.2 A ENCEFALOPATIA CRÔNICA CAUSADA PELA INTOXICAÇÃO DO CHUMBO	38
4.3 A INSUFICIÊNCIA RENAL AGUDA GERADA PELA INTOXICAÇÃO POR MERCÚRIO	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

A Baía de Sepetiba é um corpo de águas salinas e salobras que contém aproximadamente 300 quilômetros quadrados de área. Dentro dela existem as ilhas como as de Bom Jardim, Jaguanum, Guaíba e Itacuruçá. Ao longo das décadas houve instalações de indústrias mesmo com a falta de consentimento de moradores próximos a região. Deste modo, o local transformou-se em um alvo de interesses econômicos e geopolíticos que trouxeram mudanças sociais e ambientais em seu redor (RODRIGUES,2017).

Essas transformações ambientais poluíram as águas com contaminante conhecidos como metais pesados, sendo estes definidos como materiais de um grupo de elementos químicos na tabela periódica que podem ser compreendidos pelas suas propriedades químicas. Os mesmos possuem elevada massa específica, grande valor de massa atômica e alto número atômico. A sua densidade é maior que $4,0 \text{ g/cm}^3$, eles possuem a tendência em forma sais, quando estão dissolvidos, porém os metais pesados também produzem sulfetos e hidróxidos. Além disso, estas substâncias químicas em altas concentrações no sangue podem gerar impactos irreversíveis no corpo humano (LIMA; MERÇON, 2011).

As maiores siderúrgicas implantadas que estimularam as modificações e a contaminação na Baía foram: a antiga Mercantil Ingá, produtora de zinco de alta pureza, instalada em 1962, mas que veio a falir 1998 (PINTO; BARROS, 2006) e a Companhia Siderúrgica do Atlântico (TKCSA), conhecida mundialmente e que foi, posteriormente, vendida para Ternium Brasil.

No início do funcionamento da Mercantil Ingá, situada na Ilha da Madeira em Itaguaí, surgiram depósitos que formavam montanhas de resíduos, contendo materiais tóxicos, especificamente metais pesados como zinco e cádmio. Em 1984, após denúncias de contaminação dos manguezais pelos resíduos, houve a construção de diques de contenção na tentativa de restringir os resíduos que estavam em contato com a água (LINDOLFO, 2015).

Em 1996, com o acontecimento de severas chuvas na região ocorreu o rompimento dos diques erguidos pela Mercantil Ingá. Dessa forma, agravando a contaminação por metais pesados na localidade. Calcula-se que ocorreu o despejo de dez milhões de toneladas de zinco e cádmio na Baía de Sepetiba (PEREIRA; MIRANDA, [s.d.]). Após um ano do acidente, ainda era possível ver a presença dos resíduos químicos e os seus impactos nos manguezais. É importante lembrar que comprometer a área dos manguezais, por consequência, também prejudica todo o

ecossistema ali presente. Visto que essa região é considerada o berço da vida marinha, pois muitas espécies realizam sua reprodução nesse bioma. (Figura 1) (VINHAS, 2009).

Figura 1- Contaminação na área de manguezais após o vazamento de rejeitos.



FONTE: (VINHAS, 2009).

Entretanto, mesmo com o desastre ecológico vivenciado na região, iniciaram-se obras em 2006 para instalação de uma das maiores siderúrgicas, no bairro de Santa Cruz conhecida como TKCSA. A governadora do Estado do Rio de Janeiro no período era Rosinha Garotinho, mas a inauguração da siderúrgica ocorreu em 2010, durante o governo de Sérgio Cabral. O acontecimento trouxe grandes expectativas para economia da cidade (DAVID, 2010).

A empresa está associada ao grupo *Thyssenkrupp Steel* de origem alemã; uma importante produtora de aço para exportação. Durante os anos iniciais de suas atividades, houve relatos relacionados a dragagens irregulares que estavam acontecendo na região, prejudicando ecossistemas principalmente nas áreas da Baía que possuíam manguezais. Tais intervenções aconteceram para facilitar a exportação da matéria prima por meio dos transportes marítimos. Outra denúncia descrita relacionava a identificação de partículas de grafite no ar, como um dos impactos gerados pelas atividades dessa siderúrgica, resultando em uma multa de 1,8 milhões de reais para indústria, aplicada pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (PEREIRA; MIRANDA, [s.d.]).

Demais acusações à TKCSA sucederam devido às ameaças que pescadores receberam, através de milicianos, que tinham conhecimento da própria empresa. Esses pescadores foram

abordados, pois denunciavam os crimes ambientais gerados na Baía de Sepetiba (KATO *et al.*, 2012).

Posteriormente, com o surgimento de Distritos Industriais na região, outros empreendimentos foram implementados, como: a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Gerdau Cosigua e a USIMINAS (Figura 2). As empresas citadas em sua maioria trabalham com minério de ferro, produção de placas de aço e chumbo. Todas as suas produções são exportadas pelos portos marítimos de Itaguaí ou pelas rodovias. O intuito dessas indústrias são as construções civis e a fabricação na área automotiva (DAMAS, 2008; PACS, 2015).

Figura 2- As principais siderúrgicas contaminadoras da Baía de Sepetiba.



(Fonte: PACS, 2015)

Em 2008, foram realizadas dragagens na região para a circulação de navios e expansão do Porto de Itaguaí. Recentemente, outras dragagens foram executadas pela TKCSA. Diante desses fatos, existe o risco dos resíduos que estavam no fundo da Baía, deixados pelo passivo da Mercantil Ingá, retornarem à superfície da Baía prejudicando a vida marinha e atividade pesqueira da área (BARROS; BASSANI, 2012).

Para instalação de todas as siderúrgicas citadas no território, não ocorreu o consentimento da população que permitisse o seu funcionamento, somente o apoio do Estado, pois a chegada destas empresas tornou-se promissora para economia da região. As indústrias trazem consigo um discurso com promessas de desenvolvimento da área onde estão localizadas, novos recursos e possibilidades de empregos para os moradores.

Contudo, o intuito dessas empresas é explorar todo o recurso oferecido pela natureza, sem ao menos se preocuparem, com o impacto que a sua produção causa no ecossistema da Baía e na saúde das pessoas submetidas nesta realidade. Entende-se que o maior objetivo, a geração de capital, está sendo constantemente alcançado com todo rendimento da produção dessas siderúrgicas, portanto, os prejuízos causados na Baía, não possui nenhuma visibilidade.

De acordo com o problema mencionado, tratar a região como uma questão de saúde pública é necessário, pois a poluição da Baía não atinge apenas um indivíduo, mas a população presente nos bairros próximos. O impacto ambiental causado pelas siderúrgicas através de resíduos químicos despejados nesse corpo hídrico prejudica e limita a principal atividade econômica da área: a pesca. Logo, uma parcela significativa da população está suscetível aos metais pesados. Uma vez que, a qualidade do pescado consumida pela localidade está comprometida. Assim como, os pescadores que estão em contato direto e regularmente com a água contaminada (VINHAS, 2019).

Após todos os impactos da atividade industrial na região, com a água contaminada contendo metais pesados, as pessoas em contato com chumbo, mercúrio e cádmio não percebem os danos dos metais que inicialmente são silenciosos e imperceptíveis. Estes componentes químicos tornaram-se preocupantes para saúde, pois em contato com diversas macromoléculas e enzimas do corpo humano, eles interagem com proteínas fundamentais, impedindo a realização de funções bioquímicas(MOREIRA; MOREIRA, 2004)

Quando o chumbo entra na corrente sanguínea, ele se acumula no cérebro e provoca problemas no Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP) em adultos mesmo, com baixas concentrações. Estar exposto a estes elementos químicos durante muito tempo pode induzir encefalopatia crônica¹, pelos prejuízos que foram causados no sistema nervoso central (MOREIRA; MOREIRA, 2004)

O mercúrio, que facilmente contamina o corpo humano foi encontrado na água da Baía. Segundo Ferreira *et al.*, (2017), no estudo que realizou por meio de uma análise quantitativa de alguns compostos químicos nesse corpo hídrico, foi relatado concentrações elevadas de mercúrio que corresponde a sedimentos desse metal com 4 µm de diâmetro nas áreas próximas aos córregos do Rio Guandu que desembocam na Baía de Sepetiba. Isto mostra a existência de

¹ Encefalopatia crônica: Uma doença causada por danos sofridos no cérebro provocando o mal o funcionamento do mesmo e uma das causas é a exposição prolongada pelo chumbo (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

poluição das águas em ambos os corpos hídricos, visto que o Rio Guandu permeia os distritos industriais no bairro de Santa Cruz.

Este metal pode ser encontrado em sua forma inorgânica e em sua forma orgânica conhecida como metil-mercúrio. O metal orgânico é mais tóxico, pois 90% dele é absorvido pelo organismo. O mercúrio no organismo pode ser dosado pela urina, sangue e cabelo através da espectrofotometria de absorção atômica (GONÇALVES; GONÇALVES, 2004). Os órgãos mais afetados por esse elemento são os rins e SNC, pois ocorre uma acumulação. Deste modo, prejudicando a função renal do indivíduo exposto ao mesmo (KIMÁKOVÁ, 2018).

O cádmio influencia no surgimento do estresse oxidativo que está relacionado aos radicais livres. As pessoas que convivem com o cádmio estão sujeitas à formação exagerada dessas moléculas. Assim, esse processo provoca um desequilíbrio no metabolismo e o corpo será incapaz de eliminar essa quantidade acumulada de radicais livres resultando no surgimento de tumores (LEITE; SILVA; CUNHA, 2015).

A temática abordada torna-se relevante, uma vez que a Baía de Sepetiba é uma região conhecida e as praias que existem nela são frequentadas por muitas pessoas. Ao entrarem em contato com a água e consumirem o pescado, elas estão expostas a metais pesados que causam impactos em seus corpos que, inúmeras vezes, podem causar danos irreversíveis, pois os metais pesados são bioacumulativos (LEITE; SILVA; CUNHA, 2015).

A escolha dos metais pesados (mercúrio, chumbo e cádmio) para o estudo explica-se, pois existe ao redor da Baía de Sepetiba, siderúrgicas que utilizam desses mesmos componentes químicos, como matéria prima para sua produção de aço e os resíduos dessas atividades estão contaminando esse corpo hídrico. Além disso, através das vias de contaminação, estes elementos químicos estimulam no indivíduo, respectivamente, problemas no sistema urinário (KIMÁKOVÁ, 2018) danos neurológicos (MOREIRA; MOREIRA, 2004) stress oxidativo (LEITE; SILVA; CUNHA, 2015).

Ainda convém lembrar que o grupo de pessoas que mais são prejudicadas, tais como os pescadores da região e moradores dos bairros próximos a Baía, não tem conhecimento sobre a gravidade que abrange a poluição da água. Além disso, a autora do projeto trouxe abordagem sobre a Baía de Sepetiba, pois a mesma reside em um dos bairros que está a margem desse corpo hídrico. Assim, ao adentrar no Curso Técnico de Nivel Médio em Análises Clínicas da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV), percebeu que o tema poderia ser

problematizado no meio científico. Desse modo, a importância da pesquisa é demonstrar uma atualização sobre os contaminantes da Baía, uma vez que existe uma limitação relacionados aos estudos científicos que abordam o problema mencionado. Conseqüentemente, há uma necessidade de evidenciar os riscos que tais grupos estão sujeitos por conviverem na área afetada.

O objetivo geral que norteia essa pesquisa é compreender a Baía de Sepetiba como uma questão de saúde pública e sua poluição por metais pesados. Diante disso, foi delimitados os objetivos específicos que consiste: 1) Apresentar os históricos sobre os principais metais: cádmio, chumbo e mercúrio. 2) Descrever os efeitos que os metais pesados contidos na Baía de Sepetiba, causam nas pessoas que entram contato com a água da Baía; e 3) Relacionar três doenças como resultante dos danos provocados por esses elementos químicos.

Esse trabalho de conclusão de curso utilizará como metodologia, o levantamento bibliográfico e revisão de literatura, tendo como descritores os termos Baía de Sepetiba, siderúrgicas, atividades econômicas, metais pesados, contaminação e doenças. Utilizando as bases de dados Scielo, Pubmed, dados do Ministério da Saúde e a fonte de informação Google Acadêmico para a pesquisa que possuirá um caráter qualitativo, como critérios de inclusão foram selecionados artigos publicados desde 2002 a 2019.

A finalidade desta revisão bibliográfica é evidenciar o problema de contaminação da Baía como uma questão de saúde pública para moradores das regiões próximas. Diante desse fator, será realizada a leitura de artigos sobre os três metais pesados selecionados (mercúrio, cádmio e chumbo) e os impactos dos mesmos no organismo humano abordando a problemática de intoxicações por estes compostos.

O primeiro capítulo abordará a descrição de cada metal pesado escolhido e trará o histórico dos mesmos, enfatizando em quais atividades atualmente estes metais estão presentes. O segundo capítulo irá descrever os danos que o mercúrio, cádmio e chumbo causam no organismo das pessoas que estão expostos a eles. O terceiro tem como proposta relacionar a insuficiência renal aguda, os surgimentos de tumores e encefalopatia crônica como doenças que podem ser geradas pela intoxicação destes elementos químicos citados respectivamente.

2. CAPÍTULO 1- UM HISTÓRICO SUCINTO ACERCA DOS METAIS

2.1 O ESTUDO SOBRE A TABELA PERIÓDICA

Os primeiros elementos químicos descobertos pela humanidade foram os metais, especificamente o ouro, o cobre a prata ainda no período da pré-história. As experiências com a combustão contribuíram para esse descobrimento. Diante desse fato, os metais foram muito usados em antigas civilizações e estão presente na sociedade até os dias atuais. Assim, essas atividades iniciais com fogo foi o princípio para o desenvolvimento da metalurgia (LIMA; BARBOSA; FILGUEIRAS, 2019).

No decorrer do tempo, novas explorações aconteceram e cerca de 60 componentes estavam reconhecidos por cientistas no século XIX. Assim, surgiram às primeiras tentativas de organização de tantas substâncias, dando origem a ferramenta conhecida como tabela periódica, elaborada em forma de quadro com os elementos químicos conhecidos atualmente. Os mesmos são coordenados por ordem crescente de número atômico e fornece variadas informações de cada componente (LIMA; MERÇON, 2019).

Entretanto, a tabela periódica não foi formada em apenas um momento da história, houve inúmeros modelos anteriores até resultar no quadro atual. É importante ressaltar que os cientistas idealizadores desses padrões anteriores, como Johann Wolfgang Dobereiner, um químico alemão em 1829, apresentou uma tabela com os elementos químicos em tríades correlacionando seus pesos atômicos (CARVALHO, 1977 *apud* BONIS, 2009).

Logo após, um geólogo e mineralogista francês chamado Alexandre de Chancourtois em 1862, publicou outro exemplo de ordenação que continha uma forma em espiral, este modelo ficou conhecido como parafuso telúrico de Chancourtois. Posteriormente um químico inglês John Alexander Reina Newlands em 1865, aprimorou os estudos anteriores e fez uma reorganização, na qual as propriedades repetiam-se a cada grupo de oito elementos e estavam em número crescente das massas atômica, essa distribuição ficou denominada como Lei das Oitavas (TARGINO; BALDINATO, 2016).

Além disso, novos modelos ocorreram e os responsáveis por esse fato foram o químico russo chamado Dmitri Ivanovic Mendeleiev em 1869 e o cientista alemão conhecido como Julius Lothar Meyer em 1870, as tabelas eram análogas, porém, aquela apresentada por Mendeleiev ressaltou-se pelos detalhes e sua previsão de novas descobertas que seriam incluídas, a

organização do quadro era entre colunas horizontais e verticais, alinhada por suas propriedades. Entretanto a criação de Mendeleiev recebeu alterações realizadas pelo inglês Henry Moseley em 1913, rearranjando os componentes químicos em ordem crescente de seus números atômicos (LIMA; BARBOSA; FILGUEIRAS, 2019).

Atualmente depois do reconhecimento de novos componentes, a tabela periódica moderna contém 118 elementos, podendo ser dividida entre os gases nobres, ametais, hidrogênio e metais, demonstrados na (Figura 3).

Figura 3- A organização da tabela periódica moderna.



Os gases nobres são um de conjunto substâncias que não reagem facilmente, pois possuem estabilidade com oito elétrons na sua última camada. Todos em temperatura ambiente permanecem em estado gasoso. A palavra nobre explica-se pela baixa ou quase nula reatividade desses gases (SUSSUCHI; SANTOS, [s.d.]

Os ametais podem ser descritos pela sua capacidade de ganhar elétrons, eles não possuem brilho, são maus condutores de calor e eletricidade e podem ser encontrados em um dos três estados físicos na natureza (BONIS, 2009).

O hidrogênio é um átomo particular, porque não contém propriedades e características semelhantes a nenhum outro grupo. Ele está localizado na primeira coluna em destaque, pois a sua distribuição eletrônica termina no subnível s, semelhante a outros compostos desta coluna. Quando está em temperatura ambiente seu estado é gasoso (DIAS,[s.d.]).

Os metais são um grupo de elementos químicos com características específicas, como: boa condutividade de eletricidade e calor, brilho, maleabilidade e a tendência em perder elétrons; na temperatura ambiente são sólidos, exceto o mercúrio. A palavra metal é originado do grego “Métalon”. Os mesmos podem ser divididos entre ferrosos e não ferrosos (ALVES, [s.d.]

Existe uma classificação dos metais chamado de metais pesados, eles são elementos que prejudicam a saúde humana, pela razão de reagirem quimicamente com células fundamentais e serem bioacumulativos no organismo (DA SILVA *et al.*, 2019). Então, determinou-se para abordagem sobre intoxicação por tais contaminantes, dissertar especificamente sobre o cádmio, o chumbo e o mercúrio que estão muito presentes no cotidiano por meio de objetos, como está em destaque (Figura 4).

Figura 4- Os metais pesados escolhidos para a pesquisa na tabela periódica.

TABELA DOS ELEMENTOS																		
K Potássio 19	Ca Cálcio 20	Sc Escândio 21	Ti Titânio 22	V Vanádio 23	Cr Cromo 24	Mn Manganês 25	Fe Ferro 26	Co Cobalto 27	Ni Níquel 28	Cu Cobre 29	Zn Zinco 30	Ga Gálio 31	Ge Germânio 32	As Arsênio 33	Se Selênio 34	Br Bromo 35	Kr Criptônio 36	
Rb Rubídio 37	Sr Estrôncio 38	Y Ítrio 39	Zr Zircônio 40	Nb Nióbio 41	Mo Molibdênio 42	Tc Tecnécio 43	Ru Rutênio 44	Rh Ródio 45	Pd Paládio 46	Ag Prata 47	Cd Cádmio 48	In Índio 49	Sn Estanho 50	Sb Antimônio 51	Te Telúrio 52	Iodo 53	Xe Xenônio 54	
Cs Césio 55	Ba Bário 56	57-71 Lantanídeos		Hf Háfnio 72	Ta Tântalo 73	W Tungstênio 74	Re Rênio 75	Os Ósmio 76	Ir Iridio 77	Pt Platina 78	Au Ouro 79	Hg Mercúrio 80	Tl Tálio 81	Pb Chumbo 82	Bi Bismuto 83	Po Polônio 84	At Ástato 85	Rn Radônio 86
Fr Françaço 87	Ra Rádío 88	89-103 Actinídeos		Rf Rutherfordío 104	Db Dúbnio 105	Sg Seaborgio 106	Bh Bório 107	Hs Hassio 108	Mt Meitnério 109	Ds Darmstádio 110	Rg Roentgênio 111	Cn Copernício 112	Nh Nihonium 113	Fl Flevório 114	Mc Moscóvio 115	Lv Livermório 116	Ts Tenessio 117	Og Oganessio 118

FONTE: <https://www.cetem.gov.br/images/popularizacao-ciencia/tabela-periodica-cetem.pdf>

2.2. CÁDMIO

O Cádmió possui o símbolo Cd na tabela periódica, sendo um metal de transição externa². Ele está localizado no grupo 12, com número atômico 48, massa atômica igual a 112,42u e número de oxidação +2; densidade de 8,64 g cm⁻³, ponto de fusão igual a 321,07 °C e ponto de ebulição de 766,87 °C (PAIS, 2018). O cádmio foi descoberto em 1817, pelo químico alemão Friedrich Strohmeyer (SILVA; RIBEIRO, 2010).

O metal é encontrado na atmosfera a partir de atividades vulcânicas, erosão de rochas e incêndios nas florestas, e é identificado ligado aos minérios de zinco, chumbo e cobre. Quando o mesmo está presente em meio aquoso, por exemplo, no mar torna-se bioacumulativo em algas, peixes, crustáceos e moluscos, atingindo diversos níveis tróficos dos seres vivos pertencentes na cadeia alimentar. Assim, este elemento tem um grande potencial toxicológico para humanos que consomem frutos do mar e estão em contato com o elemento. Ele é aplicado na produção de pilhas, baterias de níquel- cádmio, ligas metálicas em siderúrgicas, cimentos e fertilizantes fosfatados (CETESB, 2012).

2.3. CHUMBO

O chumbo conhecido também pela sua sigla Pb, oriunda da palavra plumbum no latim, era relacionado pelos alquimistas ao planeta Saturno e considerado o metal mais antigo (SABARIS, 2010). Durante a Antiguidade no Império Romano, o acetato de chumbo era utilizado para uma maior qualidade e preservação do vinho. A bebida estava presente em rituais religiosos dedicados ao Deus Baco, para os gregos considerado como Deus Dionísio. O ritual acontecia com frequência em festas, na qual o consumo do vinho era predominante e fundamental para prática religiosa (CASTELÕES 2003).

Outra atividade onde encontrava-se o componente, era na canalização para transporte de água das montanhas em direção as cidades. Assim como em utensílios de cozinha na época produzidos a partir do metal. A razão para a aplicação do mesmo, explica-se pela sua resistência a corrosão (CASTELÕES 2003).

² Metal de transição externa: São elementos metálicos posicionados entre grupo 3 a 16 dentro da tabela periódica e possui um subnível d incompleto na distribuição eletrônica (PAIS, 2018).

O chumbo contém características físico-químicas, como, ponto de fusão de 327 graus celsius, alta densidade, resistência a radiação ionizante, maleabilidade, ser um bom isolador de eletricidade e fácil formação de ligas metálicas com estanho, cobre, arsênio, antimônio, bismuto, cádmio e sódio. Sendo assim, ele é importante nas indústrias em virtude das propriedades químicas citadas (CAPITANI, 2009).

Houve um impulso na produção do chumbo em países da Europa no início do século XX na indústrias (SOBRAL *et al.*, 2012). Ao decorrer dos anos, o principal minério de Sulfeto de Chumbo (PbS) conhecido como Galena e outros minerais como, Carbonato de Chumbo (PbCO₃), Tetróxido de Chumbo (Pb₃O₄) e Monóxido de Chumbo (PbO) foram produzidas por países como, Reino Unido, Espanha, Estados Unidos e Austrália, em meados do século XIX ao século XX. O intuito da exploração e refino do metal estava relacionada ao setor industrial, a utilização deste elemento químico esteve presente na fabricação de revestimento em cabos, soldas, tintas, vidro, cerâmica, construções civis e balas para armamento (ROCHA, 1973 *apud* SOBRAL *et al.*, 2012).

Este componente também está na agricultura do Brasil. Os produtos deste setor que recebem água ou estão em solos poluídos com o metal, resultará em alimentos contaminados, pois o que é cultivado possui a capacidade de absorver o chumbo. Deste modo, em 1998, o Ministério da Saúde estabeleceu um limite para concentração do elemento em alimentos consumidos e produzidos no país baseado em regulamentações já definidas nos Estados Unidos e Europa, como, exposto no quadro abaixo (Quadro 1) (CAPITANI, 2009).

Quadro 1- Limites dos níveis máximos de chumbo em alimentos estabelecido pelo Ministério da Saúde

Alimento	Limite máximo de Chumbo
Óleos, gorduras e emulsões refinadas	0,1 mg/kg
Caramelos e balas	2,0 mg/kg
Cacau (exceto manteiga de cacau e chocolate adoçado)	2,0 mg/kg
Chocolate adoçado	1,0 mg/kg
Dextrose (glucose)	2,0 mg/kg
Sucos de frutas cítricas	0,3 mg/kg
Leite fluído, pronto para consumo	0,05 mg/kg
Peixes e produtos de pesca	2,0 mg/kg

Alimentos (para fins especiais, preparados especialmente para lactentes e crianças até três anos)	0,2 mg/kg
Partes comestíveis cefalópodes	2,0 mg/kg

Fonte: Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária, 1998.

O tetraetilchumbo com a fórmula $Pb (C_2H_5)_4$ esteve presente na gasolina como antidetonante, contudo em 1992, constatou-se que utilizar esta substância, aumentava a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera. Assim, foi realizada a substituição do Tetraetilchumbo para o etanol na gasolina, tornando a mesma isenta do metal através da lei que entrou em vigor. (MARQUES *et al*, 2003). Esta lei é apresentada no nº 2389, de 04 de abril de 1995, no artigo 1,

“[...]Fica proibida, em todo o território do Estado do Rio de Janeiro, a comercialização de combustíveis derivados de petróleo com a adição de chumbo * Parágrafo único. O não cumprimento desta lei acarretará ao infrator multa de 5.000 UFIRs-RJ (cinco mil Unidades Fiscais de Referência do Estado do Rio de Janeiro) e, em caso de reincidência, a perda das licenças do estabelecimento para comercialização de combustíveis que forem de competência estadual [...]”

Além disso, em 2007 aconteceu uma intoxicação pelo metal em muitas pessoas na cidade da Leipzig, Alemanha. Este fato sucedeu devido ao uso de maconha adulterada, contendo chumbo. A droga foi adulterada, visto que a presença do composto químico tornava a maconha mais pesada, logo um maior lucro para o tráfico local. Este ocorrido na localidade trouxe inúmeros danos para os envenenados com a substância, as complicações provocadas trouxeram danos renais, neuronais e cardiovasculares (BUSSE *et al.*, 2008).

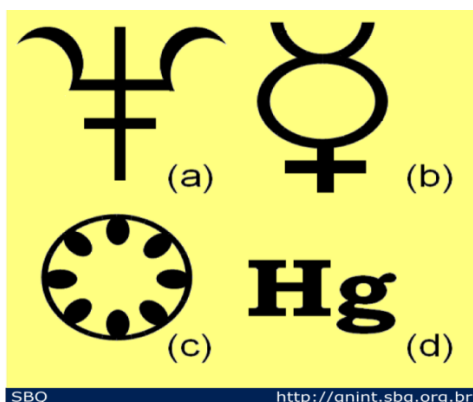
Na área da biossegurança o chumbo é empregado como um equipamento de proteção individual, ele faz parte dos aventais plumbíferos e óculos plumbíferos na área dos exames radiológicos, chamados de VPR. Os aventais são compostos por 0,25 mm ou 0,50 mm do elemento químico, o que garante ao trabalhador e o paciente estejam menos expostos a radiação ionizante, diminuindo a chance do surgimento de efeitos colaterais e até doenças provocadas pela radiação (NEVES *et al*, 2010; SOARES; PEREIRA; FLÔR, 2011).

2.4. MERCÚRIO

O mercúrio é um metal de transição externa do grupo 12 da tabela periódica com densidade igual a 13 579 kg/m, ponto de fusão em 38.87°C e ponto de ebulição em 356.58°C. Ele apresenta baixa solubilidade em meio aquoso, pode ser encontrado nas suas formas elementar, orgânica e inorgânica e seus estados de oxidação são 0, +1, +2 (LEMOS, 2008). Além disso, o mercúrio quando está presente no mar ou em outro meio solúvel, ele permanece estável em suas diversas espécies químicas, na qual a sua toxicidade continua sendo exercida. Esse agente químico diante das ações de matérias orgânicas sofre o processo de metilação, sendo transformando em metil-mercúrio. Logo, facilitando o seu transporte no meio aquático e atingindo diversos níveis tróficos. (LACERDA; MALM, 2008).

O nome mercúrio tem origem da palavra “Hydrargyrum” do latim, era conhecida como prata líquida na antiguidade porque em temperatura ambiente o metal permanece em estado líquido, visto que seu ponto de fusão é muito baixo. Outra maneira de referenciar, um dos compostos do mercúrio era com nome cinábrio, aplicado em pinturas rupestres uma vez que o sulfeto de mercúrio tem a cor avermelhada; o que despertava o interesse de povos antigos em utilizá-lo. Em pesquisas arqueológicas foi identificado, o elemento em tumbas egípcias com datas entre 1.500 a.C a 1.600 a.C. Sendo assim, entre as civilizações mais antigas até a modernidade houve tentativas de elaborar um símbolo para o mercúrio, como está em destaque (Figura 5) (COSTA; DAMAS; BERTOLDO, 2014)

Figura 5- Diferentes representações do mercúrio



FONTE: SBQ, 2014.

Posteriormente, um médico europeu em 1500, chamado Paracelso, tido como pai da toxicologia, desenvolveu uma teoria chamada tria prima, explicando sobre os três elementos

químicos que formava o homem e a natureza. Este princípio estava fundamentado em estudos da medicina tradicional desenvolvidas pelos filósofos gregos e a alquimia. Os elementos que compunha essa teoria eram o mercúrio, enxofre e sódio. O médico acreditava que essa tria deveria estar em equilíbrio no organismo. Cada substância estava associada com um grupo de doenças, caso ocorresse um desequilíbrio desses compostos. As patologias mercuriais estavam relacionadas à umidade, entendia-se que realizar exercícios físicos com exagero, provocava um processo semelhante à destilação no metal, surgindo doenças como demência e até a loucura. Uma outra inovação que Paracelso trouxe para a medicina foi a aplicação do mercúrio na cura da sífilis, com pomadas e uso oral do elemento (PORTO, 1997; BARROS, 2002).

Em 1770, um químico e farmacêutico chamado Karl Wilhelm Scheele realizou experimentos com monóxido de mercúrio e outras substâncias. Dessa forma ele habitualmente degustava os reagentes durante as práticas por esta razão, o farmacêutico morreu intoxicado pelo monóxido de mercúrio (HgO). Semelhante a Isaac Newton nas realizações de seus experimentos frequentes, com o mesmo composto, resultou para o astrônomo delírios paranoicos (COSTA; DAMAS; BERTOLDO, 2014).

Por outro lado, no debate sobre a existência da ciência no período do Brasil Colônia, existem relatos de listas com materiais solicitados pelo município de Sabará, constando, balanças de diferentes capacidades, fornos e reagentes como cloreto de mercúrio e ácido nítrico. A partir deste relato surgem evidências de possíveis ensaios químicos que aconteceram em 1767, no país para trabalhos metalúrgicos (FILGUEIRAS, 1998).

Logo depois John Dalton, um químico e físico, desempenhou em 1805, experimentos com um barômetro medindo, a pressão do vapor de algumas substâncias pela primeira vez, entre elas estava o mercúrio. Por meio desse ensaio, ele percebeu que as pressões do vapor cresciam em progressão geométrica e a temperatura em progressão aritmética (WISNIAK, 2001).

Atualmente o mercúrio é empregado nas indústrias petroquímicas, farmacêuticas, atividades de extração primária do mesmo, fabricação de lâmpadas fluorescentes, baterias, pilhas e agrotóxicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

2.5. A IMPORTÂNCIA DO HISTÓRICO

O estudo dos históricos dos metais pesados destaca como o ser humano começou ter contato com estes compostos químicos através do seu uso. Desta forma, possibilitando uma compreensão maior de onde eles foram aplicados e como são aproveitados em inúmeros setores no momento presente.

Os metais são alvos dos interesses econômicos atualmente, sendo assim uma matéria prima nas indústrias e principalmente siderúrgicas, inclusive aquelas presentes ao redor da Baía de Sepetiba. As mesmas responsáveis pelo despejo de resíduos destes metais pesados nas águas e consequentemente causadoras dos danos provocados na flora e a fauna presentes na região.

Então, torna-se explícito como o avanço do uso destes elementos químicos apresentado pela sua história, transformou os mesmos indispensáveis para as atividades econômicas. Visto que ao mesmo tempo eles podem ser vantajosos para setor siderúrgico e prejudiciais para a vida marinha presente, já que esses elementos químicos irão acumular-se facilmente em matérias orgânicas no mar, sendo assim prejudicando toda a cadeia alimentar, um processo também conhecido como magnificação trófica (FELLENBERG, 1980 *apud* AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002).

Desta forma, estar em contato com estes contaminantes pode ocasionar a intoxicação pelos metais pesados; Esse processo prejudica inicialmente as proteínas, pois os metais ligam-se em aminoácidos através da sua afinidade química e interfere totalmente na estrutura terciária, aquela que designa a função das proteínas, assim causando um dano irreversível nessas macromoléculas e consequentemente afetando a base para as atividades dos sistemas (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Outro problema provocado por estes componentes é a limitação do funcionamento de enzimas essenciais para o metabolismo e os efeitos dessas partículas químicas causam nas membranas celulares dificultando o deslocamento de nutrientes primordiais para o organismo. Logo, os danos em órgãos como rins e cérebro acontecem, pois os metais pesados concentram-se no interior de células importantes nas atividades desses órgãos, causando lesões nos mesmos (FELLENBERG, 1980 *apud* AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002).

3. CAPÍTULO 2- AÇÃO TOXICOLÓGICA DOS METAIS PESADOS NO CORPO HUMANO

3.1 CONCEITOS BÁSICOS

Ao abordar o assunto sobre metais pesados, os conceitos de toxicidade e intoxicação são indispensáveis. A toxicidade é definida como a propensão de uma substância química induzir danos nocivos ao interagir com o organismo, mediante ao contato frequente. Deste modo, a intoxicação é entendida como um conjunto de sinais e sintomas que demonstram distúrbios estimulados por algum componente no metabolismo. Logo, os metais pesados estão incluídos como agentes causadores de intoxicações (LEITE; AMORIM, 2004).

A problemática em relação aos metais pesados possui sua relevância, uma vez que os mesmos são contaminantes que prejudicam o organismo do ser humano. Essa contaminação pode ocorrer por via oral, respiratória e cutânea (ROCHA, 2009). A intoxicação via digestiva é mais frequente em virtude de alimentos que possuem esses componentes, como alguns peixes que são expostos por esses contaminantes e conseqüentemente estão na alimentação das pessoas que moram próximas da Baía.

3.2 AÇÃO TOXICOLÓGICA DO CÁDMIO

O cádmio possui como meios de contaminação as vias digestiva e respiratória. Quando está presente no corpo, acumulam-se nos órgãos alvos: fígado e rins, causando diminuição nos níveis de ferro no sangue e assim provocando um quadro de anemia, problemas hepáticos e danos no cérebro na região do sistema nervoso central (MANZINI; DE SÁ; DE ALMEIDA PLICAS, 2010).

Após, a entrada do cádmio pelo trato gastrointestinal, o mesmo é encontrado em sua maior parte no meio intracelular dos eritrócitos³ e direcionado para o fígado. Nesse órgão acontecerá a ligação do metal com uma proteína, através da afinidade química. Essa macromolécula é chamada de metalotioneína⁴ é sintetizada nessa parte do corpo humano (MARINHA, 2011).

³ Eritrócitos: São as células vermelhas do sangue conhecida como hemácias, possuem o papel de transportar oxigênio pelo corpo humano (MOLINARO, 2013).

⁴ Metalotioneína: Um grupo de proteínas com baixo peso molecular, rica em resíduos de cisteínas com capacidade de interagir com metais como cádmio, zinco e cobre. Esse tipo de proteína está presente em órgãos como os rins e fígado (KOURY; OLIVEIRA; DONANGELO, 2007).

Cerca de 80 a 90% da parcela total do cádmio estão em interação com a metalotioneína. A razão desse percentual, explica-se, pois essa proteína possui um baixo peso molecular e alta quantidade de resíduos de cisteína, ⁵facilitando a ligação de até sete átomos de cádmio por molécula. É importante ressaltar que por meio da formação do complexo cádmio-metalotioneína, o elemento químico não pode desempenhar sua toxicidade (CARDOSO; CHASIN, 2001).

Logo, o metal é redistribuído para o sangue e chega até os rins. Os efeitos adversos nesse órgão são danos celulares especificamente no néfron⁶. Diante do processo de filtração do sangue nos túbulos renais. Assim, resultando implicações como proteinúria, glicosúria, poliúria e baixa absorção de fosfato (ATSDR, 1997; WHO, 1992 *apud*, CARDOSO; CHASIN, 2001).

Entretanto, existem fatores que influenciam nesse processo como as interações com outras proteínas e enzimas que contém radical sulfidrila e ainda com outros metais, por exemplo, ferro, cálcio, cromo e magnésio e zinco. Diante disso, constatou-se que as carências nutricionais de ferro e cálcio aumentam a absorção do cádmio (ATSDR, 1997; WHO, 1992 *apud*, CARDOSO; CHASIN, 2001).

Além disso, os impactos no sistema esquelético causados pelos compostos desse metal pesado são: a perda de densidade óssea, osteoporose e osteomalacia⁷. Uma vez que os íons de cádmio possuem uma semelhança química com cálcio e pode substituí-lo nos tecidos ósseos (LARINI, 1987; OGA, 1996; CASARETT; DOULL'S, 1996 *apud* DUARTE; PASQUAL, 2000).

O cádmio também possui efeitos que refletem nos genes e essa toxicidade estimula o processo chamado de stress oxidativo. Esse metal também contribui para problemas no funcionamento de enzimas reparadoras do DNA, culminando na proliferação de células (BEYERSMANN; HARTWIG, 2008).

A eliminação do cádmio pode suceder por meio das fezes ou urina. A meia vida do metal nos órgãos alvos pode alcançar até 10 anos para ser excretado. O metal que não foi anexado por nenhuma macromolécula é expelido pelas fezes, a qual também terá uma pequena parcela da bile e fluido pancreático (NORDBERG, 2007 *apud* MARINHA, 2011). Portanto, a parte que foi absorvida e realizou alguma interação é eliminada pela urina, provocando danos nos túbulos

⁵ Cisteína: Um dos aminoácidos importantes na síntese de proteínas e nos processos metabólicos (TIRAPAGUI; ROGERO, 2007).

⁶ Néfron: Consiste na unidade funcional dos rins que realiza a filtração do sangue eliminando resíduos indesejados do corpo humano por meio da urina (PEMPER *et al.*, 2014).

⁷ Osteomalacia: Uma doença que provoca o enfraquecimento e desmineralização dos ossos (RIBEIRO *et al.*, 2018).

renais proximais. Visto que a ligação feita pelo cádmio com a metalotioneína é quebrada e a sua toxicidade pode ser exercida (MARINHA, 2011).

3.3AÇÃO TOXICOLÓGICA DO CHUMBO

O chumbo torna-se um contaminante no organismo pela ingestão e respiração de suas partículas. Sua distribuição é complexa, pois a sua forma química inalada ou digerida influenciará em fatores, como o potencial de oxirredução e ionização; nas interações com proteínas; passagem por membranas e a excreção dos resíduos. Este elemento concentra-se no sangue e em órgãos como fígado, rins, pulmões, cérebro, baço e coração. Posteriormente, ele também é depositado como fosfato de chumbo nos tecidos dos ossos e dentes permanecendo por anos. Os resíduos desse metal que não são absorvidos, por tais órgãos são eliminados pela urina e fezes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, [s.d.]).

A taxa de absorção desse elemento em adultos está em torno de 10% pela ingestão de partículas, contudo essa média muda para cerca de 50%, quando os expostos são crianças pela mesma via (CAPITANI, 2009).

Ainda convém lembrar que o chumbo não é metabolizado, mas anexado por macromoléculas, logo permanece acumulado em diversos sistemas. Embora, existam alguns fatores que interferem na absorção, como a espécie química formada; dimensão da partícula; solubilidade do elemento em água e peculiaridades individuais fisiológicas e patológicas da pessoa exposta. Na região do intestino delgado, especificamente no duodeno acontece a maior retenção do metal (ATSDR, 1999 *apud* MOREIRA; MOREIRA, 2004). Uma vez que a capacidade desse processo está relacionada com condições nutricionais, pois a carência de cálcio (Ca), ferro (Fe), fósforo (P) intensificam a absorção do contaminante (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Posteriormente, o principal órgão nesse processo são os ossos porque absorvem aproximadamente 95% da totalidade do elemento químico em adultos (SANÍN *et al.*, 1998 *apud* MOREIRA; MOREIRA, 2004) Entretanto, quando acontecem mudanças no organismo, como o crescimento na infância, gravidez, lactação e desequilíbrios hormonais, o chumbo é transportado com uma maior frequência dos ossos para a corrente sanguínea (SMITH *et al.*, 1996 *apud* MOREIRA; MOREIRA, 2004). Diante disso, o mesmo consegue passar pelas barreiras

encefálicas e placentárias em gestantes expostas, inclusive presente no leite materno (CAPITANI, 2009).

Acrescenta-se que os rins, o sistema nervoso central e a medula óssea são as principais partes do corpo com sequelas oriundas da ação toxicológica do chumbo. No cérebro, ocorre a degeneração de axônios e danos na bainha de mielina, comprometendo funções neuromusculares (SILVA; MORAES, 1987 *apud* DUARTE; PASQUAL, 2000).

Outro fator importante é à medida que o chumbo está na corrente sanguínea cerca de 98% a 99%, encontram-se unidos nas proteínas das células vermelhas e aproximadamente 1 a 2% permanece no plasma (CAPITANI, 2009;). As alterações oriundas da contaminação desse metal no sangue são: modificações nos eletrólitos; no metabolismo de lipídios e carboidratos por meio de inibições de enzima; nas funções de vitaminas do complexo B e C; efeitos na síntese do heme (MOREIRA; MOREIRA, 2004). Além disso, ocorrem danos no sistema hematopoético ⁸que resulta no impedimento do processo de eritropoese, causando até um quadro de anemia (GOES, 1997 *apud* SCHIFER; JUNIOR; MONTANO, 2005)

Observa-se que em níveis baixos de contaminação metal pode provocar danos renais. Os primeiros indícios evidenciam-se na diminuição da taxa de filtração glomerular, proteinúria e elevação na creatinina sérica. Todos esses fatores contribuem para a evolução desses impactos torna-se um quadro de insuficiência renal (DIAMOND, 2005; MARSDEN, 2003 *apud* PATRICK, 2006)

A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) identificou os compostos inorgânicos de chumbo como agentes cancerígenos (MARQUES; AMÉRICO PINHEIRO, 2018).

Portanto, as meias vidas biológicas de excreção desse composto são variadas segundo a localização que o chumbo está no corpo; no sangue possui a duração de 25 a 30 dias, em tecidos moles o período é igual há 60 dias; no osso trabecular corresponde a 90 a 120 dias e osso cortical são 25 a 30 anos. Diante disso, a eliminação do metal sucede pela urina, fezes e outras possíveis vias de excreção, como suor, pele e cabelo. A via na qual ocorre à maior eliminação é a urina, deste modo, existem exames que utilizam a mesma como material biológico para monitoramento da exposição por chumbo, pois confirma-se o aumento de ácido delta-aminolevulínico e porfobilinogênio (MOREIRA; MOREIRA, 2004; CAPITANI, 2009).

⁸ Sistema hematopoiético: Um conjunto de tecidos responsáveis pela produção e maturação das células sanguíneas e as linfas (MABA, 2015).

3.4 AÇÃO TOXICOLÓGICA DO MERCÚRIO

O mercúrio elementar ou metálico é absorvido principalmente pela via respiratória. Quando está presente no sangue, seu transporte ocorre pelas hemácias e assim, ele será oxidado e transformado em íons de mercúrio; em seguida, é direcionado para os alvéolos pulmonares, no qual são absorvidos 75% de todo elemento (HURSH, 1976 *apud* FERRER, 2003)

Diante disso, uma parcela do mercúrio ultrapassa a barreira hematoencefálica⁹ e placentária, transformando-se em íons. Através da sua lipossolubilidade, o metal é acumulado no sistema nervoso central provocando lesões neuronais e gerando sintomas como perda da coordenação motora; alterações no equilíbrio; tremores; deficiência visual ou auditiva e problemas de memória (OLIVARES, 2003; LIMA; COLON; SOUZA, 1997 *apud* ZENDRON, [s.d.]

Assim, a excreção dessa forma de mercúrio é realizada pela urina e fezes, conseqüentemente, o efeito dessa eliminação pode resultar na perda da função renal. A sua meia vida é de 60 dias no corpo humano (MAGOS, 1988 *apud* FERRER, 2003)

As formas de mercúrio inorgânico são absorvidas pela via digestiva, sendo por essa via que sucede as intoxicações agudas (LAUWERYS, 1990 *apud* FERRER, 2003) O cloreto de mercúrio é distribuído pelas células sanguíneas da série vermelha e pelo plasma. Quando o mesmo está no estômago, ele provoca danos na mucosa desse órgão. Então, por meio da redistribuição desse composto, o mercúrio é acumulado nos rins, ocasionando patologias como Necrose Tubular Aguda (NTA)¹⁰ e glomerulonefrite¹¹, logo, a excreção acontece pela via renal (FERRER, 2003).

É necessário destacar que os compostos orgânicos do mercúrio são absorvidos por todas as vias, inclusive pela pele. O metilmercúrio é transportado para todos os sistemas, porém, devido a afinidade química os tecidos mais abundantes em lipídios tornam-se uma área mais atrativa para acumulação desse metal (FERRER, 2003)

⁹ Barreira hematoencefálica: Uma estrutura que realiza o processo de permeabilidade seletiva com a função preservar o sistema nervoso central, impedindo a entrada de algumas macromoléculas (ROJAS; RITTER; PIZZOL, 2011).

¹⁰ Necrose Tubular Aguda: Uma doença causada pelo conjunto de lesões, oriundas das deteriorações nas células tubulares dos rins (MELO, 2015).

¹¹ Glomerulonefrite: Consiste em uma inflamação nos glomérulos, prejudicando a sua função de filtrar resíduos do sangue pelos rins (ALVES JÚNIOR *et al.*, 2008)

Esses compostos orgânicos também alcançam barreiras hematoencefálica e placentária. Em vista disso, a toxicidade é maior em órgãos com mais tecidos adiposos, como o cérebro, porém observam-se prejuízos aos rins e sistema imune, (MAGALHÃES, 2011). A excreção dos compostos orgânicos acontece por meio das fezes e urina em período de 70 dias (WINSHIP, 1986 *apud* FERRER, 2003).

Dessa forma, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) especificou o cloreto de mercúrio e o metilmercúrio como causadores de câncer (ATSDR, 2010).

3.5 IMUNOTOXICIDADE DOS METAIS PESADOS

Embora os estudos sobre os metais pesados com uma abordagem na área da imunologia sejam recentes, entender a dinâmica destes no sistema imune é relevante para uma intervenção e prevenção na saúde do indivíduo exposto à esses agentes químicos em altas concentrações, visto que, através da sua toxicidade, eles alteram o mecanismo de defesa do organismo (MISHRA, 2009 *apud* MORES *et al.*, 2015).

Dessa forma, amostras do soro de pessoas que estão em contato com o chumbo regularmente presente no meio ambiente, analisadas por meio do ensaio imunoenzimático (ELISA¹²) do tipo sanduíche evidencia anormalidades de células de defesa no sistema imune (MISHRA *et al.*, 2003). Esse metal atua nos linfócitos T CD4+¹³ do sistema imune e eleva a produção de citocinas através de células de perfil Th2¹⁴, estas auxiliando na ativação de linfócitos B, ocasionando a formação de anticorpos (BERNIER *et al.*, 1995 *apud* SUN, 2003).

Sun e colaboradores verificou, em um estudo realizado com crianças em idade pré escolar expostas ao chumbo, na China, concentrações iguais ou maiores a 10 mg/dL deste metal e principalmente em crianças do sexo feminino, a contaminação resultou no aumento expressivo dos níveis de Imunoglobulina do tipo E (IgE)¹⁵ (SUN, 2003).

¹² Ensaio imunoenzimático ELISA: Um teste baseado na reação antígeno-anticorpo que permite a detecção de anticorpos específicos através da reação de enzimas (MOLINARO, 2009).

¹³ Linfócitos TCD4+: Classe de linfócitos responsáveis pelo reconhecimento de forma específica de determinados corpos estranhos para defender o organismo, produzindo e liberando, citocinas e interleucinas (MOLINARO, 2009).

¹⁴ Células de perfil Th2: São células que influenciam no tipo da resposta imune e na produção de determinadas citocinas (MOLINARO, 2009).

¹⁵ Imunoglobulina do tipo E (IgE): Uma das classes de anticorpos presentes no sangue com a função de providenciar o processo inflamatório, por meio da emissão de substâncias químicas como a histamina (MOLINARO, 2009).

Ademais, os poluentes ambientais como mercúrio e cádmio quando estão presentes no sangue, geram efeitos de sensibilização imunológica e provocam a proliferação dos linfócitos T¹⁶ e B,¹⁷ resultando na ativação da resposta imune adaptativa¹⁸. Por consequência, esse processo pode suceder e evoluindo para alergias e hipersensibilidade ou até doenças autoimunes, caso as concentrações dessas substâncias químicas sejam altas (CAREY; ALLSHIRE; VAN PELT, 2006).

3.6 OS METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE E AS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE

Os metais pesados, especificamente o cádmio, chumbo e mercúrio são um problema ambiental e um risco para saúde humana devido as suas ações toxicológicas no metabolismo, mencionado ao decorrer desse capítulo Além disso, é necessário compreender que eles só estão no meio ambiente pela razão de interferência humana como, por exemplo, em atividades nos garimpos, em minerações e as siderúrgicas que despejam esses agentes químicos nos rios e mares (ESTRELA; ROHLFS, 2014). Logo, a poluição da Baía de Sepetiba é um dos casos das grandes intervenções e dos desastres ecológicos causados pelo o homem na natureza para formentar o sistema capitalista.

O conceito de justiça ambiental desenvolve uma idéia sobre a problemática dos conflitos socioambientais produzidos pelo sistema capitalista. Uma vez que as siderúrgicas causadoras da poluição na Baía de Sepetiba estão em um território estratégico, mantendo-se longe dos principais órgãos fiscalizadores, essas mesmas indústrias continuam afetando uma população suscetível naquela localidade (ANTUNES, 2011).

Ainda convém lembrar que diante desse prejuízo provocado no meio ambiente, essa contaminação traz consequências para o indivíduo. Visto que ocorre o consumo do pescado pela comunidade local com frequência e todos os furtos do mar estão expostos aos metais pesados. Deste modo, realizou-se uma análise dos pescados da Baía de Sepetiba, demonstrando a

¹⁶ Linfócitos T: São células do sistema imunológico produzidas na medula óssea e capacitadas para reconhecer agentes desconhecidos e defender o organismo (MESQUITA JÚNIOR *et al.*, 2010).

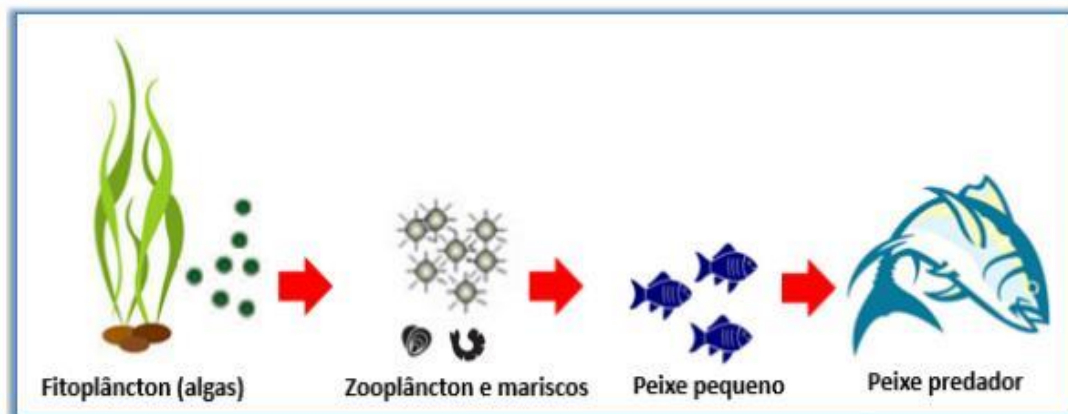
¹⁷ Linfócitos B: São células do sistema imune produzidas na medula óssea e responsável pela produção de anticorpos (MESQUITA JÚNIOR *et al.*, 2010).

¹⁸ Resposta imune adaptativa: É uma das respostas imune que o corpo humano desenvolve contra certos tipos de microrganismos ou substâncias estranhas (MESQUITA JÚNIOR *et al.*, 2010).

existência de altas concentrações de metais pesados nas vísceras dos peixes, além do que é permitido pela Resolução n°. 42 de 29 de agosto de 2013 (DE FREITAS, S. C. *et al.*, 2017).

A exposição da população aos metais pesados por meio do pescado, pode ser explicado pelo processo de bioacumulação, que ocorre nesses seres vivos marítimos, os quais concentram esses poluentes dentro dos seus tecidos e posteriormente são consumidos pelo ser humano. Assim dentro da cadeia alimentar a cada consumidor diferente, o nível trófico torna-se mais elevado, aumentando o nível de contaminação como demonstrado na (Figura 6). Dessa forma, a grande quantidade dos pescados contaminados da Baía de Sepetiba são ingeridos pelo grupo de pessoas daquela região (ALVES, 2016).

Figura 6- O processo de bioacumulação presente na cadeia alimentar.



Fonte: ALVES, 2016

4. CAPÍTULO 3-AS DOENÇAS ORIUNDAS DA INTOXICAÇÃO POR METAIS PESADOS.

4.1 O SURGIMENTO DE TUMORES COMO CONSEQUÊNCIA DA TOXICIDADE DO CÁDMIO.

Os metais pesados, como, por exemplo, o cádmio desempenha atividades prejudiciais relacionadas à genotoxicidade do DNA, por meio de mecanismos indiretos. Atualmente, esse elemento químico está sendo identificado, como responsável por realizar diversas alterações no corpo humano que podem resultar no surgimento de tumores. Os efeitos causados por esse metal são: a indução do estresse oxidativo, a inibição do sistema de reparo no material genético e a desregulação do crescimento celular (BEYERSMANN; HARTING, 2008).

O estresse oxidativo provocado pela toxicidade do cádmio ocorre, pois esse metal possui propriedades físico-químicas similares a outros elementos essenciais para o corpo humano, como: cálcio, ferro e cobre. Assim, o cádmio ocupa os sítios ativos de macromoléculas, como as enzimas antioxidantes, por exemplo, a catalase, glutathione, peroxidase glutathione e superóxido dismutase inativando-as no organismo. Diante desse fato, ocorre o acúmulo de íons livres de ferro e cobre que estimula o estresse oxidativo no corpo humano (KOEDRITH; SEO, 2011).

A condição biológica chamada de estresse oxidativo pode ser explicada, como a formação exagerada de radicais livres, especificamente as Espécies Reativas de Oxigênio (ROS) e as Espécies Reativas de Nitrogênio (RNS). Assim, impedem a eliminação dessas moléculas reativas, gerando uma grande quantidade das mesmas. (LEITE; SILVA; CUNHA, 2015) Além disso, o aumento dessas espécies reativas são interpretadas como substâncias que estimulam a proliferação celular exagerada e desordenada no corpo contribuindo para o surgimento de tumores (BEYERSMAN; HARTING, 2008).

Outra consequência causada pela toxicidade desse metal pesado é a inativação no sistema de reparo do DNA, responsável por proteger o genoma. As células eucariontes possuem diferentes mecanismos de reparo. Entretanto, esse metal pesado em baixas concentrações compromete este mecanismo, principalmente, o Sistema de Excisão de Nucleotídeos (NER)¹⁹. Dessa forma, impossibilitando que proteínas desse sistema reconheçam e corrijam as lesões no

¹⁹ Sistema de Excisão de Nucleotídeos: É um dos sistemas de reparo do DNA que identifica diversas lesões que provoca as distorções na hélice do DNA (HARTWIG, SCHWERDTLE, 2002).

material genético. Sendo assim, após esses danos causados e não identificado pelo NER nas células, acontecerá a proliferação dessas células danificada por meio da expressão gênica (HARTWIG, SCHWERDTLE, 2002).

O desenvolvimento tumoral é caracterizado pelo crescimento e diferenciação celular desregulado. O cádmio pode desregular o crescimento celular por diversos mecanismos afetando a expressão gênica, através da estimulação dos fatores de crescimento, como a ativação dos proto-oncogenes²⁰, por exemplo, ou pela inativação dos mecanismos de controle do crescimento como a inibição de proteínas supressoras de tumores. Os mecanismos epigenéticos, tais como a hiper ou hipo metilação do DNA ou modificações por acetilação das proteínas histonas , podem interferir os padrões de expressão gênica (BEYERSMAN; HARTING, 2008).

A expressão gênica consiste na tradução de informações presentes nos genes²¹, os segmentos da molécula de DNA, para a produção de proteínas (COSTA; PACHECO, 2013). A molécula de DNA está associada à um grupo de proteínas denominado histonas, formando um complexo conhecido como cromatina. A função dessas proteínas histonas é diminuir a exposição do material genético gerando o processo de enovelamento do DNA. Para que haja a expressão gênica, a estrutura da cromatina precisa ser alterada através do desenovelamento do material genético, tornando o gene acessível (FANTAPPIE, 2013).

Os mecanismos epigenéticos podem ser definidos como as modificações que acontecem nas ligações químicas pertencentes ao DNA e nas às proteínas histonas. Um dos principais fatores epigenéticos afetado pelos altos níveis de cádmio no corpo humano é conhecido como a metilação do DNA, que consiste na adição de um grupo metil (CH₃) no hidrogênio da posição 5 no anel aromático da citosina, sendo este processo realizado pela enzima metiltransferase como está em destaque (Figura 7). A desregulagem desse fator epigenético; interfere no controle da expressão gênica, pois a adição desse radical CH₃ está relacionada à inibição da etapa de transcrição. No caso do processo de oncogênese, ocorre desequilíbrio no processo metilação de alguns genes que deveriam estar reprimidos, mas são expressos e contribuem para a proliferação celular de forma desordenada (BEYERSMAN; HARTING, 2008; MULLER; PRADO, 2008).

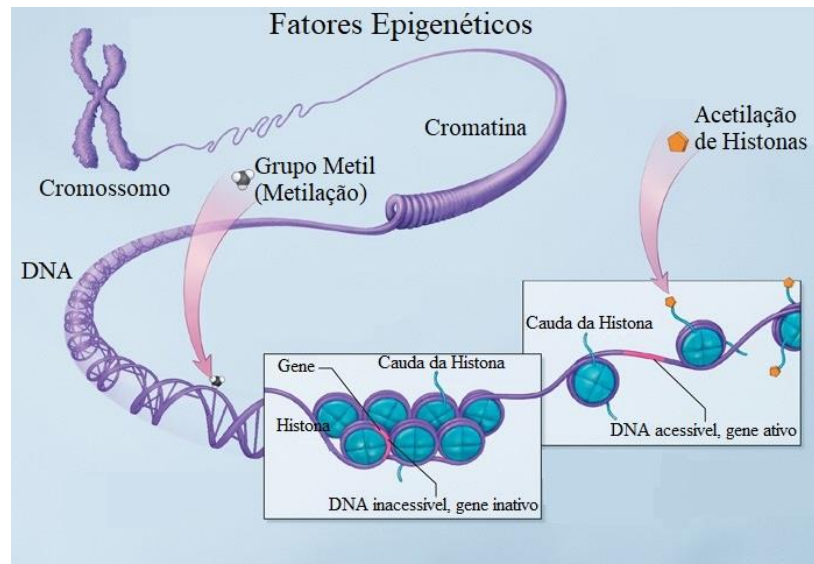
Outro mecanismo epigenético que sofre alteração pela toxicidade do cádmio é acetilação das proteínas histonas. Esse processo equivale a adição de grupos acetila (CH₃CO) ao

²⁰ Proto-oncogenes: São genes normais que transformam-se em genes associados ao crescimento de tumores devido a inúmeras mutações (SCHULZE, 2007).

²¹ Genes: São segmentos da molécula de DNA que codificam proteínas (JOAQUIM; EL-HANI, 2010).

aminoácido localizado na cauda da histona pela ação da enzima acetiltransferase. Consequentemente, essa mudança promove a descompactação da cromatina para que aconteça facilmente a leitura das informações genética e expressão dos genes, em destaque (Figura 7) (FANTAPPIE, 2013).

Figura 7- Os principais mecanismos epigenéticos do DNA



Fonte: adaptado de <https://commonfund.nih.gov/epigenomics/figure>

Dessa maneira, os danos causados pelo metal cádmio aos genes atingem o crescimento celular, pois ocorrem problemas nas ativações dos fatores de transcrição nucleares, responsáveis por controlar uma série de mecanismos como: a expressão de genes, os reparos no DNA, o sistema imunológico e os processos de apoptose de células (KOEDRITH; SEO, 2011).

Por conseguinte, esses danos nos mecanismos epigenéticos modificam as proteínas histonas e causam falhas no formato de outras proteínas que ativam diversas vias de sinalizações. Além disso, também ocorre a anormalidade na metilação do DNA, proporcionando transformações nos padrões da expressão gênica e efeitos na proliferação de células (KOEDRITH; SEO, 2011).

O Departamento de Saúde e Serviços Humanos (DHHS) e a Agência de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificaram o cádmio e seus derivados como agentes tóxicos e cancerígenos para ser humano (ATSDR, 2016).

Diante desses fatores mencionados, uma vez que a população permanece sendo exposta ao cádmio por diversas vias de contaminação e principalmente pelo consumo de peixe da Baía de Sepetiba. Essa comunidade está suscetível ao desencadeamento de um conjunto de danos ao DNA que direcionam ao surgimento de tumores.

4.2 A ENCEFALOPATIA CRÔNICA CAUSADA PELA INTOXICAÇÃO DO CHUMBO

O chumbo é classificado como um dos metais pesados que provoca danos neurotóxicos, pois ele compete com as ações do cálcio no cérebro e também, disputando por interações no cerebelo. Por isso, a toxicidade desse elemento químico prejudica as células nervosas e as funções neuronais, impactando nas reações que necessitam do cálcio para ocorrer. Diante desse fato, acontecem danos nas emissões de sinais presentes no Sistema Nervoso Central para o corpo (NEEDLEMAN, 2004; BARRY, 1997; BRESSLER; GOLDSTEIN, 1991 *apud* PATRICK, 2006).

Outro fator indispensável, são os problemas provocados pela intoxicação por chumbo no cérebro como: os bloqueios sinápticos, a degeneração das células de Schwann e a replicação das células gliais nas massas branca e cinzenta do cérebro (ARAKI, 2000; KHALIL, 2009 *apud* DE SÁ, 2016).

A toxicidade desse metal torna-se evidente mesmo em concentrações consideradas baixas, entre 40mg/dL a 60mg/dL no sangue. Desse modo, as crianças estão mais vulneráveis aos impactos desse composto no Sistema Nervoso Central, porque são gerados danos graves e permanentes para esse grupo de risco (MOREIRA; MOREIRA, 2004). Além disso, a exposição de gestantes ao metal causa impactos no sistema nervoso do feto, pois o metal ultrapassa a barreira hematoencefálica e atinge os astrócitos ²²imaturados, por consequência, afetando a formação da mielina nas células nervosas. Assim, a intoxicação por esse elemento químico em fetos provoca, os quadros como: o edema, a encefalopatia e o aumento da pressão intracraniana. Contudo, a encefalopatia não está apenas restrita as crianças, mas também pode atingir os adultos (NEEDLEMAN, 2004; BARRY, 1997; BRESSLER; GOLDSTEIN, 1991 *apud* PATRICK, 2006).

²² Astrócitos: São um dos tipos de células da glia que compõem o tecido nervoso. Eles são mais numerosos no Sistema Nervoso Central (NETO, 2017)

Uma vez que o Sistema Nervoso Central torna-se o alvo dos efeitos dessa intoxicação, gerando grandes lesões, surge o quadro de encefalopatia. Existem duas classificações dessa doença, a encefalopatia aguda, cujo os pacientes com esse diagnóstico foram expostos por altas concentrações de chumbo. Embora, exista também, a encefalopatia crônica que está relacionada, a prolongada contaminação, causada por grandes lesões em tecidos nervosos no cérebro (SECRETÁRIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2017).

O processo responsável pela encefalopatia crônica ocorre devido a intoxicação pelo chumbo, que provoca uma grande destruição dos tecidos nervosos, contribuindo para formação de cavidades no cérebro. A partir dessas sequelas, as paredes venosas desse órgão tornam-se mais rígidas e espessas, alterando a circulação sanguínea naquela região. Dessa forma, esses danos promove o surgimento de extensas lesões cerebrais. (CUNHA, 2003).

Alguns sintomas característicos da Encefalopatia crônica são: a perda de memória, baixa concentração e impasses no aprendizado. Em outros casos mais graves, danos do chumbo resultam no comprometimento cognitivo, cefaleia, fadiga, delírios, depressão e movimentos musculares involuntários (SECRETÁRIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2017).

No diagnóstico dessa doença, a amostra de sangue é considerada a ideal. Desse modo, são verificados os níveis de chumbo no sangue, as amostras contendo concentrações desse metal acima de 100 g/dL, pode ser relacionado ao quadro dessa patologia. Outro fator muito importante é analisar a concentração de ferro no sangue. Visto que, a carência do ferro no organismo potencializa a absorção do chumbo. Por outro lado, a amostra de urina também é analisada para averiguar a excreção desse metal por essa via (OLSON, 2014).

Outros exames específicos realizados para ajudar na compreensão da gravidade dessa doença no cérebro, são a Tomografia Computadorizada (TC) e a Ressonância Magnética Nuclear (RMN) (OLSON, 2014).

O tratamento dessa patologia consisti na terapia de quelação, a partir da administração de Ácido Etileno Diamino Tetra Acético (EDTA), uma substância que contém propriedades para transformar os metais pesados, como o chumbo, em componentes capazes de serem eliminados pela urina. Esse processo produz a diminuição da concentração desse metal circulante no sangue. Dessa forma, é possível inibir outras lesões no cérebro causadas por esse elemento químico e restringir maiores complicações oriundas da encefalopatia crônica (OLSON, 2014).

4.3 A INSUFICIÊNCIA RENAL AGUDA GERADA PELA INTOXICAÇÃO POR MERCÚRIO.

O mercúrio, um dos metais pesados, mais conhecidos e também um dos mais tóxicos para os seres humanos. A sua toxicidade atinge diversos sistemas, mas principalmente órgãos como os rins. A distribuição do mercúrio nas suas diferentes espécies químicas ocorre de maneira simultânea por inúmeros tecidos do corpo humano. Entretanto, os íons desse metal em sua forma inorgânica concentram-se nos túbulos renais, causando graves lesões nos rins. Por consequência desses danos, inicia-se o processo de Necrose Tubular Aguda (NTA), uma das causas de Insuficiência Renal Aguda (IRA) (FERRER, 2003).

A Insuficiência Renal Aguda, conhecida como uma doença ocasionada pela perda da função renal e incapacidade de filtração dos resíduos no sangue, possibilita o acúmulo de ureia e creatinina no corpo humano. Por isso, os danos causados não podem ser revertidos imediatamente, mesmo quando ocorre a eliminação do metal. Torna-se necessário o tratamento das lesões causadas nos rins (DA COSTA; NETO; NETO, 1998).

Os exames requeridos para confirmar a IRA são baseados na amostra de urina. Diante disso, na área de urinálise serão avaliados parâmetros como: a densidade, ácido úrico, creatinina e realização da sedimentoscopia (DA COSTA; NETO; NETO, 1998).

O tratamento para essa doença sucede pela administração de componentes quelantes como British anti-Lewisite (BAL) conhecido também como, Dimercaprol e o Ácido Dimercaptosuccínico (DMSA) para eliminar o mercúrio e restringir as lesões nesse órgão. Além disso, o processo de dialise é recomendado para pacientes com esse quadro clínico para aumentar a eliminação desse agente nefrotóxico no organismo (OLSON, 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição por metais pesados da Baía de Sepetiba, provocada pelas atividades industriais, é um tema pouco estudado no meio científico. É importante ressaltar que sintetizar as informações que relacione esse desastre ambiental com os efeitos que este produz na saúde das pessoas que entram em contato com a Baía é um recorte complexo e importante a ser feito.

Entretanto, por meio da revisão bibliográfica de diversos estudos da área de toxicologia sobre os metais pesados selecionados para essa pesquisa, foi possível realizar a associação da toxicidade desses elementos químicos contidos nos pescados consumidos pela população da região. Assim, demonstrou-se a gravidade dos impactos desses metais no corpo humano, podendo causar quadros de intoxicações e até mesmo determinadas doenças, como insuficiência renal e encefalopatias.

Além disso, o caso da poluição da Baía de Sepetiba é uma questão atual, pois a atividade industrial ainda ocorre na região, contribuindo para permanência da contaminação. Este tema é um recorte específico que demonstra, o quanto o sistema capitalista pode destruir a natureza em prol da movimentação do capital. Logo, possuir um pensamento crítico acerca desse assunto está muito além da política, mas um ato de sobrevivência, visto que o homem e a natureza estão interligados (AGUIAR; BASTOS, 2012).

Portanto, esse trabalho apresentado teve o intuito de ampliar os conhecimentos sobre os impactos gerados na Baía de Sepetiba e enfatizar a existência dos riscos à saúde de um grupo de pessoas suscetíveis aos metais pesados ali presentes. Isto demonstrou ainda mais a necessidade de novas pesquisas que acrescentem maiores conhecimentos científicos sobre a temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Figura 1: VINHAS, Antônio L. F. **Pescadores artesanais de Pedra de Guaratiba, Rio de Janeiro (RJ): os diferentes conflitos pela identidade**. Capítulo 2. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RIO, 2019. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=37608@1> . Acesso em: 04 abr. 2020.

Figura 2: EQUIPE PACS. Baía de Sepetiba: fronteira do desenvolvimentismo e os limites para a construção de alternativas. **Biblioteca Berta Cáceres**. PACS, 2015. Disponível em: <http://pacs.org.br/files/2012/12/Ba%C3%ADa-de-Sepetiba-fronteira-do%20desenvolvimentismo.pdf> . Acesso em: 22 nov. 2019.

Figura 3: A organização da tabela periódica moderna. Disponível em: <http://atomoemeio.blogspot.com/2009/09/tabela-periodica-da-iupac.html> . Acesso em: 19 mar 2021.

Figura 4: Os metais pesados escolhidos para a pesquisa na tabela periódica. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/images/popularizacao-ciencia/tabela-periodica-cetem.pdf> . Acesso em: 19 mar 2021.

Figura 5: SBQ. Mercúrio: da Antiguidade aos Dias Atuais. **Química Nova Interativa**, 2014. Disponível em: <http://qnint.s bq.org.br/novo/index.php?hash=tema.82> . Acesso em: 23 mar. 2020.

Figura 6: ALVES, Jeanne Clécia. **Estimativa do risco à saúde humana segundo o teor de mercúrio presente em sushi e sashimi**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/6463> . Acesso em: 24 fev. 2021.

Figura 7: Os principais mecanismos epigenéticos do DNA Disponível em: <https://commonfund.nih.gov/epigenomics/figure> . Acesso em: 19 mar 2021

Tabela 1: BRASIL, Ministério da Saúde. Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos. Diário Oficial da União, 1998. Disponível em: https://www.univates.br/unianalises/media/imagens/Anexo_XI_61948_11.pdf .Acesso em: 04 abr. 2020.

AGUIAR, João Valente; BASTOS, Nádia. Uma reflexão teórica sobre as relações entre natureza e capitalismo. **Revista Katálisis**, v. 15, n. 1, p. 84-94, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-49802012000100009&script=sci_arttext&tlng=pt Acesso em: 20 abr. 2021.

AGUIAR, Mônica Regina Marques Palermo de; NOVAES, Amanda Cardoso; GUARINO, Alcides Wagner Serpa. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1145-1154, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422002000700015&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 mai. 2020.

ALVES, Jeanne Clécia. **Estimativa do risco à saúde humana segundo o teor de mercúrio presente em sushi e sashimi**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/6463> . Acesso em: 24 fev. 2021.

ALVES JÚNIOR, José Miguel *et al.* Estudo clínico-patológico das glomerulopatias no Hospital de Clínicas Gaspar Vianna. **Revista Paraense de Medicina**, v. 22, n. 1, p. 39-47, 2008. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-59072008000100006&lng=pt&nrm=is . Acesso 10 mar. 2021.

ALVES, L. Metais. **Brasil Escola**. [s.d.]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/metais.htm>. Acesso em: 29 Jun. 2020

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Mercurio (azogue)metálico (Metallic Mercury), 2010. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_mercmetal5.html. Acesso em: 24 ago. 2020.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Cadmio (Cadmium), 2016. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html. Acesso em: 24 ago. 2020.

ANTUNES, A. Economia verde: as contradições do discurso ambiental no cerne do sistema capitalista. Revista POLI. Economia verde: será que essa é a saída para a crise ambiental? N° 20, 2011. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/publicacoes/revista-poli> . Acesso em: 21 fev. 2021.

BARROS, José Augusto C. Pensando o processo saúde doença: a que responde o modelo biomédico?. **Saúde e sociedade**, v. 11, p. 67-84, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010412902002000100008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 24 de mar. 2020.

BARROS, B. C.; BASSANI, C. A questão da expansão portuária como solução para o desenvolvimento econômico: o caso das dragagens e os impactos ambientais na Baía de Sepetiba. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, p. 17, 2012. Disponível: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/9216808.pdf> .Acesso em: 12 mai. 2020.

BEYERSMANN, Detmar; HARTWIG, Andrea. Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. Archives of toxicology, v. 82, n. 8, p. 493, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18496671/>. Acesso 27 nov.2020.

BONIS, Vanessa de. **Tabela periódica: uma abordagem interpretativa**. 2009. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/6780/1/Vanessa%20de%20Bonis.pdf> Acesso em: 29 jun. 2020.

BRASIL. DECRETO Nº 2389, DE 04 DE ABRIL DE 1995. Proíbe a Comercialização de combustíveis derivados de Petróleo com a adição de Chumbo, RJ. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/1634d3ccc1f65d930325650d006d4e6d?OpenDocument&ExpandView&Highlight=0,Lei,2389>.

Acesso em: 20 mar. 2020.

BUSSE, Franziska P. et al. Lead poisoning due to adulterated marijuana in Leipzig. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 105, n. 44, p. 757, 2008. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2696942/pdf/Dtsch_Arztebl_Int-105-0757.pdf. Acesso em: 21 mar. 2020.

CAPITANI, Eduardo M. Diagnóstico e tratamento da intoxicação por chumbo em crianças e adultos. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v. 42, n. 3, p. 319-329, 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/227>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CAPITANI, Eduardo M.; PAOLIELLO, Mônica MB; ALMEIDA, Glauce R. Costa. Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 42, n. 3, p. 311-318, 2009. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rmrp/article/view/226>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CAPITANI, Eduardo M. Metabolismo e toxicidade do chumbo na criança e no adulto. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v. 42, n. 3, p. 278-286, 2009. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rmrp/article/view/221>. Acesso em: 3 ago. 2020.

CAREY, John B.; ALLSHIRE, Ashley; VAN PELT, Frank N. Immune modulation by cadmium and lead in the acute reporter antigen–popliteal lymph node assay. **Toxicological Sciences**, v. 91, n. 1, p. 113-122, 2006. Disponível em: <https://academic.oup.com/toxsci/article/91/1/113/1672689>. Acesso em: 25 set. 2020.

CARDOSO, Luiza Maria Nunes; CHASIN, Alice Aparecida da Matta. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. **Série cadernos de referência ambiental**, v. 6, p. 1, 2001. Disponível em: <http://files.quimicambiental2.webnode.com.br/200000073-c5798c672f/Ecotoxicologia%20do%20Cd.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

CASTELÕES, Paulo Roberto. **MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO NO AR EM INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2003/PEAMB2003PRCasteloes.pdf> Acesso em: 20 mar. 2020.

COSTA, Everton de Brito Oliveira; PACHECO, Cristiane. Epigenética: regulação da expressão gênica em nível transcricional e suas implicações. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, n. 2, p. 125-136, 2013. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/5142> . Acesso em 10 mar. 2021.

COSTA, Luciano T.; DAMAS, Giane B.; BERTOLDO, Bruno. Mercúrio: da antiguidade aos dias atuais. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 4, p. 1010-1020, 2014. Disponível em: <http://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/608>. Acesso em: 24. mar. 2020.

CUNHA, Fernanda Maria Azevedo da. Saturnismo ocupacional. In: **Saturnismo ocupacional**. 2003. p. 37-37. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/10192>. Acesso em: 30 nov.2020.

DA COSTA, José Abrão Cardeal; NETO, Miguel Moysés; NETO, Osvaldo Merege Vieira. Insuficiência renal aguda na terapia intensiva. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 31, n. 4, p. 532-551, 1998. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/7722> . Acesso em 04 dez.2020.

DAMAS, Eduardo Tavares. **Distritos Industriais da Cidade do Rio De Janeiro: Gênese e**

Desenvolvimento no Bojo do Espaço Industrial Carioca. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói–RJ, 2008. 144p.

Disponível em:<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp108924.pdf> .Acesso em: 31 out. 2019.

DA SILVA CORREIA, Ana Paula; RIBEIRO, José Rodrigues. **CONHECER MELHOR OS ELEMENTOS QUÍMICOS**, 2010. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/264339645_Conhecer_melhor_os_elementos_quimicos

Acesso em: 10 de mar.2020.

DA SILVA, Silvana Kamila Della Bernarda et al. INTOXICAÇÃO POR METAIS PESADOS. **Anais da Jornada Científica dos Campos Gerais**, v. 17, 2019. Disponível em:

<https://www.iessa.edu.br/revista/index.php/jornada/article/view/1335>.Acesso em: 29 de jun.2020.

DAVID, F. **Companhia Siderúrgica do Atlântico é inaugurada na Zona Oeste do Rio**. 2010.

Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=888394> .Acesso em: 18 jun. 2020

DE FREITAS, S. C. et al. Avaliação de metais pesados em pescado da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. In: Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: ENCONTRO NACIONAL, 20.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 6., 2017. Belém. Segurança e qualidade de alimentos. Belém, PA: LACEN: UFPA, 2017. p. 1-5., 2017. Disponível:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1074435>. Acesso em: 07 out. 2020.

DE SÁ, Eloíza Rodrigues Pimentel. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO TEOR DE CHUMBO EM BATONS COMERCIALIZADOS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO: UMA QUESTÃO DE SAÚDE PÚBLICA. *Saúde. Com-Ciência* ISSN: 2594-5890, n. 2, 2016.

Disponível em:

<https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/saudeeconsciencia/article/view/581>.

Acesso em: 04 out. 2020.

DE SÃO PAULO, COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO. - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica** -Cádmio e seus compostos. São Paulo, jan. 2012. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em: 16 mar. 2020.

DIAS, D. L. Hidrogênio. **Brasil Escola**. [s.d.]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/hidrogenio.htm>. Acesso em: 29 Jun. 2020

DOS SANTOS LINDOLFO, Nathalia. O impacto ambiental decorrente do processo industrial na área e nos arredores da companhia mercantil e industrial Ingá-bairro da ilha da madeira (município de Itaguaí, RJ). **Khóra: Revista Transdisciplinar**, v. 2, n. 2, 2015. Disponível em: <http://site.feuc.br/khóra/index.php/vol/article/view/36> .Acesso em: 22 out. 2019.

DOS SANTOS SOBRAL, Luis Gonzaga et al. **Metalurgia do chumbo: processos de produção e refino**, 2012. Disponível em https://www.cetem.gov.br/santo_amaro/pdf/cap12.pdf. Acesso em 24. mar. 2020.

DUARTE, ROGÉRIA P. SAEZ; PASQUAL, ANTENOR. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. **Energia na agricultura**, v. 15, n. 1, p. 46-58, 2000. Disponível em :<http://files.engenharia-ambiental.webnode.com/200000032-7ec0c7fba6/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DO%C3%81DMIO-CHUMBO-N%C3%8DQUEL%20E%20ZINCO%20EM%20SOLOS%20PLANTAS%20E%20CABELOS%20HUMANOS.pdf>. Acesso em 4. ago. 2020.

EQUIPE PACS. Baía de Sepetiba: fronteira do desenvolvimentismo e os limites para a construção de alternativas. **Biblioteca Berta Cáceres**. PACS, 2015. Disponível em: <http://biblioteca.pacs.org.br/publicacao/baia-de-sepetiba-fronteira-do-desenvolvimentismo-e-os-limites-para-a-construcao-de-alternativas/> . Acesso em: 31 out. 2019.

ESTRELA, MAA; ROHLFS, D. B. **Merúrio: implicações para saúde e meio ambiente**. 2014. Disponível em: <http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/7mostra/Artigos/SAUDE%20E%20BIOLOGICAS/MERCURI%20-%20IMPLICA%C3%87%C3%95ES%20PARA%20A%20SA%C3%9ADE%20E%20O%20MEI%20AMBIENTE.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

FANTAPPIE, Marcelo. Epigenética e memória celular. **Revista carbono**, v. 3, 2013. Disponível em: <http://revistacarbono.com/artigos/03-epigenetica-e-memoria-celular-marcelofantappie/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FERRER, A. Metal poisoning. In: **Annals of the Navarra health system**. Government of Navarra. Department of Health, 2003. p. 141-153.: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1137-66272003000200008&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 24 ago. 2020.

FERREIRA, Pedro Henrique Gomes *et al.* Estudo da contaminação dos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba por mercúrio. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 4, n. 7, 2017. Disponível em: <https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/1047/803>. Acesso em: 11 nov. 2019.

FILGUEIRAS, Carlos AL. Havia alguma ciência no Brasil setecentista?. **Química nova**, v. 21, n. 3, p. 351-353, 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40421998000300020&script=sci_arttext. Acesso em: 15 mai.2020.

GONÇALVES, Aguinaldo; GONÇALVES, Neusa Nunes da Silva. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 16, p. 415-419, 2004. Disponível: <https://www.scielosp.org/article/rpsp/2004.v16n6/415-419/pt/> Acesso em: 04 mai. 2020.

HARTWIG, Andrea; SCHWERDTLE, Tanja. Interactions by carcinogenic metal compounds with DNA repair processes: toxicological implications. **Toxicology letters**, v. 127, n. 1-3, p. 47-54, 2002. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378427401004829?casa_token=goEZvCSGGNMAAAAA:8B4VChLZd3O6-. Acesso em: 27 out.2020.

JOAQUIM, Leyla Mariane; EL-HANI, Charbel Niño. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae studia**, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100005. Acesso em 19 mar. 2021.

KATO, Karina *et al.* **Companhia siderúrgica do atlântico: impactos e irregularidades na Zona Oeste do Rio de Janeiro.** 2012. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/bitstream/handle/11465/688/270.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 nov. 2019.

KIMÁKOVÁ, Tatiana et al. Fish and fish products as risk factors of mercury exposure. **Annals of agricultural and environmental medicine**, v. 25, n. 3, p. 488-493, 2018. Disponível em: <http://www.aem.pl/Fish-and-fish-products-as-risk-factors-of-mercury-exposure,84934,0,2.html>. Acesso em: 12 mar. 2020.

KOEDRITH, Preeyaporn; SEO, Young Rok. Advances in carcinogenic metal toxicity and potential molecular markers.” International journal of molecular sciences. v. 12, n. 12, pág. 9576-9595, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3257147/#b1-ijms-12-09576>. Acesso em 14 de nov. 2020.

KOURY, Josely Correa; OLIVEIRA, Cyntia Ferreira de; DONANGELO, Carmen Marino. Associação da concentração plasmática de cobre com metaloproteínas cobre-dependentes em atletas de elite. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 4, p. 259-262, 2007.

Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922007000400010&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 13 de abr. 2021.

LACERDA, Luiz Drude de; MALM, Olaf. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 173-190, 2008.

Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200011&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 25 set. 2020.

LEITE, Edna Maria Alvarez; AMORIM, Leiliane Coelho André. Toxicologia geral. **Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Minas Gerais**, 2004. Disponível em: http://www.geocities.ws/farmaserver/toxicologia/apostila_toxicologia_geral_5_periodo.pdf
Acesso em: 26 jul. 2020.

LEITE, Ana; SILVA, Ricardo; CUNHA, Elisabete. Aplicação de um caso prático de doenças profissionais: relevância médico-legal metais pesados e carcinogênese. **Arquivos de Medicina**, v. 29, n. 4, p. 93-97, 2015. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0871-34132015000400002.
Acesso em: 17 out. 2019.

LEMONS, Ana Teresa. **Impacto do mercúrio na saúde humana: Aveiro como caso de estudo**. 2008. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/3008/1/2008001535.pdf>. Acesso em: 24 mar.2020.

LIMA, Verônica Ferreira; MERÇON, Fábio. Metais pesados no ensino de química. **Química nova na escola**, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/199-CCD-7510.pdf> . Acesso em: 26 nov. 2019.

LIMA, Geraldo M. de; BARBOSA, Luiz CA; FILGUEIRAS, Carlos AL. ORIGENS E CONSEQUÊNCIAS DA TABELA PERIÓDICA, A MAIS CONCISA ENCICLOPÉDIA CRIADA PELO SER HUMANO. **Química Nova**, v. 42, n. 10, p. 1125-1145, 2019. Disponível

em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v42n10/0100-4042-qn-42-10-1125.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2020.

MABA, Isabella Karoline. **Análise morfofuncional e morfoquantitativa dos constituintes dos tecidos mieloides e linfoide.** Curitiba, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/41499> . Acesso em: 9 mar.2021.

MANZINI, Flávio Fernando; DE SÁ, Kaoara Batista; DE ALMEIDA PLICAS, Lídia Maria. Metais pesados: fonte e ação toxicológica. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 6, n. 12, 2010. Disponível em: http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/26/28. Acesso em: 4 ago. 2020.

MARINHA, Marden Samir Santa et al. **Níveis de cádmio em sangue e urina dos habitantes do entorno de uma reserva ecológica no Pantanal Mato-grossense.** 2011. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/24253>. Acesso em: 24 ago. 2020.

MAGALHÃES, Carla Cristina Correia. " Importância Médico-Legal dos Metais Pesados no Desenvolvimento Infantil". 2011. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/26275>. Acesso em: 24 ago. 2020.

MARQUES, Celso Argolo Xavier et al. Avaliação da adição de aditivos do tipo “booster” de octanagem no poder antidetonante da gasolina automotiva brasileira. In: **2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás.** 2003. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/4095.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

MARQUES, Márjori Brenda Leite; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Efeitos ecotoxicológicos de metais aos organismos aquáticos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 14, n. 4, 2018. Disponível em: http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1952. Acesso em: 3 ago. 2020.

MELO, C. V. B. Marcadores de necrose tubular aguda e lesão inflamatória glomerular no sedimento urinário de pacientes com síndrome nefrótica. Salvador, 2015. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/11404#:~:text=ARCA%3A%20Marcadores%20de%20necrose%20tubular,de%20pacientes%20com%20s%C3%ADndrome%20nefr%C3%B3tica&text=Abstract%3A,\(LRA\)%20em%20pacientes%20hospitalizados](https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/11404#:~:text=ARCA%3A%20Marcadores%20de%20necrose%20tubular,de%20pacientes%20com%20s%C3%ADndrome%20nefr%C3%B3tica&text=Abstract%3A,(LRA)%20em%20pacientes%20hospitalizados) .Acesso 10 mar. 2021.

MERÇON, F. Tabela Periódica: Percurso histórico, seu uso no ensino e nas avaliações de química. **Revista do vestibular da UERJ**, 2019. Disponível em: <https://www.revista.vestibular.uerj.br/especial25a/view/assets/6.pdf>. Acesso em: 29 Jun. 2020

MESQUITA JÚNIOR, Danilo et al. Sistema imunitário-parte II: fundamentos da resposta imunológica mediada por linfócitos T e B. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 50, n. 5, p. 552-580, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0482-50042010000500008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 mar. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Controle do mercúrio entra em vigor, 15 ago. 2017. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/14277-noticia-acom-2017-08-2500.html>. Acesso em: 23 mar. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução N° 42, 29 de agosto de 2013. Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html. Acesso em: 06 out. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Mercúrio, 25 de ago. 2017. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/mercurio> .Acesso em: 23 mar. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Efeitos à Saúde Humana. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/chumbo/efeitos-a-saude-humana#:~:text=Os%20principais%20efeitos%20delet%C3%A9rios%20do,renais%20podem%20levar%20%C3%A0%20morte>. Acesso em: 25 ago. 2020.

MISHRA, Kamla Prasad et al. Effect of lead exposure on the immune response of some occupationally exposed individuals. **Toxicology**, v. 188, n. 2-3, p. 251-259, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X0300091X?casa_token=Rmb_TC-x4GkAAAAA:YZ-gNYYV_BtevAcOSU4Rh-Dr3PxnKzVMwsETwzMKzgZK-zvdCc3STLrhBPI7dpt47uA5cICAFA . Acesso em: 28 set. 2020.

MOLINARO, E. M. Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde. Capítulo 3. Volume 3. EPSJV; FIOCRIZ; IOC, 2013. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/publicacao/livro/conceitos-e-metodos-para-formacao-de-profissionais-em-laboratorios-de-saude-volum-1> . Acesso em: 9 de mar. 2021.

MOLINARO, E. M. Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde. Capítulo 1. Volume 4. EPSJV; FIOCRIZ; IOC, 2009. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/publicacao/livro/conceitos-e-metodos-para-formacao-de-profissionais-em-laboratorios-de-saude-volum-0> . Acesso em 10 mar. 2021.

MOREIRA, Fátima R.; MOREIRA, Josino C. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 251-260, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000200015&script=sci_arttext. Acesso em: 22 jun. 2020.

MOREIRA, Fátima Ramos; MOREIRA, Josino Costa. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 15, p. 119-129, 2004. Disponível em: https://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892004000200007. Acesso em: 19 out. 2019.

MOREIRA, Fátima Ramos; MOREIRA, Josino Costa. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 9, p. 167-181, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232004000100017. Acesso em: 06 ago. 2020.

MORES, L; HONÓRIO-FRANÇA, A. C; FRANÇA, E. L; SUCHARA, E. A. **Imunotoxicidade decorrente da exposição à metais pesados: breve revisão**. 2015. Disponível em: <http://revistas.cua.ufmt.br/revista/index.php/revistapanoramica/article/view/636/259> .Acesso em: 25 set. 2020.

MULLER, Henrique Reichmann; PRADO, Karin Braun. Epigenética: um novo campo da genética. **Rubs**, v. 1, n. 3, p. 61-69, 2008. Disponível em: http://www.colegiogregormendel.com.br/gm_colegio/pdf/2012/textos/3ano/biologia/8.pdf. Acesso em: 10 mar. 2021.

NETO, Adail Orrith Liborio. Histologia do Sistema Nervoso: Diversidade Celular e Suas Localizações. Disponível em: [https://www.amedeolucente.it/public/HistologiadoSistemaNervoso_DiversidadeCelulareSuasLocalizaes%20\(1\).pdf](https://www.amedeolucente.it/public/HistologiadoSistemaNervoso_DiversidadeCelulareSuasLocalizaes%20(1).pdf) . Acesso em: 10 mar. 2021.

NEVES, Frederico Sampaio et al. Atitudes dos cirurgiões-dentistas em relação à proteção radiológica, de acordo com a lei brasileira. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 19, n. 51, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277042508_Atitudes_dos_cirurgioes-dentistas_em_relacao_a_protecao_radiologica_de_acordo_com_a_Lei_Brasileira Acesso em: 20 mar. 2020.

OLSON, K. R. Manual de toxicologia clínica. Editora Lange, 6º edição. São Paulo, 2014. Disponível em: http://www.saude.ufpr.br/portal/medtrab/wp-content/uploads/sites/25/2016/08/Manual-de-Toxicologia-CI%C3%ADnica_pdf.pdf. Acesso em 24 fev. 2021

PAIS, Ariane R. et al. DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO EM BIJUTERIAS ORIUNDAS DA CHINA. **Química Nova**, v. 41, n. 10, p. 1218-1225, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v41n10/0100-4042-qn-41-10-1218.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

PATRICK, Lyn. Lead Toxicity, a review of the literature. Part I: Exposure, Evaluation, and treatment. **Alternative medicine review**, v. 11, n. 1, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16597190/>. Acesso em: 20 ago. 2020

PEREIRA, R. DE L.; MIRANDA, D. L. **O caso da baía de Sepetiba: o desrespeito ao meio ambiente e a falta de legitimação das decisões governamentais**. p. 12, [s.d.]. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_ambiental_-_baia_de_sepetiba.pdf
Acesso em: 10 out. 2019.

PEMPER, K. C. O. et al. NÉFROPATIA DIABÉTICA E INSUFICIÊNCIA RENAL. **Revista Ciências da Saúde Unisantacruz**, v. 3, 2014. Disponível em: <https://unisantacruz.edu.br/revistas/index.php/Revenf/article/view/1019> . Acesso 9 mar. 2021.

PINTO, L.; BARROS, A. M. **O investimento industrial como alternativa para a recuperação de passivos ambientais: O caso Ingá**. 2006. Disponível em: <http://www.inovarse.org/filebrowser/download/9889>. Acesso em: 23 out. 2019.

PORTO, Paulo Alves. Os três princípios e as doenças: a visão de dois filósofos químicos. **Química nova**, v. 20, n. 5, p. 569-572, 1997. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40421997000500021&script=sci_arttext. Acesso em: 24 mar. 2020.

RIBEIRO, Cheila et al. Um possível caso de doença óssea de Paget na Coleção de Esqueletos Identificados de Évora, Portugal (século XX). **Antropologia Portuguesa**, n. 35, p. 97-113, 2018. Disponível em: https://impactum-journals.uc.pt/antropologiaportuguesa/article/view/35_6 . Acesso em: 9 mar. 2020.

ROCHA, A. F.; CÁDMIO, Chumbo. Mercúrio—A problemática destes metais pesados na Saúde Pública. **Curso de Ciências da Nutrição, Universidade do Porto**, 2009 .Disponível em:https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/54676/4/127311_0925TCD25.pdf. Acesso em: 26 jul. 2020.

RODRIGUES, Sílvio César Alves. Baía de Sepetiba: Um Enclosure no Século XXI-análise histórica de um processo de alteração ambiental. 2017.Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/112291/2/269303.pdf> Acesso em: 11 abr.2021

ROJAS, Hugo; RITTER, Cristiane; PIZZOL, Felipe Dal. Mecanismos de disfunção da barreira hematoencefálica no paciente criticamente enfermo: ênfase no papel das metaloproteinasas de matriz. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 23, n. 2, p. 222-227, 2011.Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-507X2011000200016&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 9 mar. 2021.

SABARIS, Tatiani de Paula Pinotti. **O método geocronológico do Pb-210 aplicado no estudo da taxa de sedimentação em uma porção da Bacia do Rio Atibaia (SP)**. 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102990>. Acesso em 24 mar. 2020.

SCHIFER, Tiago dos Santos; JUNIOR, Stanislaw Bogusz; MONTANO, Marco Aurélio Echart. Aspectos toxicológicos do chumbo. **Infarma**, v. 17, n. 5-6, p. 67-71, 2005. Disponível em:<http://revistas.cff.org.br/infarma/article/view/273>. Acesso em 20 ago. 2020.

SCHULZE, Marília Martins. Tratamento Quimioterápico em Pacientes Oncológicos. **Rev. Bras. Oncologia Clínica**, v. 4, n. 12, p. 17-23, 2007. Disponível em: <https://www.s boc.org.br/s boc-site/revista-s boc/pdfs/12/artigo3.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SECRETÁRIA MUNICIPAL DE SAÚDE. Manual de Toxicologia Clínica: orientações para assistência e vigilância das intoxicações agudas. São Paulo, 2017. 465p. Disponível em:

<http://abracit.org.br/wp/manual-de-toxicologia-clinica-orientacoes-para-assistencia-e-vigilancia-das-intoxicacoes-agudas/> . Acesso em: 20 fev. 2021;

SOARES, Flávio Augusto Penna; PEREIRA, Aline Garcia; FLÔR, Rita de Cássia. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. **Radiologia Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 97-103, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rb/v44n2/en_v44n2a09.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

SUN, Li et al. Influence of exposure to environmental lead on serum immunoglobulin in preschool children. **Environmental research**, v. 92, n. 2, p. 124-128, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935102000907?casa_token=nAN5E_pLD4wAAAAA:BrYkOw39_5_8KkMdoUIIdPu_Tm-6JA5ckyEcGeI8_t1TKNTjdEU8s6Pk12_a7y-Bq7n_1d0SBwCC. Acesso em: 25 set. 2020.

SUSSUCHI, Eliana Midori; SANTOS, Danilo Oliveira. GASES NOBRES (GRUPO 18/VIII). **Rn**, v. 71, n. 62, p. 86.[s.d.]. Disponível em: https://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/13415510012017Quimica_Inorganica_II_Aula_10.pdf. Acesso em: 29 jun. 2020.

TARGINO, Arcenira Resende Lopes; BALDINATO, José Otavio. A Tabela Periódica de Mendeleev no Ensino de Química. **Anais eletrônicos do 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Florianópolis**, 2016. Disponível em: [https://www.15snhct.sbhc.org.br/resources/anais/12/1478773263_ARQUIVO_Targino_Baldinato_TextoCompleto_final_revisado\(1\).pdf](https://www.15snhct.sbhc.org.br/resources/anais/12/1478773263_ARQUIVO_Targino_Baldinato_TextoCompleto_final_revisado(1).pdf). Acesso em: 29 jun. 2020.

TIRAPEGUI, Julio; ROGERO, Marcelo Macedo. Metabolismo de proteínas. **Fisiologia da nutrição humana. Aspectos básicos, aplicados e funcionais**, p. 69-109, 2007. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32334459/Proteinas_lindo.pdf?1384703300=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DProteinas_lindo.pdf&Expires=1615364444&Signature=QuCVHWqbbLCj1Y5gRm3FNLMq9qdh~kbp-

[fJc5ETjiLPgTvxk6RRQhAIdhybIVxEBCUcW~Ofd40hznB1pxnbhu7Un4fllvu3j17V8DvBzBAvAS5BQs5mbfucn3vcEVuOB7XWBrENUg037oHHdu9fOq6rmTwu8cnH4uIxAWdkDtUYrfUQIZAGb6MGQaUp-q6SO9kX~PsIcvwSE2p71Si3wNQH3TWbao1VBnDSmi1S~M1EawV0Do8KHpE8A0loyD0HPvcDIXtmoMTAzolZFR8JRQXScPhRTDSQvOdNsnIwD1~zpYv3z~NQsd3EQBfm-C~M5cPDQ1MKLkzwnPJOwioFL9Q_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=37608@1) .Acesso: 9 mar. 2021.

VINHAS, Antônio L. F. **Pescadores artesanais de Pedra de Guaratiba, Rio de Janeiro (RJ): os diferentes conflitos pela identidade**. Capítulo 2. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RIO, 2019. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=37608@1> . Acesso em: 04 abr. 2020.

WISNIAK, Jaime. Historical development of the vapor pressure equation from Dalton to Antoine. **Journal of phase equilibria**, v. 22, n. 6, p. 622, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-001-0026-x>. Acesso em 24 mar.2020.

ZENDRON, R. Mecanismos de neurotoxicidade e doenças neurológicas relacionadas à intoxicação por metais pesados. Disponível em: <https://www.vponline.com.br/portal/noticia/pdf/5b1df0c120eaea2daeb29119a64da2b2.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.