

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL**

EXTRATO DE *Moringa oleífera* Lam. INIBIDOR DE FITOTOXICIDADE
DE METAIS PESADOS NO DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L

Abraão da Silva Pereira

Engenheiro Agrícola e Ambiental

Fevereiro de 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL**

EXTRATO DE *Moringa oleífera* Lam. INIBIDOR DE FITOTOXICIDADE DE METAIS PESADOS NO DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L.

Abraão da Silva Pereira

Orientadora: Prof^a Dr^a Analy Castilho Polizel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso – *Campus* Universitário de Rondonópolis, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Linha de Pesquisa: Agroecossistemas.

Fevereiro de 2019

P436e Pereira, Abraão da Silva.

EXTRATO DE Moringa oleífera Lam. INIBIDOR DE
FITOTOXICIDADE DE METAIS PESADOS NO
DESENVOLVIMENTO DE Lactuca sativa L. / Abraão da Silva
Pereira. -- 2019

43 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profª Drª Analy Castilho Polizel.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Moringa Oleífera. 2. Biorremediação. 3. Metais pesados. 4.
Germinação. I. Título.

ABRAÃO DA SILVA PEREIRA

EXTRATO DE *Moringa oleífera* Lam. INIBIDOR DE FITOTOXICIDADE DE METAIS PESADOS NO DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Rondonópolis, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Linha de Pesquisa: Agroecossistemas.

Aprovado em 25/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Analy Castilho Polizel

Profª Drª Antonia Marília Medeiros Nardes

Prof. Dr. Domingos Sávio Barbosa

Aos meus pais Armos V. Pereira e Donizetti Dionisia da S. Pereira
Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por emanar as virtudes que impulsionam minha potencialidade de desenvolvimento profissional e pessoal, sobretudo pelo desenvolvimento humano em minha vida.

A todos familiares que sempre acreditou em mim e contribuíram para a realização de mais uma etapa.

A minha eterna inspiração profissional, minha orientadora Prof^a Dr^a Analy Castilho Polizel, pela paciência, confiança e sobretudo pela magnífica dádiva da escrita a mim aspirado.

A todos meus amigos que sempre me apoiaram e contribuíram diretamente no direcionamento da minha trajetória profissional, em especial à Crislane Alves, Gerlanderson Pontes, Priscilla Vígido, Rafael CuiSSI, Ritielly Carvalho, Rosely Diniz, Saulo Diogo e Thiago Lopes.

Aos meus professores, pela paciência com meu processo de aprendizagem e pela contribuição com meu conhecimento.

Aos acadêmicos supervisores da Seção de Cultura Esporte e Lazer pelo companheirismo e carinho a mim ofertado.

Aos amigos acadêmicos de Engenharia Agrícola e Ambiental, em especial Augusto Cesar, De Silva, Marcia Arruda e Vitória Carvalho por contribuir na realização desse trabalho com empenho e profissionalismo.

Aos meus filhos companheiros, Ísis Pereira e Luck Pereira pela eterna lealdade e carinho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente na consolidação desse percurso, muito obrigado!

Sem um fim social, o saber será a maior das futilidades.
Gilberto Freire

RESUMO

O desenvolvimento industrial a partir do aumento populacional, desencadeou diversas preocupações, entre elas, a utilização de substâncias carregadas de metais pesados. De característica xenobiótica, estes representam grande preocupação para a vida humana, uma vez que origina diversas doenças, acarretando a morte de diversos seres biológicos. Diversas técnicas são utilizadas para conter o poder contaminante dos metais. Entre estas, está a utilização de materiais biológicos como agentes de contenção ou redução dos efeitos nefastos aos seres bióticos. O presente trabalho estudou a influência do extrato de Moringa oleífera sob a redução de efeitos dos metais pesados no processo germinativo e desenvolvimento de plântula de alface. As sementes foram submetidas ao teste de germinação com concentrações em mg L^{-1} de metais pesados, sendo eles, Arsênio, Cádmio e Chumbo. Para o teste de fitotoxicidade do extrato no processo germinativo, foram utilizadas seis concentrações do extrato com quatro repetições de cada tratamento. Houve diferença significativa entre os metais pesados tendo as concentrações 0.9 e 2.7 mg L^{-1} a que apresentou o maior efeito quanto a diminuição do peso da plântula no teste de toxicologia dos metais. Para o segundo teste foi constatado efeito significativo na germinação expressado pela concentração de 75 mg L^{-1} para os três metais, constatou-se também um comportamento reducional nas variáveis de tamanho de plântula e radícula. No teste de fitotoxicidade do extrato foi verificado o poder inibidor do desenvolvimento de plântulas para todas as variáveis analisadas, sendo o tamanho de plântula a variável com maior interferência nas maiores concentrações do extrato de moringa oleífera. A concentração 0.25 mg L^{-1} mostrou-se eficiente ao inibir o poder contaminante do Arsênio e Cádmio.

Palavras-Chaves: Moringa *oleífera*, Germinação, Metais pesados, Bioremediação

ABSTRACT

The industrial development after the population growth caused several concerns, one of which was the use of substances with heavy metals. These have xenophobic characteristics and represent a huge concern for human life, since they originate several diseases and cause the death of several biological beings. Several techniques are used to contain the contaminating power of metals. These include the use of biological materials as restraining agents or the reduction of harmful effects on biotic beings. The present work studied the influence of the Moringa extract on the reduction of heavy metals effects on the germinative process and the development of lettuce seedlings. The seeds were submitted to the twinning test with concentrations of heavy metals in mg L⁻¹, these being Arsenic, Cadmium and Lead. For the phytotoxicity test of the extract in the germinative process, six concentrations of the extraction were used, with four replicates of each treatment. There was a significant difference among the heavy metals, the 0.9 and the 2.7 mg L⁻¹ concentrations being the ones with the highest effects on the reduction of the seedling weight in the toxicology test. The second test showed a significant effect on germination, expressed by the concentration of 75 mg L⁻¹ for the three metals, and also a reduction behavior in the variables of seedling and radicle sizes. The phytotoxicity test of the extract showed the power to inhibit the development of seedlings for all analyzed variables, the seedling size being the variable with greater interference in the highest concentrations of the moringa extract. The concentration 0.25 mg L, proved to be efficient in inhibiting the contaminating power of Arsenic and Cadmium.

Keywords: Moringa oleifera, Germination, Heavy metals, Bioremediation

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS	11
2.2 METAIS PESADOS	12
2.2.1 Arsênio	13
2.2.2 Cádmio	14
2.2.3 Chumbo.....	15
2.3 MORINGA OLEIFERA Lam.	16
2.3.1 Características botânicas	16
2.3.2 Condições edafoclimáticas	16
2.3.3 Aplicabilidade	17
4 METODOLOGIA	19
4.1 Solução de metais pesados	20
4.1.1 Teste de Toxicidade.....	20
4.2 Solução de semente de Moringa <i>oleífera</i>	21
4.2.1 Teste de fitotoxicidade.....	23
4.3 Inibição de toxicologia dos metais	23
4.3 Análise estatística.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Primeiro teste de toxicidade dos metais na germinação	24
5.2 Segundo teste toxicidade dos metais.....	25
5.3 Teste fitotoxicidade.....	29
5.4 Teste de inibição de toxicológica dos metais	32
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	36

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provocados pelo desenvolvimento das atividades antrópicas continuam a ser a grande preocupação da humanidade. De fulcro nesta preocupação, diversos pesquisadores de instituições públicas e privadas, desenvolvem estudos e aprimoram técnicas que minimizam esses impactos, fortalecem os elos de resiliência do planeta, aumentando as expectativas em disponibilidade de recursos naturais fundamentais para a existência humana.

A preocupação desses impactos intensifica-se quando trata de contaminação do meio ambiente por metais pesados. Esses elementos possuem efeitos sistêmicos e bioacumuladores em toda a cadeia trófica, provocando de forma agressiva, diversos distúrbios biológicos acarretando doenças graves de efeito até mesmo irreversível nos seres bióticos do planeta.

Diversas técnicas oferecem alternativas remediadoras para minimizar impactos causados por tragédias ambientais ou contaminação oriunda de atividades agroindustriais e mineralógicas. O alto custo da execução de tais medidas, multiplicada pela extensão das imensas áreas afetadas, além de onerar os custos com produtos remediadores, tem aumentado ainda mais as barreiras para a correta descontaminação dos ambientes afetados por essas atividades, já que na maioria das vezes, as técnicas proporcionam efeito minimizador dos impactos e não o retorno as condições originais dos ambientes.

A bioremediação é uma dessas técnicas que utilizam materiais biológicos para a detenção de poluentes e conseqüentemente a descontaminação de águas e solos do meio ambiente. Dentre os diversos materiais existentes, há a *Moringa oleífera Lam*, uma planta que possui uma proteína encontrada nas folhas, frutos e sementes com propriedade adsortiva, capaz de agregar por meio de reações químicas, sólidos suspensos em água e a conseqüente clarificação desta, tornando-a apta para o consumo humano entre outros fins.

Com base no potencial supracitado, objetivou-se testar o efeito do extrato da semente de *Moringa oleífera* como agente inibidor de toxicidade dos metais pesados no processo germinativo e desenvolvimento de plântula de alface.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Impactos Ambientais

O modelo comercial globalizado, impulsionou a exploração dos recursos naturais de forma desenfreada alimentada, principalmente, pelo grande consumo atrelado ao crescente aumento populacional (ONU, 2018). Esses processos exploratórios têm, principalmente através das atividades industriais e mineralógicas, depositado grandes quantidades de metais pesados, entre outros poluentes no meio ambiente, acarretando diversos danos imediatos aos seres vivos e também comprometendo a manutenção da vida das gerações futuras (AMARAL, 2015).

Silva (2014) afirma que os impactos ambientais por metais pesados vão desde a emissão os efluentes industriais e domésticos nos corpos d'águas até mesmo o processo de aplicação de venenos e adubação utilizados na agricultura. De forma direta ou indireta por percolação, esses metais contaminam os corpos d'águas e difundem em toda a cadeia trófica, principalmente por partes dos elementos Arsênio (Ar), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb).

Além das emissões dos efluentes com potencial poluidor nos corpos d'águas, os acidentes ambientais provocados pelas irresponsabilidades antrópicas e também por fenômenos naturais, já garantiram ao longo do último século centenas de mortes de pessoas de forma direta e indireta, além destes terem contribuído para o aceleração do processo degradativo ambiental, intensificando ao estado insalubre de imensas áreas do planeta.

Lima (2015) afirma que há grandes desafios quanto à disponibilidade de água nos padrões adequados para o consumo humano em detrimento das emissões de ordem industriais nos corpos hídricos, tornando-se um dos fatores mais desafiadores da ciência no mundo, a garantia de pesquisas que aprimore os usos e o tratamento das mesmas, afim de firmar a sustentabilidade hídrica para gerações futuras.

2.2 Metais pesados

Os metais pesados são elementos que possuem densidade atômica $> 5\text{g cm}^{-3}$. Com característica xenobiótica, ou seja, elementos estranhos aos organismos vivos, estes têm um poder bioacumulador nos seres vivos podendo ser repassados a toda a cadeia alimentar e até mesmo de forma hereditária pelo conteúdo genético, dependendo do nível de contaminação.

Os metais pesados ocorrem comumente na natureza e somente se tornam perigosos em concentrações elevadas para os seres vivos. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio de suas resoluções, estabelece limites de concentrações para a permanência dos metais em águas ou solos com base na toxicidade desses elementos, determinados por ensaios toxicológicos ou ecotoxicológicos que verifica a capacidade de intoxicar os seres vivos do planeta.

Uma vez em elevadas concentrações, o organismo começa o processo de mal funcionamento e subsequente degradação celular, podendo gerar câncer ou até mesmo levar o organismo à óbito.

Jimenez (2004) relata que pouco menos de 28% dos resíduos industriais perigosos contendo metais pesados gerados no Brasil, são tratados de forma adequada para a disposição ideal nos corpos d'águas conforme Resolução CONAMA 357/2005. Esta porcentagem representa cerca de 800 mil toneladas dos quase 3 milhões, verificando um grave atenuante poluidor a ser trabalhado para evitar ainda mais os processos contaminantes dispostos no meio ambiente.

Lima (2013) afirma que a introdução dos metais pesados no meio ambiente ocorre de duas formas: natural e antrópica. De maneira natural, verifica-se a liberação dos metais facilitados pelos fenômenos naturais como chuvas, raios e consequente lixiviação quando o desprendimento da rocha matriz. Já a introdução por meio de ações antrópicas, decorre principalmente pelos rejeitos dos processos industriais, atividades mineradoras e manejo agrícola. Cada metal apresenta fontes de origem e características de permanência e intervenção no meio ao qual está exposto.

Por apresentar características de maleabilidade, ductibilidade, bons condutores de eletricidade e de aparência brilhante, os metais pesados estão presentes em várias aplicações na indústria que vai desde a conservação de cores até mesmo na fabricação de remédios (LIMA, 2013; ZENDRON, 2015).

2.2.1 Arsênio

A preocupação com as águas contaminadas pelos metais pesados está levantando uma série de pesquisas referenciadas pelos intensos malefícios causados à exposição dos mesmos. O Arsênio, como um desses metais de alto potencial toxicológico, tem contribuído para o alarmante impacto que sofre o meio ambiente e conseqüentemente a saúde humana.

Relatado seu uso acerca de 400 a.C para diversos fins, o Arsênio foi utilizado até na suplementação de alimentos por apresentar características adocicadas durante a idade média, principalmente, no tratamento de equinos comerciais por acreditar que condicionaria esses animais uma maior força e vitalidade, essa aplicação levou a vários casos de intoxicação (CONTIJO; BITTENCOURT, 2003).

De ocorrência natural o arsênio é disponibilizado para o meio ambiente por reações naturais, sendo as principais fontes de liberação as atividades industriais e mineradoras, por meio de adubos e defensivos agrícolas, utilizados na agricultura em larga escala (FRANCO, 2015; COELHO, 2007). Contigo; Bittencourt (2003) revelam ainda que a maioria dos focos de ocorrência do metal está associado as reações químicas que disponibilizam o mesmo em imensas áreas tanto no solo, na água quanto no ar.

Rodrigues e Malafáia (2008) relatam que este metal desencadeia uma série de distúrbios nos organismos bióticos do planeta, são considerados de efeito acumulativo que podem inclusive levar o organismo a óbito. Seus efeitos primários e mais preocupantes é quanto a interferência na replicação do DNA, processo necessário para a formação de proteínas, principalmente, na inibição de sistemas enzimáticos resultando na disfunção celular ou morte da mesma.

Considerado um veneno protoplasmático, o arsênio pode inibir mais de 200 tipos de enzimas, principalmente, as relacionadas com a produção de energia celular. Contigo; Bittencourt (2003) expressa ainda inúmeras manifestações de distúrbio biológicos nas reações nos organismos vivos, os quais destacam náuseas, diarreia, manifestações neurológicas, hiperemias esplênica e ainda não apresentar alterações cutâneas. Mantem-se apesar de todos os estudos desenvolvidos para a compreensão deste metal, a perspectiva de obscuridade quanto o domínio total deste mineral.

2.2.2 Cádmi

Considerado altamente tóxico o cádmio é um metal em transição que apresenta características peculiares ao apresentar bastante maleabilidade e uma ótima reatividade, ou seja, é capaz de reagir imediatamente após a exposição e apresentar manchas provavelmente de óxido de cádmio. Naturalmente em reservas de pequeno porte, este metal é encontrado em associação com outros minérios dos quais zinco e chumbo são mais comuns, sendo a sua forma pura obtida como subproduto da fusão do zinco em maior proporção (SAMPAIO, 2003). Como elemento relativamente novo em comparação a outros elementos, o Cádmi foi caracterizado por apresentar uma coloração branca prateada, alto potencial de ductibilidade e maleabilidade podendo este mineral até mesmo ser cortado com uma faca.

A utilização do cádmio na fabricação generalizada de baterias é considerada a maior aplicabilidade de uso além das tintas e plásticos, ainda como exemplos de utilização, podemos citar a fabricação de luminescência em tubos de televisões antigas, ligas para soldagem, ligas para placas fotovoltaicas até mesmo a fabricação de mancais pela sua excelente resistência mecânica quando submetido a tratamentos térmicos (ROCHA, 2009). De fulcro no mesmo autor o cádmio pode afetar o córtex renal levando à falência Renal como um dos principais ataques à saúde humana, de maneira geral os principais órgãos alvo são o sistema nervoso, a medula óssea e os rins.

Como qualquer metal pesado de característica xenobiótica, este mineral bioacumula geralmente no fígado, rins, pâncreas e tireoide sendo a principal fonte de contaminação a ingestão de alimentos contaminados, geralmente, por alimentos do mar e grãos, desencadeando os fatores descritos por Sampaio (2003):

O cádmio pode atuar como um fator etiológico para vários processos patológicos no ser humano, incluindo tumores nos testículos, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, aumento da inibição, doenças crônicas de envelhecimento e câncer. Os fetos humanos demonstram que a placenta não é uma barreira completa contra a penetração do cádmio.

Sinergicamente o cádmio associa-se a outros metais potencializando o efeito toxicológico na biosfera, sendo este considerado como um dos metais pesados mais tóxicos juntamente com o chumbo ou zinco (SAMPAIO, 2003).

2.2.3 Chumbo

Assim como os outros metais, o chumbo tem uma vasta aplicabilidade na vida humana e é considerado assim como os demais, um metal com alto potencial de acumulação nos organismos vivos com vários efeitos colaterais que propiciam o desenvolvimento de doenças crônicas. Sua toxicidade é inversamente proporcional à disponibilidade de oxigênio dissolvido no ambiente, quanto menor a quantidade de oxigênio maior o potencial toxicológico, podendo ainda ser afetado pelas alterações do pH da solução (SILVA, 2010; SAMPAIO, 2003).

De aparência branca azulada, este metal pode ficar acinzentado quando exposto ao ar atmosférico, considerado um mal condutor de eletricidade, apresenta outras características ótimas para o uso, tal como macio e maleável, permitindo uma melhor trabalhabilidade na fabricação de seus derivados, Silva (2010), descreve minuciosamente as características do chumbo:

O chumbo é um elemento químico do grupo dos metais. Maleável e resistente, é mau condutor de eletricidade e é utilizado mundialmente. Dois estados de oxidação Pb^{2+} e Pb^{4+} são estáveis, mas a química ambiental do elemento é denominada pelo íon, Pb^{+2} . No seu estado elementar, o chumbo é um metal denso ($11,29 \text{ g/cm}^3$) e azul acinzentado, com ponto de fusão 3270 C e de ebulição a 17440 C . em compostos orgânicos, seus estados variam de acordo com a complexação da substância. As formas tóxicas do chumbo são os compostos tetraquil e tetraquil seguidos pelo íon de chumbo tetravalente e o íon de chumbo bivalente (Sais de Chumbo). Estudos apontaram que a forma tetraquil é mais rapidamente absorvida por peixes e microorganismos, sendo acumulado nas brânquias, fígado, rins e ossos do peixe e na parede celular dos microorganismos.

Dentre as diversas fontes de obtenção do Chumbo, a indústria é a mais intensiva, Rocha (2009) relata sua aplicabilidade citando o uso deste metal na construção civil, baterias de ácidos, munições, proteção contra raio-X, liga para solda, fusíveis entre outros. Considerado um dos primeiros metais a ser utilizados em larga escala pelo homem, este é referenciado cerca de 4000 anos a.C., sendo os casos por intoxicação relatados ao longo de toda a história.

Na saúde humana o chumbo pode causar intoxicação e desencadear diversos distúrbio nos organismos, várias consequências podem ser apontadas pela intoxicação pelo chumbo, sendo que o sistema nervoso, a medula óssea e os rins são considerados mais críticos para este metal devido o mesmo interferir diretamente nos processos genéticos agindo como promotor de câncer, paradas cardíacas até mesmo levando à óbito (MOREIRA e MOREIRA, 2004).

2.3 *Moringa oleifera* Lam.

Acácia Branca é um dos nomes popular dado à *Moringa oleifera* Lam., a única da família das Moringaceae, originária do Norte da Índia, esta árvore é considerada uma das mais utilizadas no mundo pelo homem, isso se deve as múltiplas aplicações de praticamente todas as suas partes, na indústria cosmética, farmacêutica, medicinal e na aplicabilidade ambiental (JESUS et al., 2013).

2.3.1 Características botânicas

Podendo alcançar até 12 m de altura, esta árvore possui características peculiares de acordo com Lima (2015):

Folhas bipenadas com sete folíolos pequenos em cada pina, de cor verde pálida, decíduas alternadas, perfoliada e compostas. Flores relativamente grandes, diclamídeas, monoclinas, perfumadas de cores creme ou branca. Frutos em forma de vages pendulares de cor verde a marrom esverdeada, de forma triangular, sendo deiscente, de 30 a 120 cm, contendo de 10 a 20 sementes globóides, escuras por fora contendo massa branca e oleosa no seu interior. A madeira apresenta casca espessa, mole e reticulada, de cor pardoclara externamente e, internamente, cor branca com lenho mole poroso, amarelado e com presença de látex. Com grande quantidade de mucilagem, rica em arabinose, galactose e ácido Glucurônico. A raiz assemelha-se, tanto pela aparência como pelo sabor, ao rabanete.

2.3.2 Condições edafoclimáticas

Jesus et al. (2013) relatam que o cultivo da *Moringa oleifera* Lam ocorre em diferentes altitudes, sendo encontrados cultivos em altitudes de até 1200 m em relação ao nível do mar. A mesma apresenta um grande espectro de temperaturas podendo ser cultivada em ambientes com temperatura na escala de 3° à 45° C, relatos de produtores da região, afirma que as plantas sofrem no período de baixa temperatura, sendo então a temperatura recomendada de 25° à 35°C. Outra característica é a distribuição geológica da mesma, está localizada preferencialmente nas regiões de clima semiáridos tropicais e subtropicais, porém é relatado seu cultivo em todos os continentes do mundo.

Pouco exigente em termos nutricionais, o cultivo desta árvore pode ser favorecido em diversos tipos de solos, não recomendado solos permanentemente

alagados. Muito resistente à altas temperaturas, esta tem o seu desenvolvimento mais expressivo em solos areno-argilosos bem drenados. O pH do solo pode variar entre 5 a 9, recomenda-se que estes sejam ligeiramente ácido ou base. O déficit nutricional pode afetar o desenvolvimento dos frutos, podendo demorar até 8 meses para o aparecimento deste (JESUS et al., 2013).

2.3.3 Aplicabilidade

Esta pode ser utilizada na Indústria farmacêutica no desenvolvimento de remédios principalmente fitoterápicos em farmácias de manipulação, na indústria cosmética com a produção de cremes hidratantes, protetores solares, óleos hidratantes entre outros, para fins medicinais e nutricionais. Na área ambiental, utilizada desde a aplicação para clarificação de águas quanto a utilização como princípio antifúngico e antibacteriano no tratamento de sementes.

No processo de clarificação de águas, há uma vasta literatura que constata a eficiência da *Moringa oleifera* Lam. Martin et al. (2012), verificou essa eficiência ao comparar com outros floculantes utilizadas no processo de tratamento de água, sendo que o extrato a base de moringa, obteve o mesmo efeito quando comparado com o Sulfato de Alumínio, substância mais utilizada no tratamento de água.

Outra aplicação é quanto o uso para clarificação do caldo de cana de açúcar em indústria suco alcooleira, que constatou a eficiência do uso de Moringa e que não houve alteração do pH da solução final, gerando inclusive pouco lodo no processo de decantação (COSTA, 2016).

Em razão da sua vasta utilização, que este estudo busca verificar o efeito bioremediador no processo de descontaminação de águas poluídas por alguns metais pesados, contribuindo no alargamento do espectro de utilização da Moringa oleifera, como uma alternativa de baixo custo e alta eficiência nesses processos ambientais que é tido como uma das medidas mais caras para se interpor um desastre ambiental de grande porte.

Matos et al., (2007) ao estudarem o efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água em recirculação, utilizada no processamento

dos frutos do cafeeiro, constatou que os maiores resultados encontrados quanto a clarificação das amostras foram verificados nos menores valores de pH.

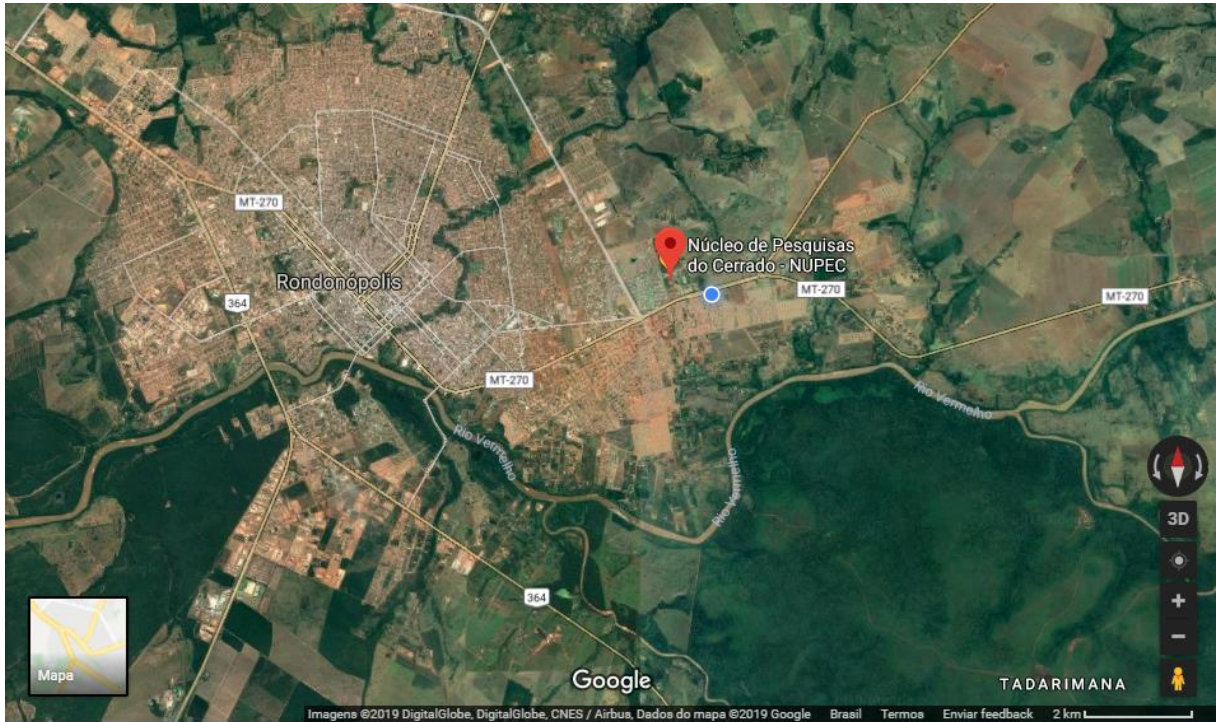
Ao comparar o efeito floculante da *Moringa oleifera* Lam com floculantes químicos industriais, concluiu que não houve diferença significativa entre os mesmos e que a dosagem de do extrato de *Moringa* a base de KCl obteve as melhores características químico-tecnológicas quanto a clarificação das soluções testadas (COSTA, 2016).

Martin (2012) testando a melhoria do processo de floculação no tratamento de água com o uso do extrato de sementes de *Moringa oleifera*, constatou que quanto menor o pH da solução de trabalho, melhor é a eficiência na floculação e que este processo se intensifica em exposição ao longo do tempo.

Araújo (2010) constatou o poder adsorvente do extrato de *Moringa oleifera* Lam na remoção de prata de soluções aquosas, afirmando que o extrato tem alta capacidade para esta aplicação.

4 METODOLOGIA

O experimento foi executado no Laboratório de Tecnologia e Riscos Ambientais do Núcleo de Pesquisa do Cerrado, da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Universitário de Rondonópolis.



Fonte: Googlemaps > Rondonópolis

Avaliou-se em dois experimentos cinco concentrações de metais pesados em delineamento inteiramente casualizado para três metais pesados, Arsênio, Cádmiio e Chumbo com quatro repetições de cada tratamento, totalizando 72 unidades experimentais.

O teste de fitotoxicidade foi avaliado em esquema inteiramente casualizado com seis concentrações do extrato de *Moringa oleífera*, com quatro repetições de cada tratamento.

A interação do extrato na germinação e desenvolvimento de plântula da alface foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo testada simultaneamente contrações de metais pesados com quatro repetições de cada tratamento.

4.1 Solução de metais pesados

Inicialmente considerou o limite máximo de contaminantes em águas destinadas para irrigação, estabelecido pelo CONAMA 357/2005 no que se refere a Classe III para água doce, quanto as condições para emissão de efluentes em corpos d'água, como parâmetro inicial, afim de investigar uma concentração que fosse capaz de inibir a germinação da alface. A partir da solução padrão, foram elaboradas as concentrações em mg L^{-1} de cada metal pipetados num balão volumétrico de 100 mL completando o volume com água deionizada, sendo extraído de cada solução 2,8 mL para cada placa de Petri.

4.1.1 Teste de Toxicidade

Instalou-se dois testes de germinação da Alface Manteiga com soluções contaminadas por metais pesados, adotando como referência, os níveis estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente em sua Resolução Nº 357/2005, no que se refere ao limite máximo permitido em águas de Classe III, ou seja, $0,033 \text{ mg L}^{-1}$.

As placas de Petri, foram lavadas com sabão neutro, seguido de assepsia com hipoclorídrico de sódio à 2,0% por meia hora, após o enxague em água corrente e água destilada.

Em seguida foram dispostos nas placas, três camadas de papel Germitest com peso conhecido e 10 sementes de alface manteiga na segunda camada. Acrescentou-se duas vezes e meia o peso do papel, em mL das concentrações em mg L^{-1} de cada metal, sendo estas: 0; 0,033; 0,1; 0,3; 0,9 e 2,7 no primeiro teste e 0; 15; 35; 55; 75 no segundo teste com quatro repetições de cada tratamento.

As placas foram embaladas com plástico filme e colocadas em uma caixa escura à temperatura ambiente de 25°C . A coleta dos dados seguiu por contagem do número de sementes que germinaram ao quarto dia, representadas em porcentagem.

Analizou-se ainda peso de massa fresca no primeiro teste e para o segundo teste, o tamanho de radícula, do epicótilo e da plântula.

4.2 Solução de semente de *Moringa oleífera*

A formulação da solução do extrato de *Moringa oleífera* foi adaptada de Lima (2015). As sementes foram descascadas, trituradas com um multiprocessador doméstico e passadas por uma peneira de 1,2 mm para homogeneização das partículas da farinha, conforme **Figura 1**.



Figura 1 – Passo a passo da obtenção da farinha

A) Sementes de *Moringa Oleífera*; **B)** Cotilédones das sementes após a retirada do mecanismo de dispersão; **C)** Processo de trituração no multiprocessador doméstico e **D)** Homogeneização do tamanho das partículas utilizando peneira granulométrica.

Utilizando uma balança de precisão foram pesados 0.125, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 e 1.25 g da farinha peneirada. Com um almofariz, foi macerado cada quantidade juntamente um pouco de água deionizada, afim de formar uma pasta de cor leitosa. Passando por uma peneira, foi transferido o conteúdo para um balão volumétrico de

500 mL completando seu volume com água deionizada, como apresentado a seguir na **Figura 2**.



Figura 2 – Passo a passo para obtenção do extrato de *Moringa oleífera*

A) Balança analítica de precisão na pesagem da farinha; B) Almofariz e bastão no processo de maceração; C) Balão volumétrico com a primeira solução do extrato pronta.

A finalização do extrato foi realizada homogeneizando manualmente o balão volumétrico, com ajuda de uma peneira fina, sendo armazenada em vidro hermético (**Figura 3**). Foi realizado a caracterização da solução quanto o nível de pH.



Figura 3 – Extrato da semente de Moringa *oleífera* finalizada armazenada em vidro hermético

4.2.1 Teste de fitotoxicidade

Testou-se seis concentrações do extrato de Moringa oleifera, 0,25; 0,50; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 g L⁻¹ do extrato da semente de Moringa *oleífera* com quatro repetições de cada tratamento. Seguindo a mesma metodologia de germinação descrita no item 4.1.1 (Teste de toxicidade).

4.3 Inibição de toxicologia dos metais

Instalou-se o teste de interação metal e extrato de Moringa *oleífera* para verificar a interferência do extrato sobre a toxicologia dos metais, expressados pelo potencial germinativo e desenvolvimento de plântula. Considerou para a solução de Moringa *oleífera* as concentrações de 0,25 e 0,50 g L⁻¹ e para as soluções de Arsênio, Chumbo e Cádmio utilizou a concentração de 75 mg L⁻¹, com quatro repetições de cada tratamento. As unidades experimentais foram constituídas de 10 sementes por placa de Petri e coleta de dados ao quarto dia.

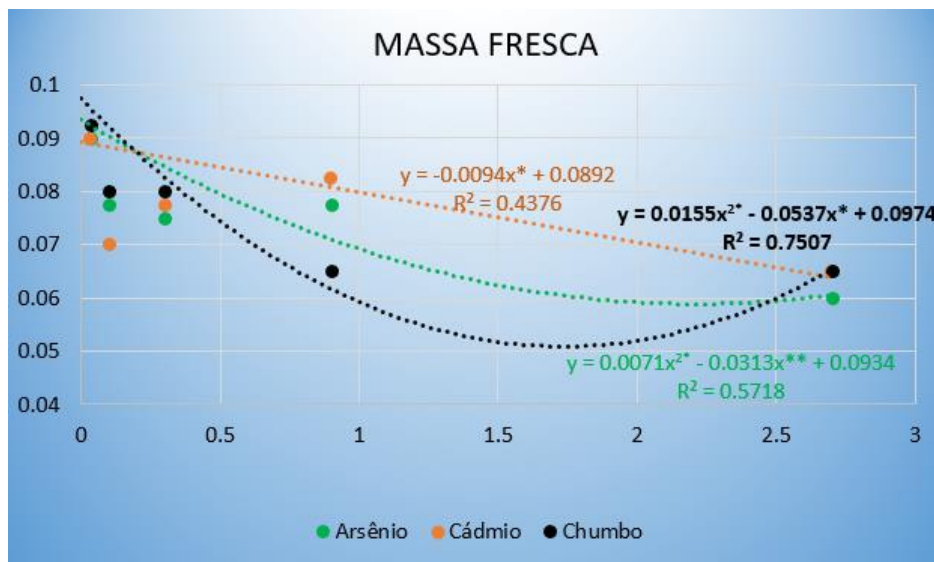
4.3 Análise estatística

Para todos os dados coletados foi verificado se havia normalidade entre as médias utilizando ao teste Shapiro-Wilk afim de nortear a tomada de decisão quanto a correta correlação das médias. Os dados foram analisados pelo teste de F à 1 e 5% de probabilidade. Constatando diferença significativa, prosseguiu com testes de médias para variáveis qualitativa e análise de regressão para as variáveis quantitativa utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Primeiro teste de toxicidade dos metais na germinação

Verificou-se efeito significativo isolado das concentrações dos metais pesados (Arsênio, Cádmiio e Chumbo) quanto o peso de massa fresca de plântula. Para o metal Chumbo, observou-se maior interferência no desenvolvimento de plântula sendo que para cada grama deste metal na solução, há uma redução de 0.0382 mg no peso de plântula e que cerca de 75% da redução do peso de plântula foi em função do aumento de concentração deste metal. Utilizando a concentração de chumbo de 1.73, observou-se o menor peso de 0,050 mg.



Concentração de metais pesados em mg L⁻¹ e peso de massa fresca em mg, na horizontal e vertical respectivamente.

Figura 4 – Peso em mg de massa fresca de plântula em função da concentração de metais pesados

No metal Arsênio, houve efeito significativo à 1% de probabilidade sendo para cada mg de aumento na concentração do metal uma redução de 0.0242 mg no peso da plântula afirma-se que 57,18% da redução do peso foi em razão do aumento da variação da concentração. Constatou-se com a concentração 2.25 mg L⁻¹ de arsênio o menor valor de 0.058 mg de massa fresca.

Na **Tabela 1** observa-se que não houve diferença significativa estatisticamente para os três metais no percentual de germinação.

Tabela 1 - Médias da germinação da alface em soluções contaminadas por metais pesados

CONCENTRAÇÃO (mg L ⁻¹)	GERMINAÇÃO (%)		
	ARSÊNIO	CÁDMIO	CHUMBO
0	100 aA	100 aA	100 aA
0.033	90.0 aA	95.0 aA	92.5 aA
0.1	95.0 aA	85.0 aA	97.5 aA
0.3	92.5 aA	92.5 aA	95.0 aA
0.9	90.0 aA	90.0 aA	95.0 aA
2.7	92.5 aA	92.5 aA	92.5 aA

Letras iguais na horizontal e na vertical, maiúsculas e minúsculas respectivamente não diferem entre si.

5.2 Segundo teste toxicidade dos metais

Instalou-se o segundo teste de germinação ampliando a equidistância das concentrações dos metais e a quantidade de variáveis analisadas.

Constatou-se o efeito significativo na interação quanto o desdobramento dos metais nas concentrações, assim para metais foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a concentração foi aplicado o teste de regressão polinomial. A **Tabela 2** mostra o efeito significativo dos metais na variável germinação. A concentração 35 mg L⁻¹ para o chumbo proporcionou menor percentual de germinação quando comparado ao Arsênio e Cádmio.

Tabela 2 – Percentual de germinação no desdobramento das concentrações entre os metais

CONCENTRAÇÃO (mg L ⁻¹)	GERMINAÇÃO (%)		
	ARSÊNIO	CÁDMIO	CHUMBO
0	95.0 A	95.0 A	95.0 A
15	90.0 A	95.0 A	97.5 A
35	87.5 B	92.5 B	70.0 A
55	77.5 A	80.0 A	77.5 A
75	67.5 A	75.0 A	70.0 A

Letas iguais na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A **Figura 5** demonstra o efeito da concentração dos metais arsênio, cádmio e chumbo em regressão, constatando efeito linear dos mesmos na germinação. Para o Cádmio, verificou-se que a cada mg de aumento da concentração há uma redução de 0.2935 % na germinação do alface, concluindo que 89% dessa redução é em função do aumento da concentração para este metal. Para o chumbo, 69% da redução do processo germinativo foi em função do aumento da concentração, resultando na redução de 0.3688 % para cada mg de metal na solução.

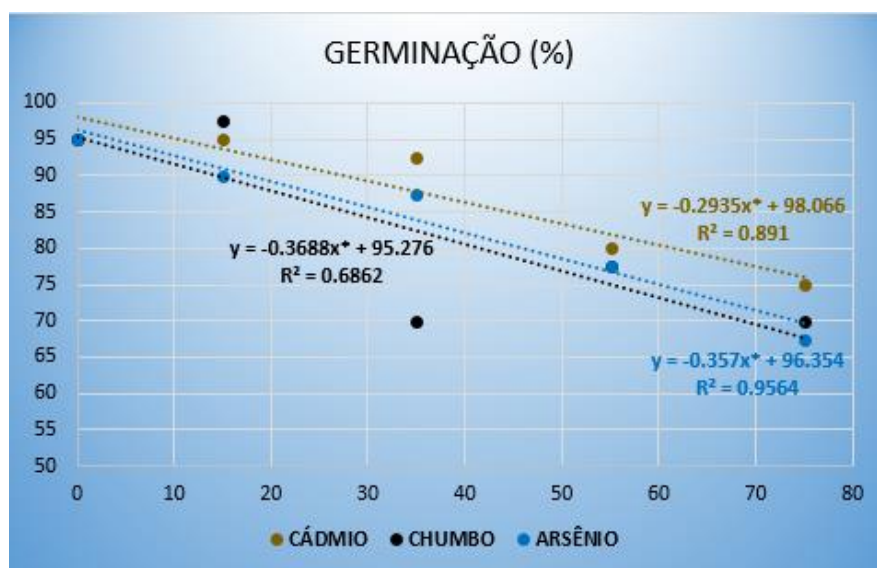


Figura 5 – Percentual de germinação do alface entre as concentrações dos metais

Concentração de metais pesados em mg L^{-1} e germinação em %, na horizontal e vertical respectivamente.

O chumbo e o arsênio a cada 10 mg do metal reduzem 3,6 e 3,7 da germinação respectivamente, sendo que 69 e 96% da redução da germinação devido ao metal utilizado respectivamente.

Em comparação ao resultado do primeiro teste, o aumento da equidistância das concentrações dos metais demonstrou maior expressão na variável germinação, sendo esta a única variável que apresentou efeito significativo na interação dos metais e concentrações.

De maneira geral, afirma-se que o aumento da concentração dos metais interfere negativamente no processo germinativo do alface e que estas soluções podem ser usadas para testes de fitotoxicidade, considerando a variável germinação como principal parâmetro, sendo recomendado a análise de outras variáveis para melhor expressão de interferência biológica desta toxicidade.

Na variável tamanho do epicótilo, não houve diferença significativa como mostra as médias na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Tamanho do epicótilo (mm) do alface sob concentrações de metais pesados

CONCENTRAÇÃO (mg L^{-1})	EPICÓTILO (mm)		
	ARSÊNIO	CÁDMIO	CHUMBO
0	26.20 A	16.20 A	16.02 A
15	14.80 A	14.62 A	16.80 A
35	13.95 A	14.60 A	15.57 A
55	15.80 A	15.25 A	16.55 A
75	13.12 A	12.30 A	16.90 A

Letas iguais na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Na **Tabela 4**, o tamanho de radícula houve a maior expressão de interferência toxicológica dos metais, tendo efeito significativo isolado dos metais no desdobramento dentro de cada concentração. Fixando os metais para estudo das concentrações observou efeito significativo nas variáveis tamanho de radícula e plântula sendo as menores médias obtidas com a concentração 75 mg L⁻¹.

Tabela 4 – Tamanho de radícula no desdobramento dos metais pesados dentro de cada concentração

CONCENTRAÇÃO (mg L ⁻¹)	RADÍCULA (mm)		
	ARSÊNIO	CÁDMIO	CHUMBO
0	10.7 A	10.7 A	10.72 A
15	10.8 A	9.75 A	10.57 A
35	12.02 A	10.72 A	14.00 A
55	11.06 A	9.87 A	11.37 A
75	10.72 AB	8.75 A	12.67 B

Letas iguais na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

O tamanho de radícula (**Tabela 4**) e da plântula (**Tabela 5**) foi influenciado na concentração de 75 mg L⁻¹.

Tabela 5 – Tamanho de plântula no desdobramento dos metais dentro de cada concentração

CONCENTRAÇÃO (mg L ⁻¹)	PLÂNTULA (mm)		
	ARSÊNIO	CÁDMIO	CHUMBO
0	26.75 A	26.75 A	26.75 A
15	25.60 A	24.37 A	27.37 A
35	35.97 A	25.32 A	29.57 A
55	26.86 A	25.12 A	27.92 A
75	23.85 AB	21.05 A	29.57 B

Letas iguais na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

5.3 Teste fitotoxicidade

Na **Figura 6** pode-se verificar a alteração do pH em relação ao aumento da concentração de moringa na solução que apresentou uma ligeira tendência à acidificação. A cada g L⁻¹ de *Moringa oleífera*, espera-se uma redução de 0,9 no pH da solução dos quais 96% dessa redução está em função do aumento da concentração.

Silva (2010) ao verificar a remoção de metais pesados em efluentes sintéticos, ressaltou a importância do pH nos mecanismos de interação com o metal que se dá por processos correlacionados à hidrólise que por sua vez é em função do pH, ressaltando a importância dessa caracterização para embasamento dos comportamentos dos dados nas variáveis analisadas.

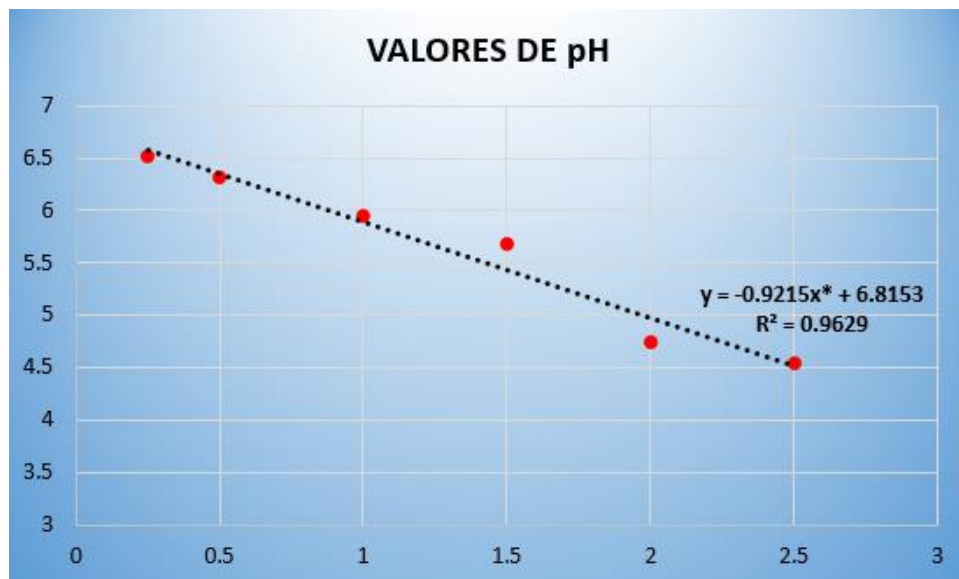


Figura 6 – Valores de pH das soluções de *Moringa oleífera*

Valores de pH e concentrações de Moringa oleífera em g L⁻¹, na vertical e na horizontal respectivamente.

Matos (2007), ao verificar o poder clarificador do extrato de *Moringa oleífera*, constatou que a maior ação do produto foi obtida com o menor valor de pH, considera-se que quanto menor o pH da solução do extrato, maior o poder de ação sobre uma determinada solução. Pondera-se ainda que a cada g de farinha de *Moringa* há uma redução de 0.9215 no valor do pH.

A **Figura 7** demonstra a diferença significativa para a variável percentual de germinação sob diferentes concentrações de moringa, ao qual apresenta 90 % da redução no processo germinativo foi em função do aumento da concentração de Moringa oleifera e que a cada g de farinha espera-se uma redução real de 4 % na germinação.

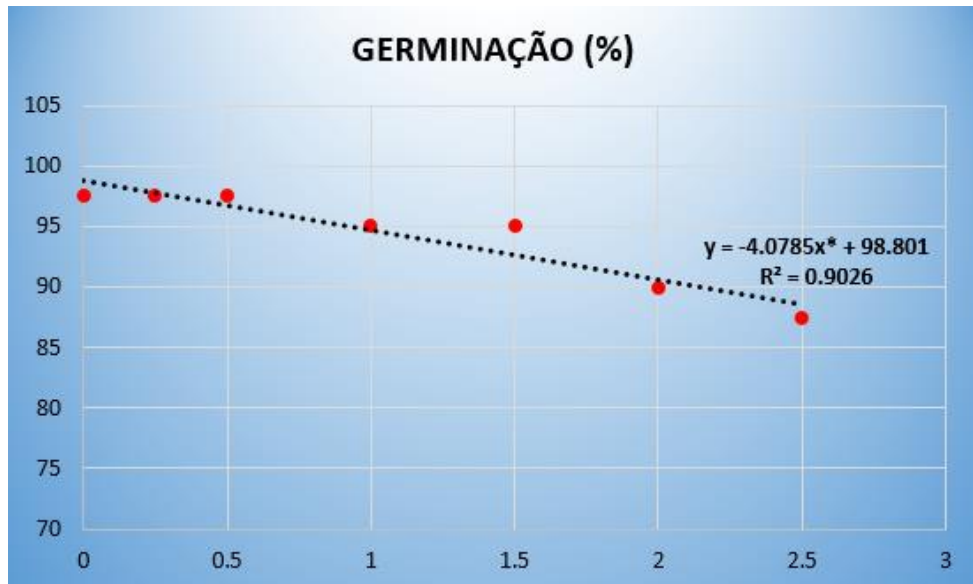


Figura 7 – Germinação da alface sob concentrações de Moringa oleifera

Concentração de Moringa oleifera em g L⁻¹ e germinação em %, na horizontal e vertical respectivamente.

Analisando a **Figura 8**, nota-se que em todas as variáveis do desenvolvimento de plântula, há a redução do desempenho sendo expressa nas equações de linearidades ou polinomial.

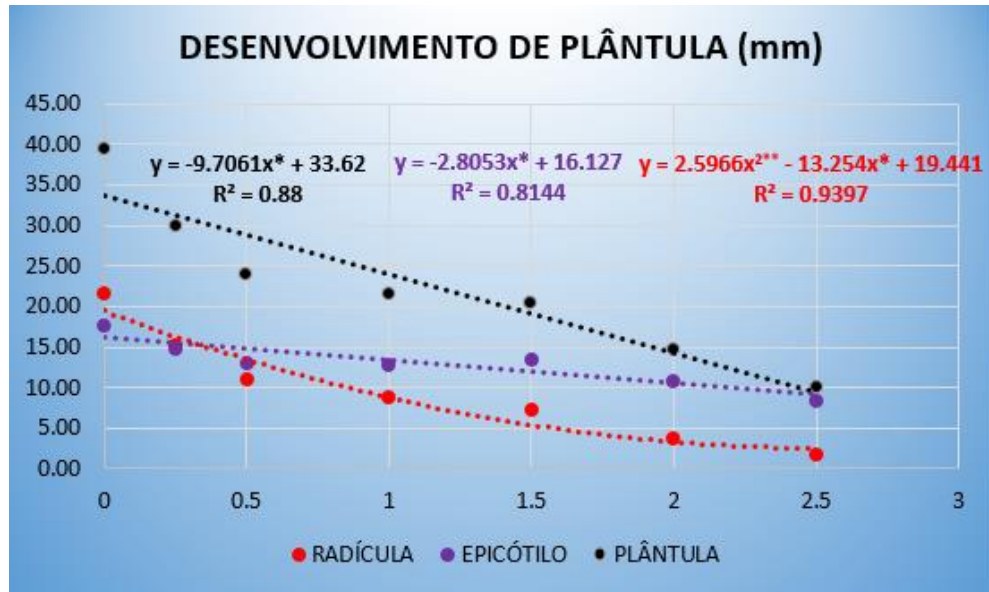


Figura 8 – Desempenho de plântulas sob concentrações de *Moringa oleifera*

Concentração de *Moringa oleifera* em g L⁻¹ e desempenho em mm de plântula, na horizontal e vertical respectivamente.

O desenvolvimento de plântula reduz 9.7061 mm a cada g no aumento da concentração do extrato, sendo 88% dessa redução em função do aumento da concentração (**Figura 8**). O tamanho do epicótilo foi reduzido 81% em função do aumento da concentração, sendo para cada mg de aumento na concentração espera-se uma redução de 2.80 mm.

Para a variável tamanho de radícula, verifica-se efeito significativo à 5% de probabilidade na análise de regressão, reduzindo 2.59 mm a cada mg no aumento da concentração do extrato. Percebe-se também que para a variável tamanho de radícula, assim como no teste de fitotoxicologia dos metais, foi a que sofreu maior interferência no seu desenvolvimento, isso pode relacionar com duas teorias, a primeira sobre a inibição do fitormônio auxina responsável pelo desenvolvimento radicular e a segunda sobre a presença do ácido abscísico nas soluções, causando a inibição direta do desenvolvimento da plântula.

5.4 Teste de inibição de toxicológica dos metais

Utilizando as soluções de trabalho do extrato de *Moringa oleífera* com o pH 6,5 e 6.3 para as concentrações 0,25 e 0,5 g L⁻¹, respectivamente e concentração 75 mg L⁻¹ de cada metal, constatou diferença significativa na interação para todas as variáveis estudadas (**Tabela 6**).

Tabela 6 – Efeito da solução de *Moringa oleífera* na inibição da toxicologia dos metais arsênio, cádmio e chumbo

METAL (75mgL ⁻¹)	GERMINAÇÃO (%)	RADÍCULA (mm)	EPICÓTILO (mm)	PLÂNTULA (mm)
ARSÊNIO	32.50 A	3.91 A	5.91 A	9.83 A
CHUMBO	70.83 B	9.59 B	15.66 C	25.25 C
CÁDMIO	75.83 B	3.70 A	10.46 B	14.16 B

Letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

No processo germinativo o metal Arsênio apresentou diferença significativa em relação ao Chumbo e o Cádmio com o menor percentual de germinação.

Destaca-se para o tamanho de radícula, epicótilo e plântula que o Chumbo apresenta as maiores médias e diferem estatisticamente do Arsênio e do Cádmio.

Foi analisado pelo método de regressão, o comportamento do desenvolvimento das plântulas na presença e na ausência da solução de *Moringa oleífera*, para tanto apresentam-se as figuras separados por metal para melhor compreensão das variáveis.

Apresentando diferença significativa quadrática na **Figura 9** traz o comportamento do desenvolvimento de plântula, com dosagem de *Moringa oleífera* 0,25 g L⁻¹ aquela que apresentou o maior desenvolvimento de radícula, apresentando a concentração de 0,25 g L⁻¹ um aumento de 4.75 mm de radícula, sendo 100% desse aumento ocasionado em função da interferência do Extrato de *Moringa oleífera*. Para a dosagem testemunha e para a concentração de 0,5 g L⁻¹, o aumento do desenvolvimento para a mesma variável foi de 3.5 mm.

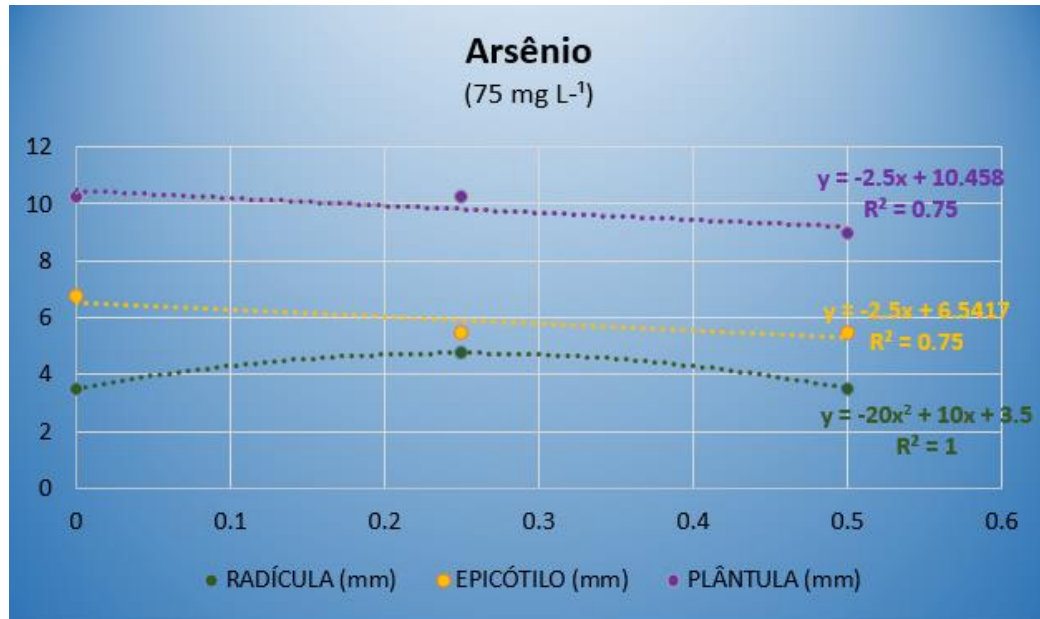


Figura 9 – Desenvolvimento de plântula na solução com Moringa Oleífera e Arsênio

Valores em mm de desenvolvimento das plântulas e concentração de Moringa oleífera em g L⁻¹ na vertical e horizontal respectivamente.

Constata-se que a cada ml de solução de moringa reduza 2,5 mm no desenvolvimento de plântula e epicótilo, sendo 75% dessa redução em função do aumento da concentração. Na variável tamanho de radícula houve o desenvolvimento de 4.75 mm quando utilizado a concentração de 0.25 g L⁻¹ sendo 100% desse desenvolvimento em função da concentração utilizada.

Houve diferença significativa no desenvolvimento de plântula quanto a interação entre a solução de metais pesados e a solução do extrato de Moringa

oleífera apresentando um comportamento quadrático para as três variáveis analisadas como segue na **Figura 10**.

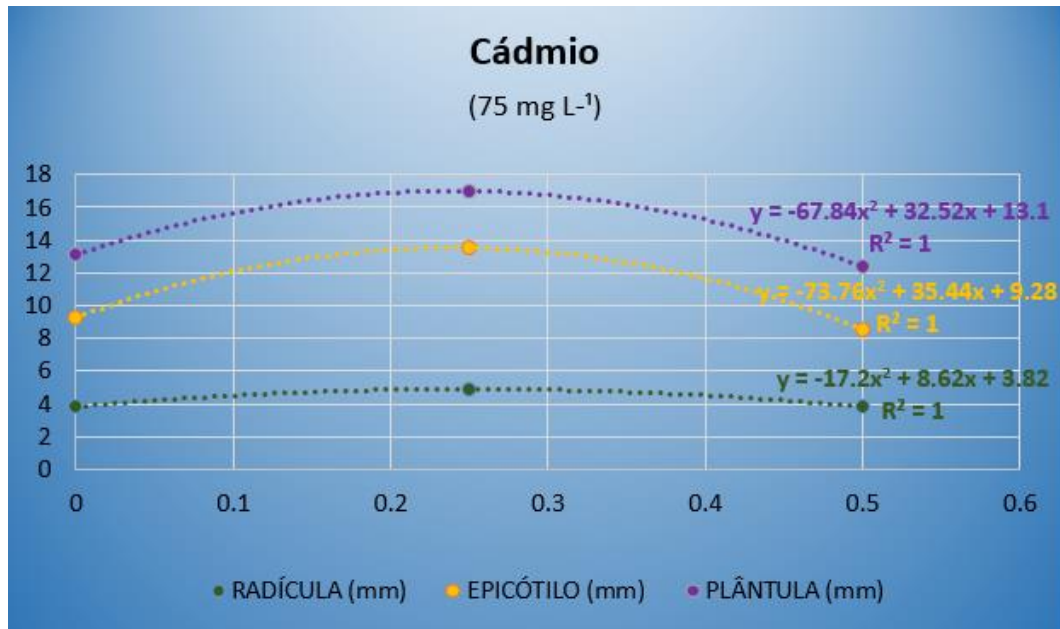


Figura 10 - Desenvolvimento de plântula na solução com Moringa Oleífera e Cádmio

Valores em mm de desenvolvimento das plântulas e concentração de Moringa oleífera em g L⁻¹ na vertical e horizontal respectivamente.

Para todas as variáveis, a dosagem 0,25 g L⁻¹ apresenta o maior desenvolvimento em relação as demais dosagens. Assim o tamanho de plântula, apresentou 16,99 mm de desenvolvimento enquanto a dosagem testemunha e 0,5 g L⁻¹ apresentou valores abaixo de 13,1 mm de desenvolvimento. A variável tamanho de radícula apresentou 4,9 mm e a variável tamanho do epicótilo apresentou 13,53 mm de desenvolvimento na presença da dosagem 0,25 g L⁻¹.

Em todas as variáveis, 100% do aumento de desenvolvimento da plântula foi em função da utilização do extrato de Moringa oleífera na dosagem 0,25 g L⁻¹.

Houve diferença significativa quadrática no desenvolvimento de plântula para o metal chumbo como demonstra a **Figura 11**. Diferentemente dos outros metais analisados, o chumbo apresentou um efeito inverso para a dosagem 0,25 g L⁻¹, sendo esta a dosagem de Moringa oleífera a que apresentou o menor desenvolvimento para as três variáveis analisadas.

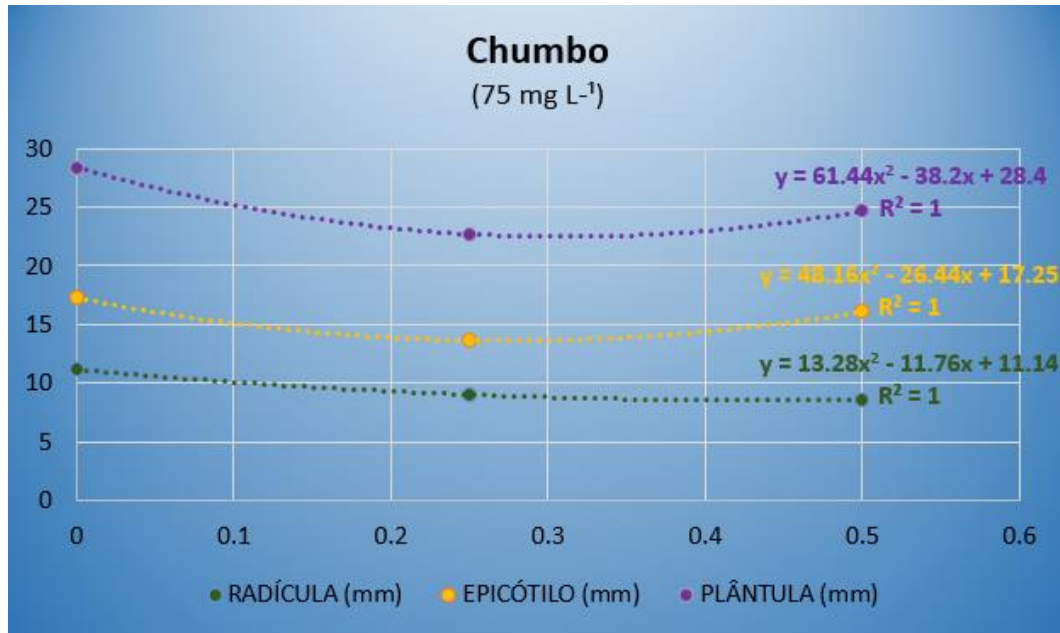


Figura 11 - Desenvolvimento de plântula na solução com *Moringa oleífera* e Chumbo

Valores em mm de desenvolvimento das plântulas e concentração de *Moringa oleífera* em g L⁻¹ na vertical e horizontal respectivamente.

No tamanho de plântula a dosagem de 0,25 g L⁻¹ apresentou 22,69 mm enquanto a testemunha apresentou 28,4 mm de desenvolvimento. A menor diferença entre as dosagens foi constatada na variável tamanho de radícula com 9,03 mm de desenvolvimento enquanto a testemunha apresentou 11.14 mm.

Constata-se que 100% das variações no desenvolvimento de plântula para todas as variáveis analisadas foi em função da presença do extrato de *Moringa oleífera*.

Lima e Merson (2011) afirmam que para descontaminação de metais pesados, aumentam-se o pH da solução, propiciando a formação de hidróxido insolúvel. Essa característica pode ser notada na concentração 0,25 g L⁻¹ que obteve um pH mais alcalino em relação as demais.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve diferença significativa entre os tratamentos na interferência dos metais pesados e do extrato de *Moringa oleífera* na germinação da alface quanto o desenvolvimento de plântula, radícula, epicótilo e massa fresca.

Quanto maior a concentração do extrato de *Moringa oleífera*, menor o pH da solução.

A solução de *Moringa oleífera* apresenta forte fitotoxicidade em dosagens a partir de $0,5 \text{ g L}^{-1}$ no desenvolvimento de plântulas e no processo germinativo.

Houve diferença significativa entre os tratamentos do extrato de *Moringa oleífera* Lam. no desenvolvimento de plântula para os metais Arsênio e Cádmiio, constatando a diminuição do efeito toxicológico à 30% de mistura de solução do extrato, para a concentração $0,25 \text{ g L}^{-1}$.

Sugere-se outro estudo com a variação da proporção entre metal e extrato de moringa, bem como o estudo das reações envolvidas no processo de inibição de toxicologia dos metais.

8 REFERÊNCIAS

AARESTRUP, Juliana Roriz, et al. Análise comparativa da sensibilidade de sementes de lactuca sativa L. E. *Lycopersicon esculentum* mill. Submetidas aos tratamentos com plantas medicinais. **Revista de Biologia e Farmácia**. Paraíba. v. 9, n. 4. Disponível em

<http://sites.uepb.edu.br/biofar/download/v9n42013/AN%C3%81LISE%20COMPARATIVA%20DA%20SENSIBILIDADE%20DE%20SEMENTES%20DE%20Lactuca%20sativa%20L.%20E%20Lycopersicon%20esculentum%20Mill.%20SUBMETIDAS%20AOS%20TRATAMENTOS%20COM%20PLANTAS%20MEDICINAIS.pdf>. Acesso em Setembro 2017.

ARANTES, Camila C.; ribeiro Tulio A. P; PATERNIA, José E. S. Processamento de sementes de Moringa Oleífera utilizando diferentes equipamentos para obtenção da solução coagulante – **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. v.16, n.6, p.661–666, 2012. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000600011. Acesso em Setembro 2017.

ARAUJO, Cleide S. T.; MELO, Edimar I.; ALVES, Vanessa N.; COELHO, Nívia M. M; Moringa oleífera Lam. Seeds as a Natural Solid Adsorbent for Removal of Ag in Aqueous Solutions. **Jornal Sociedade Brasileira de Química**. Uberlândia MG, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532010000900019. Acesso em Setembro 2017.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente - RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em Outubro 2017.

BRITO, Núbia Natalia et al. Ensaio toxicológicos com sementes para avaliação de tratamento do choro por filtração lenta e fotocatalise. **Holos Environment**. v 10. n 2. Disponível em <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/2469/3656>. Acesso em Setembro 2017.

CARPINSKI, Marinez; SANTOS, Reginaldo Ferreira; ROSA, Elton Aparecido; BASSEGIO, Douglas; SILVEIRA, Lucas da; TOMASSONI, Fabíola. Sensibilidade da alface americana (*Lactuca sativa*) sob nível freático. **Acta Iguazu**. v 2. n.4. Cascavel-PR, 2013. Disponível em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/8972/6574>. Acesso em Setembro 2017.

COELHO, José Hideraldo. **Regulamentação de insumos agrícolas fertilizantes orgânicos, condicionadores de solo e substratos. Coordenação de fertilizantes, inoculantes e corretivos** – MAPA. Brasília, 2007.

CONTIJO, Bernardo; BITTENCOURT, Flávia. **Arsênio uma Revisão Histórica**. Anais Brasileiros de Dermatologia. Minas Gerais. Outubro 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/abd/v80n1/v80n01a14.pdf>. Acesso em Outubro 2017.

COSTA, G. H. G.; FREITAS, C. M.; MENDES, F. Q.; MUTTON, M. J. R. Extrato de sementes de Moringa como floculante de caldo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Acesso em Outubro 2017.

FERREIRA, F. A. **Sistema SISVAR para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras 2000. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em 03 de abril de 2017. Acesso em Outubro 2017.

FRANCO, Monalisa. **Remoção de metais pesados da água por filtração lenta em não tecidos com auxílio de coagulante extraído de sementes de Moringa oleífera**. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola. UNICAMP. Campinas, 2015.

Disponível em

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256753/1/Franco_Monalisa_D.pdf.

HENRIQUES, A. B e PORTO, M. F. S. A insustentável leveza do alumínio. **Ciência Saúde Coletiva** vol.18 nº 11 Rio de Janeiro Novembro de 2013. Disponível em <https://saudeglobal.org/2013/11/22/a-insustentavel-leveza-do-aluminio-impactos-socioambientais-da-insercao-do-brasil-no-mercado-mundial-de-aluminio-primario/>.

Acesso em Outubro 2017.

HENS, Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. **Tipos de alfaces cultivados no Brasil**. Comunicado Técnico 75. Brasília, DF. Novembro 2019. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf> Acesso em Outubro 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em Outubro 2017.

Instituto Eco Faxina – **Contaminação da Amazônia por petróleo**. Disponível em <http://www.institutoecofaxina.org.br/2013/03/depois-de-fechar-os-olhos-por-decadas-peru-declara-estado-de-emergencia-devido-a-contaminacao-por-petroleo-na-amazonia.html>. Acesso em julho de 2018.

JESUS, Abel Ribeiro de; MARQUES, Nikolas da Silva; SALVI, Emille Jeane Novais Ribeiro; TUYUTY, Pamella Luiza Melo; PEREIRA, Samanta Andrade. **Dossiê Técnico Cultivo da Moringa Oleífera- Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**.

Julho2013. Disponível em <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc2ODU=>. Acesso em setembro de 2017.

JIMENEZ, RS; BOSCO, SMD; CARVALHO, WA. Remoção De Metais Pesados De Efluentes Aquosos Pela Zeólita Natural Escolocita–Influência Da Temperatura E Do Ph Na Adsorção Em Sistemas Monoelementares. **Química Nova**, Vol. 27, No. 5, 734-738, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v27n5/a11v27n5.pdf>. Acesso em setembro de 2017.

LIMA, Niedja Maria. **Aplicação da Moringa Oleífera no tratamento de agua com turbidez**. Dissertação de mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Universidade Católica de Pernambuco. Fevereiro de 2015. Acesso em setembro de 2017.

LIMA, Verônica Ferreira; MERSON, Fábio. Metais pesados no ensino de Química. **Química Nova na Escola**. Vol. 33, N° 4. Novembro de 2011. Disponível em <http://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/199-CCD-7510.pdf> Acesso em setembro de 2017.

MARTIN, J.Sanches; HEREDIA, J. Beltrán; PERES, J. A. **Improvement of the flocculation process in whater treatment by using Moringa Oeifera seeds extract**. Brazilian Journal os Chemical Engineering. Setembro 2012. Acesso em setembro de 2017.

MATOS, Antônio T. et al. Efeito da concentração de coagulação e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.27. n.2. Jaboticabal –SP. Maio/Agosto 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162007000300025&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em setembro de 2017.

MOREIRA, F.R. e MOREIRA, J.C. **Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde.** Rev Panam Salud Publica. 2004;15(2):119–29. Disponível em <https://www.scielo.org/pdf/rpsp/2004.v15n2/119-129>. Acesso em setembro de 2017.

NETO, Roberto Franco do Amaral. **Efeito dos metais pesados na saúde humana.** Roberto Franco do Amaral. Abril 2015. Disponível em <http://www.robertofrancodoamaral.com.br/blog/efeitos-dos-metais-pesados-na-saude-humana/>. Acesso em setembro de 2017.

PITELLI, Angélica Maria Machado. **Controle hormonal do crescimento de raízes de tomateiro (Lycopersicon esculentum cv Micro-Tom) em condições de déficit hídrico.** Dissertação em agronomia. USP Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba-SP 2006. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-05042006-163611/pt-br.php>. Acesso em setembro de 2017.

POLLETI, Elaine Cristina Catapani et al. Análise de sensibilidade e de efeitos toxicológicos da aplicação de lodo de esgoto em sementes. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais.** v. 8, n. 2. Janeiro 2017. Disponível em <http://sustenere.co/journals/index.php/rica/article/view/1510>. Acesso em setembro de 2017.

ROCHA, Adriano Ferreira. **“Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?”.** Monografia em Ciência da nutrição. Universidade do Porto. 2009. Disponível em https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/54676/4/127311_0925TCD25.pdf. Acesso em setembro de 2017.

RODRIGUES, A. S. L. E MALAFAIA, G. - **Efeitos da Exposição ao Arsênio na Saúde Humana. Revista Saúde.** 2008; 4(2): 148-159. Disponível em <http://www.uesb.br/revista/rsc/v4/v4n2a06.pdf> . Acessado em 01/12/2017.

SAMPAIO, Antonio Carlos Silva. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da bacia do alto Paraguai.** UFMS. Dissertação em Saneamento Ambiental e Recursos hídricos do Programa de pós-graduação em tecnologias ambientais. Campo Grande. Dezembro de 2003. Disponível em: <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/33>. Acesso em setembro de 2017.

SILVA, JLBC, Pequeno OTBL, Rocha LKS, Araújo ECO, Maciel TAR, Barros AJM. Biossorção de metais pesados: uma revisão. **Revista Saúde e Ciência Online**, 2014: Dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.ufcg.edu.br/revistasaudeeciencia/index.php/RSCUF CG/article/view/180/17>. Acessado em 05/10/2017. Acesso em setembro de 2017.

SILVA, Roberta Pereira da. **Remoção de metais pesados em efluentes sintéticos utilizando vermiculita como adsorvente.** Tese de doutorado em ciência e engenharia de materiais. UFRN. Agosto 2010. Disponível em https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12767/1/RobertaPS_TESE.pdf. Acesso em setembro de 2017.

TSUHAKO, Vanessa Provenzano. **Irradiação de alface (Lactuca sativa, L): aspectos microbiológicos e sensoriais.** Dissertação em Bromatologia. USP. São Paulo, 2005. Disponível em http://www.teses.usp.br/teses/.../VANESSA_PROVENZANO_TSUHAKO_MESTRAD O.pdf. Acesso em setembro de 2017.

ZENDRON, Dr^a Raquel. **Mecanismos de neurotoxicidade e doenças neurológicas relacionadas à intoxicação por metais pesados.** Revista Brasileira de Nutrição Funcional. Ano. 15. n.64 2015. Acesso em setembro de 2018.