UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos EM SUBSTRATO CONTAMINADO POR CHUMBO

EVELYN JAILANE DOS SANTOS BARBOSA

BANANEIRAS-PB
2023

EVELYN JAILANE DOS SANTOS BARBOSA

DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos EM SUBSTRATO CONTAMINADO POR CHUMBO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Agroecologia, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharela em Agroecologia.

Orientadora: Dra. Silvânia Maria de Souza Gomes Nascimento.
Coorientadora: Dra. Gilvaneide Alves de Azeredo.

BANANEIRAS-PB
2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B238d Barbosa, Evelyn Jailane Dos Santos.
Desenvolvimento de plântulas de Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) mattos em substrato contaminado por chumbo / Evelyn Jailane Dos Santos Barbosa. - Bananeiras, 2023.
37 f.

Orientação: Silvânia Maria de Souza Gomes Nascimento.
Coorientação: Gilvaneide Alves de Azeredo.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCHSA.

1. Biometria. 2. Germinação. 3. Ipê-roxo. 4. Metal Pesado. I. Nascimento, Silvânia Maria de Souza Gomes. II. Azeredo, Gilvaneide Alves de. III. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS CDU 633

Elaborado por FRANCISCA EMANOELA GUIMARÃES RIBEIRO - CRB-965/15

BANANEIRAS-PB

2023

DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos EM SUBSTRATO CONTAMINADO POR CHUMBO

Data da defesa: 06/06/2023.

Prof.ª Dr.ª Silvânia Maria de Souza Gomes Nascimento – DA/CCHSA/UFPB
Orientadora

Prof.ª Dr.ª Izabela Souza Lopes Rangel – DA/CCHSA/UFPB
Examinadora

Prof.ª. Dr.ª Gilvaneide Alves de Azeredo – DA/CCHSA/UFPB
Examinadora

Bananeiras - PB
2023

Aos meus avós maternos Sebastiana Laurentina e Lucas Batista (*In memoriam),* aos meus avós paternos Ana Maria e Bianor Barbosa, aos meus pais Edilma Maria e José Segundo e a minha madrinha Marluce.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e a minha madrinha Marluce que sempre me apoiaram para alcançar meus objetivos.

Aos meus avós que a cada visita no ano sempre me animavam e motivavam a seguir meus sonhos.

A minha irmã que sempre me apoiou e me ajuda a procurar as melhores formas de alcançar meus objetivos.

Aos meus amigos e companheiros do curso de agroecologia mais antigos, Wedson Allef, Giovana Kelly, Cynthia Avelar, Ítalo Dutra, Leticia Andrade e aos que chegaram para agregar Rodrigo Della e Maria Aparecida. Vocês me ensinaram e me impulsionaram a buscar meus sonhos. Sou grata por sempre me motivarem e acolherem com carinho nos momentos mais difíceis dessa trajetória.

A minha orientadora Prof. Silvânia que me ajudou e guiou nessa etapa tão importante da minha vida acadêmica, com ensino, incentivo, conselho e acreditou no meu potencial para realização deste trabalho e dos meus sonhos.

As professoras Gilvaneide Azeredo e Izabela Rangel que aceitaram participar desse momento como banca e me ensinaram, aconselharam como me aprimorar.

Ao meu grupo de pesquisa João Barreto e Konn Malik que estavam comigo em todos os momentos trabalhando no projeto e proporcionando momentos de aprendizado e diversão.

As alunas Maria das Graças e Sara Beatriz por colaborarem com parte do material ao qual utilizei para realização dessa pesquisa.

A instituição Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Pró-reitora de Pesquisa (PROPESQ) por fornecer a bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.

BARBOSA, E.J.S. **DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos EM SUBSTRATO CONTAMINADO POR CHUMBO.** Bananeiras, Paraíba. 2023. Monografia (Bacharel em Agroecologia). Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

RESUMO

Algumas espécies florestais podem ter a capacidade de se desenvolver, mesmo que de forma limitada em solos contaminados, sendo uma alternativa para problemas atuais de metais pesados no solo. O objetivo do trabalho foi analisar o crescimento do *Handroanthus Impetiginosus* através de medições biométricas e dos efeitos do metal chumbo na germinação das sementes oriundas de duas localidades do Brejo Paraibano. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado utilizando sementes de ipê-roxo de duas localidades (Solânea e Bananeiras) da microrregião do Brejo Paraibano, submetidas a 4 concentrações (0; 70; 110 e 180 mg L-1), utilizando o Nitrato de Chumbo (Pb (NO3)2) com 8 repetições cada. Determinou-se o percentual de germinação, medidas biométricas (comprimento da raiz, do hipocótilo, da plântula completa e o diâmetro do colo) e massa fresca e seca da plântula. A localidade 1 apresentou maior percentual de germinação e aumento nas medidas biométricas na dose de 70 (mg. L^{-1}). A localidade 2 apresentou maior germinação e medidas biométricas no controle e mostrou declínio com o aumento da concentração. A germinação de sementes de ipê-roxo não apresentou toxicidade pelo chumbo, mas a plântula de ipê, mediante as variáveis morfométricas avaliadas, foi sensível ao chumbo, principalmente em altas concentrações.

Palavras-Chave: Biometria, Germinação, Ipê-roxo, Metal Pesado.

ABSTRACT

Some forest tree species can develop even in a limited way in contaminated soils providing an alternative solution to the current problems of heavy metals in soil. This study aims to analyze the growth of *Handroanthus Impetiginosus* using biometric measurements and to evaluate the effects of lead metal on the seed germination sourced from two locations of Brejo Paraibano. The experimental design used in this study was a completely randomized design, utilizing seeds of the purple Ipe tree sourced from two locations (Solânea and Bananeiras) of Brejo Paraibano. The seeds were submitted to four different concentrations (0, 70, 110, and 180 mg L^{-1}) of lead nitrate solution (Pb (NO3)2), repeating each one eight times. The research measured germination percentage, and biometric features such as root length, hypocotyl length, complete seedling length, collar diameter, and seedling fresh and dry mass. Locality 1 showed higher germination percentage and increase in biometric measurements at the dose of 70 (mg. L^{-1}). Locality 2 showed higher germination and biometric measurements in the control and showed decline with increasing concentration. The germination of seeds of ipê-roxo did not show toxicity by lead, but the seedling of ipe, through the morphometric variables evaluated, was sensitive to lead, mainly in high concentrations.

Keywords: Biometry, Germination, Purple Ipe, Heavy Metal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regressão de percentual de germinação de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....22
Figura 2. Semente de *Handroanthus Impetiginosus* no 21º dia após a semeadura com letras representativas para a: Plântula normal; b: Plântula anormal; c: Semente morta e d: Plântula morta com aparição de mofo.....23
Figura 3. Regressão de medidas paramétricas de raiz (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....25
Figura 4. Regressão de medidas paramétricas de hipocótilo (cm) de acordo com a concentração do chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....26
Figura 5. Regressão do comprimento da plântula (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....28
Figura 6. Regressão do diâmetro do colo (mm) da plântula de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios referente a porcentagem de germinação de sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....21

Tabela 2. Percentagem de plântulas de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....23

Tabela 3. Valores médios de medidas paramétricas de raiz (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....24

Tabela 4. Valores médios de medidas paramétricas de hipocótilo (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.....26

Tabela 5. Valores médios de medidas paramétricas de plântula (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano. 27

Tabela 6. Valores médios de medidas paramétricas de diâmetro de colo (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano. 28

Tabela 7. Valores médios referente a massa de matéria fresca e matéria seca em plântulas de ipê-roxo submetidas a substrato contaminado por chumbo em diferentes localidades. 30

LISTA DE ABREVIATURAS

Cd - Cádmio

Cu – Cobre

CCHSA – Centro de ciências humanas, sociais e agrárias

DAS - Dias após a semeadura

L1 - Localidade 1

L2 - Localidade 2

mg/L - Miligramas por Litro.

Mm – milímetro

MF - Matéria Fresca

MS - Matéria Seca

Mn – Manganês

Ni - Níquel

Pb - chumbo

Se – Selênio

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

Zn - Zinco

1. INTRODUÇÃO 12
2. REFERENCIAL TEÓRICO 14
2.1 Ipê-Roxo 14
2.2 Fitorremediação 14
2.3 Chumbo e seus efeitos no solo/planta 15
2.4 Germinação de sementes 17
3. MATERIAL E MÉTODOS 19
3.1 Localização 19
3.2 Condução do Experimento 19
3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística 20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 21
5. CONCLUSÕES 31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 32

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a contaminação por metais, principalmente o Pb, tem crescido no ambiente devido seu uso em produções como pilhas e baterias. O metal pesado tem como característica principal o peso específico maior do que 6 g cm-3 ou número atômico maior do que 20. Também definido como metal pesado todo e qualquer elemento tóxico às plantas e os seres vivos (TAVARES, 2013).

O chumbo é considerado um metal pesado tóxico, com peso atômico entre 207,2 na tabela periódica. É um metal facilmente absorvido pelas plantas do solo e ~~a~~cumulado em diferentes partes, com ação lenta e sutil (SHARMA; DUBEY, 2005). Apesar de existir a resolução conama nº 401 que estipule limites de peso de chumbo em pilhas e baterias, estes valores ainda são questionáveis, uma vez que o setor produtivo continua a contaminar o meio ambiente, principalmente, o solo cuja contaminação é extremamente nociva por serem facilmente degradados tornando, assim, um agravante problema de poluição, ao longo do tempo (OLIVEIRA et al., 2010; SOUZA; KONRAD; GONÇALVES, 2016).

Os efeitos fitotóxicos do Pb são mais evidentes tanto no crescimento inicial da raiz como na germinação, ocorrendo diminuição do crescimento radicular (PEREIRAS et al., 2013). Entretanto existem espécies desde gramíneas à florestais que são capazes de germinar normalmente em condições de estresse de metal pesado tendo importância na fitorremediação a qual emprega plantas com o objetivo de remover, transferir, estabilizar ou destruir elementos nocivos, evidenciando altos potenciais da utilização dessa técnica em áreas contaminadas por metais pesados (SOUZA; KONRAD; GONÇALVES, 2016).

O Ipê Roxo (*Handroanthus Impetiginosus)* é uma espécie que chega a 20-35 m de altura e tronco com 60-80 cm de diâmetro e seus frutos são siliqua que contêm sementes aladas, próprias para a dispersão pelo vento (IBF, 2020). É uma planta utilizada na recuperação de ecossistemas florestais e de paisagismo, e em reflorestamento. E ainda possuem potencial de fitorremediação para o solo e corpos hídricos (SCHWARZ et al., 2012).

. Acredita-se que o uso de plantas com capacidade de tolerar e simultaneamente extrair e/ou degradar determinados compostos (fitorremediação)

pode ser uma alternativa adequada contra a poluição em áreas contaminadas (NASCIMENTO et al., 2016).

O crescimento inicial da radicela e plúmula é um indicador importante da tolerância da semente ao estresse pelo metal pesado. Como também as medições biométricas que contribuem para o entendimento das características das plantas e seu crescimento e na determinação da sua saúde, seu ciclo de vida e seu potencial de produtividade.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi analisar o crescimento do *Handroanthus Impetiginosus* através de medições biométricas e dos efeitos do metal chumbo na germinação das sementes oriundas de duas localidades do Brejo Paraibano.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ipê-Roxo

*Handroanthus impetiginosu*s (Mart. ex DC.) Mattos é uma arbórea nativa brasileira que pertence à família Bignoniaceae e tem como nome popular ipê-roxo ou pau-d'arco. É uma árvore caducifólia que pode atingir até 35 m de altura, suas flores variam de roxo a rosa, com 5 a 8 cm de comprimento, reunidas em tirso curto multifloral. Seu fruto é um siliqua e possui sementes aladas, próprias para dispersão pelo vento (CARVALHO, 2003).

O ipê-roxo é conhecido por sua floração tendo domínio sobre a copa das árvores se tornando uma paisagem de grande beleza. Estende-se nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pantanal, Pampas e Mata Atlântica, a exemplo dos brejos de altitude. Esta espécie foi intensamente explorada nas regiões de sua ocorrência natural, restando poucas árvores isoladas. Sendo importante a utilização de sementes de *Handroanthus impetiginosus*, visto que sua propagação se dá prioritariamente por via sexuada (GEMAQUE; DAVIDE; FARIA, 2002).

O ipê é utilizado na indústria madeireira e tem como principal propriedade a sua dureza, sendo uma das madeiras mais densas do mercado. O ipê é considerado uma madeira nobre e é usada em projetos que exigem alta resistência e durabilidade. Esse é o material ideal na estrutura de obras, em ambientes externos e até mesmo em pequenos detalhes decorativos. Pontes, vigas, esquadrias, pisos, escadas, móveis, peças e instrumentos musicais (CEDRO MADEIREIRA, 2020).

É uma planta utilizada na recuperação de ecossistemas florestais e de paisagismo, e em reflorestamento. E ainda possuem potencial de fitorremediação para o solo e corpos hídricos (SCHWARZ et al., 2012).

2.2 Fitorremediação

A fitorremediação é um método *in situ* que utiliza plantas ou microrganismos com finalidade segundo Cunningham et al., (1996) de absorver, sequestrar e/ou degradar o contaminante, direta ou indiretamente. Para metais pesados no solo o mecanismo mais utilizado é a fitoextração ou fitoacumulação que, de acordo com

Anselmo e Jones (2005), ao citar Mcgrath (1998) é a absorção do metal contaminante pelas raízes das plantas para o tronco e as folhas, sendo aplicada principalmente para metais (Cd, Ni, Cu, Zn, Pb), podendo ser usada também para outros compostos inorgânicos (Se) e compostos orgânicos.

As respostas a solos tóxicos são individuais para cada espécie, dessa forma não se tem um tempo exato para que a planta se desenvolva, tornando incerto quando vai se obter os resultados de descontaminação de uma área. Apesar da fitorremediação ter como vantagem o baixo custo para implementação, tem como desvantagem o tempo. Segundo Tavares (2009) a fitoextração pode reduzir a concentração de contaminantes a níveis aceitáveis num período de 3 a 20 anos, sendo esse tempo relativo com o efeito em cada espécie. Em um estudo sobre o efeito do chumbo na função celular Seregin e Ivanov (2001) destaca que as respostas celulares ao Cd e ao Pb não são específicas e se assemelham às reações produzidas por vários outros metais pesados e/ou fatores de estresse como a salinidade. Essas respostas celulares ao metal pesado influenciam tanto no ciclo da planta e em como ela pode suportar a toxicidade quanto na viabilidade e germinação de sementes.

Diversos estudos apresentam espécies que possuem resistência e/ou tolerância a determinadas quantidades de metal pesado. O Pb não inibe o crescimento das plantas de *Canavalia ensiformis*, quando fornecido na forma de acetato até a dose de 1.000 µmol L^{-1}, não ocorrendo sintomas de fitotoxidade na parte aérea (ALMEIDA et al., 2008). Já plantas de *Echinodorus grandiflorus* são capazes de acumular chumbo em níveis acima dos considerados tóxicos, ficando o Pb alocado em suas raízes (RIBEIRO et al., 2015). As raízes além de absorver nutrientes e minerais do solo, tem como função o armazenamento, a sustentação e a aeração do mesmo, sendo impo rtante para manutenção da vida do solo (LIMA; LIMA; MELO, 2007).

2.3 O chumbo e seus efeitos no solo/planta

O chumbo é um metal macio, cinza prateado, que derrete a 327,5°C (WHO, 1995). Suas propriedades, como resistência à corrosão, densidade e baixo ponto de fusão, fazem dele um metal conhecido em tubos, soldas, pesos e baterias de armazenamento (ATSDR, 2020). Sua utilização pelas indústrias metalúrgicas se tornou o principal meio de deposição e contaminação do ambiente, mesmo que

exista a resolução Conama n° 401, de 4 de novembro de 2008 que estabelece limites máximos de chumbo para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado (CONAMA, 2008).

O acúmulo de Pb na superfície do solo é ecologicamente significante devido ao metal afetar a atividade biológica do solo e o aumento no teor deste elemento-traço pode afetar negativamente a atividade de enzimas presentes no solo e, consequentemente, acúmulo de material orgânico, principalmente os de difícil decomposição como celulose e lipídeos (MELO et al., 2021).

O chumbo é fortemente adsorvido à matéria orgânica, podendo ocasionar danos à microbiota presente. Os microrganismos do solo desempenham papel fundamental na gênese do solo e ainda atuam como reguladores de nutrientes, pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem dos elementos, atuando, portanto, como fonte e dreno de nutrientes para o crescimento das plantas (SILVEIRA; FREITAS, 2007). Quando esse balanço é rompido por um metal pesado e o ambiente começa a diferir pode ocorrer simples disfunções ou ser letal para os microorganismos e suas atividades. Em um estudo Andrade e Silveira (2004) concluiu que o Pb altera negativamente o Carbono da biomassa e a atividade da microbiota rizosférica, ocorrendo interação entre a presença de propágulos de fungo micorrízico arbuscular e o estádio de desenvolvimento da planta.

Na literatura Kabata-Pendias (2001) indicou que o alto pH do solo pode precipitar o Pb na forma de hidróxido, fosfato ou carbonato e promover a formação de complexos orgânicos de chumbo muito estáveis. Por exemplo, o Pb, cujas características geoquímicas são um pouco semelhantes ao grupo de metais alcalino-terrosos bivalentes, pode ter a capacidade de substituir o Potássio, Bário, Estrôncio e até mesmo o cálcio em minerais e locais de adsorção. No entanto, embora a acidez possa aumentar a solubilidade do Pb, esse movimento é geralmente mais lento do que o acúmulo em camadas de solo ricas em matéria orgânica.

Diversos estudos vêm mostrando como a concentração de chumbo ocasiona danos independente do estádio de desenvolvimento da planta. Segundo Moraes (2011) com a exposição ao PB houve a redução na viabilidade e no vigor das sementes de tomate, além de reduções no crescimento inicial das plântulas e no conteúdo de pigmentos fotossintéticos. Enquanto Santos, Zampieron e Zampieron

(2013) determinaram a presença de estrias esbranquiçadas, coloração amarelada e deformação da calêndula em suas inflorescências com o aumento de chumbo.

Um estudo realizado por Paiva (2003) relata que a presença de Pb em mudas de ipê-roxo provocou redução no teor de micronutrientes, independentemente da parte da planta, sendo que em mudas de ipê-roxo o Pb acumula-se, preferencialmente, nas raízes. Enquanto LIMA (2020) concluiu que o ipê-roxo pode ser uma ferramenta para a fitoestabilização e fitoextração, com potencial hiperacumulador para outros metais pesados de manganês e zinco. Dessa forma o uso de plantas podem ser uma abordagem sustentável, segura e não invasiva que pode ajudar a melhorar a qualidade do solo em áreas onde há contaminação por chumbo.

Os efeitos tóxicos podem ser observados além da inibição da germinação, eficiência fotossintética via indução de estresse oxidativo, degradação de clorofilas e de outras modificações nocivas ao aparelho fotossintético (SHARMA; DUBEY, 2005; BORGES et al., 2016).

Com o passar do tempo algumas espécies desenvolveram tolerância e capacidade de bioacumular metais pesados. As concentrações elevadas e/ou interação de mais de um tipo de íon metálico tem provocado alteração fisiológica que reflete diretamente na morfologia da planta, causando modificação do ritmo de crescimento e desenvolvimento das estruturas vegetativas. Apesar dos sintomas iniciais de fitotoxicidade, há espécies que pelo processo de aclimatação, estão conseguindo sobreviver e acumular quantidades expressivas de metais pesados (AMADO; CHAVES FILHO, 2015).

2.4 Germinação de sementes

A germinação de sementes ocorre pela junção do ambiente favorável e das características que a semente possui. Para esse processo, cada espécie requer condições específicas relativas à sua hidratação, aeração, temperatura e luminosidade (GOMES et al., 2016). A germinação é uma das fases mais importantes da semente, sendo um processo sensível ao metal pesado, como Pb, comparando com outros estágios do desenvolvimento da planta (KRANNER; COLVILLE 2011). A absorção durante o desenvolvimento germinativo varia de acordo com as diferenças na estrutura da semente e, quando o tegumento é rompido, o metal é rapidamente absorvido e acumulado nas regiões meristemáticas

das raízes e do hipocótilo, comprometendo o desenvolvimento vegetal (MORAES, 2011).

A germinação pode ser afetada negativamente, resultando em uma redução na taxa de germinação, crescimento das plântulas e/ou alterações morfológicas. Pereira et al. (2013) verificou que a presença de Pb altera os padrões de divisão celular induzindo a ocorrência de anormalidades cromossômicas em meristemas apicais de raízes de alface. Sendo os efeitos fitotóxicos do Pb são mais evidentes tanto no crescimento inicial da raiz como na germinação, ocorrendo diminuição do crescimento radicular promovida, em parte, pela redução nas divisões celulares da zona meristemática.

Em sementes e as plântulas de *Schinus terebinthifolius* foi observado os efeitos tóxicos do Pb sobre as sementes com a inibição do desenvolvimento germinativo e velocidade germinativa também reduzida significativamente. Entretanto, esses efeitos não foram elevados mesmo sendo exposta a concentrações maiores de Pb (SILVA, 2018).

Estudando outra variedade de ipê, Rocha (2013) conclui que a espécie *Handroanthus serratifolius* possui potencial para programas de fitorremediação de solos contaminados, germinando adequadamente em substratos contendo substâncias tóxicas. As sementes de algumas espécies florestais podem ter a capacidade de se desenvolver, mesmo que de forma limitada em solos contaminados, sendo uma alternativa para problemas atuais de metais pesados no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O referente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes pertencente ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias – CCHSA, da Universidade Federal da Paraíba, localizado no município de Bananeiras-PB.

As sementes de ipê-roxo foram provindas de duas localidades da microrregião do Brejo Paraibano: Solânea e Bananeiras. Inseridos na unidade geoambiental do Planalto da Borborema.

O clima da microrregião do Brejo Paraibano é classificado, segundo Köppen como As, sendo considerado clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno e maiores índices pluviométricos nos meses de maio a agosto (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

3.2 Condução do experimento

Os frutos foram coletados antes da deiscência, quando as síliquas apresentaram cor verde em transição para o preto. O beneficiamento para extração das sementes foi manual para retirada de impurezas como galhos, folhas, sementes malformadas ou danificadas. As mesmas foram armazenadas separadamente por localização em recipientes de polietileno em temperatura ambiente (23ºC /26ºC) do Laboratório de Sementes.

Foi realizada a contagem indireta das sementes de *Handroanthus impetiginosus*. Posteriormente foram previamente desinfetadas em solução de hipoclorito de sódio (NaClO 2,5%) por 10 minutos, lavadas com água destilada e depois semeadas em camada tripla de papel de germitest, sendo este embebido a 2,5 do peso na solução com quatro concentrações (0; 70; 110 e 180 (mg. L^{-1}), utilizando o sal Nitrato de Chumbo (Pb (NO3)2), definidas conforme valor de investigação agrícola de 180 mg. L^{-1} proposto pela Resolução nº 420 do CONAMA (2009).

As sementes foram semeadas e foi feito o formato de rolo com o papel, e colocadas por localidade em sacolas transparentes. Logo em seguida foram acondicionadas em dois geradores tipo BOD com condições controladas de luz por oito horas e temperatura de 25 ºC segundo metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

No 8 (DAS) iniciou a contagem de germinação e as aferições de raiz, hipocótilo, comprimento de plântula e diâmetro de colo foi no 21 (DAS) com o auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm). Para obter a matéria seca foi feito o método de estufa a 105°C ± 3ºC por 72h.

3.3 Delineamento Experimental e Análise estatística

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 4 x 2, cujos fatores relativos são as concentrações (0; 70; 110 e 180 mg. L^{-1}) de chumbo, em duas localidades do brejo paraibano com 8 repetições de 50 sementes cada.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey, com $P<0,05$ e pela análise de regressão, com $P<0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa computacional SISVAR® (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados pode-se observar que não houve efeito significativo da interação concentração x localidade, mas apenas para os efeitos isolados no parâmetro de germinação (Tabela 1).

Observou-se que a percentagem de germinação das sementes do ipê-roxo na localidade 1 (L1) de Solânea, apresentou um maior valor na dose inicial do metal chumbo (70 mg. L^{-1}) diminuindo nas maiores doses. O mesmo não se observou para a localidade 2 (L2) de Bananeiras. Entretanto a L2 mostrou maior percentual de germinação que a L1.

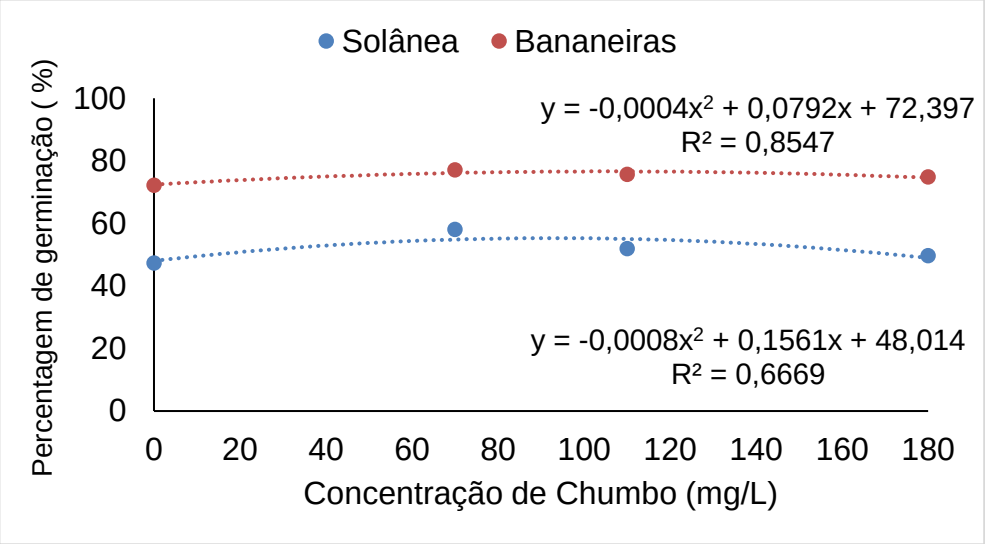
Tabela 1. Valores médios referente a porcentagem de germinação de sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.

Concentração (mg. L^{-1})	**Germinação (%)**	
	Solânea	**Bananeiras**
0	47.31 Bb	72,19 Aa
70	57,99 Ba	77,04 Aa
110	51,85 Bab	75,67 Aa
180	49.62 Bb	74,79 Aa
CV (%)	7.69	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha (localidade) e minúsculas na coluna (concentrações), diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

De acordo com Moraes (2011) o tegumento é considerado a principal barreira à entrada de chumbo nos tecidos internos, evitando a contaminação do embrião o que explicaria não ter afetado a germinação das sementes de ipê-roxo do presente trabalho. Na regressão é possível observar a curva da linha na concentração de 70 (mg. L^{-1}) para a Localidade 1 (Figura 1).

Figura 1. Regressão de percentual de germinação de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.



Pereira et. al (2013) também evidenciam em seu estudo, com sementes de *Lactuca sativa* L., que a germinação apresentou diminuição apenas nas maiores doses devido à proteção promovida pelo pericarpo e o tegumento da semente que restringiram a entrada de Pb em menores concentrações, porém com a exposição a maior concentração de Pb ocorreu o aumento da entrada desse metal nas sementes afetando o embrião e, consequentemente, diminuindo proporcionalmente o percentual de germinação.

As plântulas normais foram significativas nas concentrações de chumbo para localidade 1, enquanto apenas a dose zero foi significativa para localidade 2. Nas plântulas mortas ocorrem o contrário, mostrando o maior percentual de morte na dose zero para L1 e nas demais concentrações para L2. As plântulas anormais não apresentaram significância. Foram consideradas anormais aquelas que não tiveram desenvolvimento radicular adequado como as demais (Figura 2). As sementes e plântulas mortas foram descartadas durante as contagens de germinação devido a aparição de mofo. Segundo Auer (2001), em estudos com patologia de sementes de ipês revelaram uma grande quantidade de fungos associados às sementes. Incluindo vários gêneros de fungos patogênicos que podem reduzir a germinação das mudas e/ou afetar o desenvolvimento das plântulas, bem como causar sintomas na parte aérea de mudas e até a morte.

Tabela 2. Percentagem de plântulas de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.

Concentração (mg. L $^{-1}$)	Plântula Normal		Plântula Morta		Plântula Anormal	
	Solânea	Bananeiras	Solânea	Bananeiras	Solânea	Bananeiras
0	12,25 b	38,75 a	14,12 a	6,25 b	0,62 a	0,25 a
70	27,12 a	24,50 b	8,51 ab	22,37 a	0 a	0,12 a
110	26,5 a	24,87 b	4,62 b	21,75 a	0 a	0,12 a
180	21,37 a	17,62 b	7,62 ab	28,62 a	0 a	0 a

Médias seguidas de letras distintas na coluna (concentrações), diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

Figura 2. Semente de *Handroanthus Impetiginosus* no 21º dia após a semeadura com letras representativas para a: Plântula normal; b: Plântula anormal; c: Semente morta e d: Plântula morta com aparição de mofo.

Na biometria do comprimento de raiz podemos observar que o aumento da dose de chumbo proporcionou declínio gradual no comprimento (Figura 3). Onde a dose zero (mg. L^{-1}) entre as concentrações foi significativa para localidade 2 de Bananeiras. Na localidade 1 de Solânea a dose 70 (mg. L^{-1}) foi a significativa, reduzindo o comprimento, principalmente, na concentração de 180 (mg. L^{-1}). Além disso, podemos observar que na interação entre as localidades, a L2 de Bananeiras

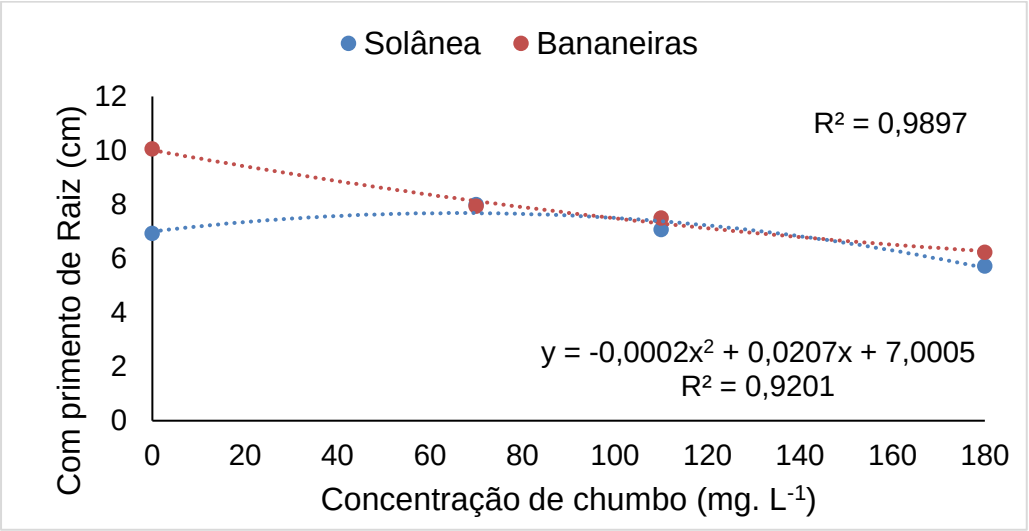
apresentou os maiores valores de comprimento da raiz comparado a L1, com diferença na dose zero de 31% e na dose 180 (mg. L^{-1}) de 8,5% com exceção na concentração de 70 (mg. $L^{-1)}$ onde obteve resultados iguais estatisticamente. (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de medidas paramétricas de raiz (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.

Concentração (mg. L^{-1})	**Comprimento de raiz (cm)**	
	Solânea	**Bananeiras**
0	6,93 Bb	10,05 Aa
70	7,99 Aa	7,93 Ab
110	7,06 Bb	7,49 Ac
180	5,72 Bc	6,23 Ad
CV (%)	19,5	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha (localidade) e minúsculas na coluna (concentrações), diferem entre si pela análise de regressão ($p<0,05$).

Figura 3. Regressão de medidas paramétricas de raiz (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.



É observado que o chumbo afeta mais o desenvolvimento da raiz que a própria germinação das sementes de ipê-roxo, resultado semelhante ao observado por Mahmoudi et al. (2021) em mudas de *Ocimum basilicum* L. estressadas com Zn, indicando que o alongamento da radícula é mais sensível ao excesso de Zn do que a germinação da semente.

A alteração morfológica mais proeminente causada pelo estresse por metais é a redução do crescimento das plantas (BARUAH et al., 2019). Elallem et al., (2022) observou que em *Origanum majorana* L. e *Peganum. harmala* L. no meio fornecido com Cd, Cu e Pb inibiu progressivamente o comprimento da raiz e do broto em comparação com o controle. Comportamento similar aos observados neste estudo, onde o comprimento da raiz foi afetado com o aumento da dose de chumbo, mostrando que o desenvolvimento do ipê-roxo é sensível aos efeitos nocivos desse metal.

Sharma e Dubey (2005) relatam que as raízes das plantas respondem rapidamente ao Pb absorvido, por meio de uma redução na taxa de crescimento e mudança no padrão de ramificação. A parada do crescimento resulta dos efeitos do metal na divisão e no alongamento celular (SEREGIN; IVANOV, 2001).

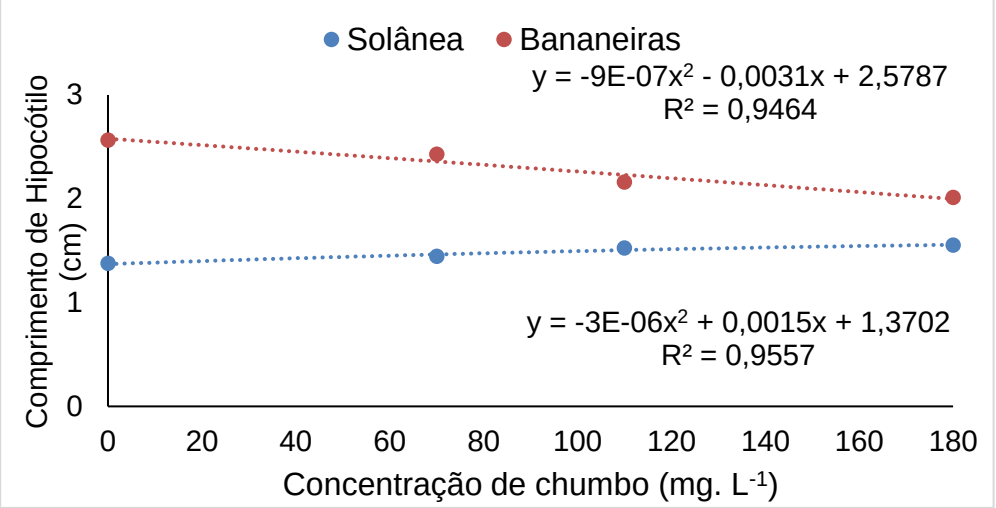
A medição do hipocótilo presentou resultado significativo nas concentrações apenas para localidade 2 de Bananeiras, enquanto para localidade 1 de Solânea o hipocótilo se desenvolveu estatisticamente igual em todas as concentrações, mostrando não ter sido afetada pelo metal mesmo na concentração de 180 (mg. L^{-1}) (Tabela 4). A L2 também foi mais significativa entre as localidades apresentando maior comprimento do hipocótilo (Figura 4).

Tabela 4. Valores médios de medidas paramétricas de hipocótilo (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.

Concentração (mg. L^{-1})	Comprimento de hipocótilo (cm)	
	Solânea	Bananeiras
0	1,37 Ba	2,56 Aa
70	1,44 Ba	2,42 Aa
110	1,52 Ba	2,16 Ab
180	1,55 Ba	2,01 Ab
CV (%)	28,92	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha (localidade) e minúsculas na coluna (concentrações), diferem entre si pela análise de regressão ($p<0,05$).

Figura 4. Regressão de medidas paramétricas de hipocótilo (cm) de acordo com a concentração do chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.



Não há relatos de estudos sobre a biometria do hipocótilo do ipê-roxo sob condições de estresse ao chumbo. O resultado do estudo mostra que a reação do hipocótilo ao metal Pb não apresenta um padrão, visto que a espécie apresenta resultados divergentes, sendo necessário mais estudos sobre os efeitos do metal Pb no hipocótilo.

No trabalho de Márquez-García et al. (2013) também foi observado que o hipocótilo em duas espécies foi afetado de maneira diferente nos metais Cu, Mn, Ni e Zn. Em *Atriplex halimus*, o hipocótilo foi reduzido nos metais Cu, Ni e Zn, porém o Mn não teve nenhum efeito sobre os hipocótilos. Já na espécie *Salicornia ramosissima*, o hipocótilo foi reduzido nos metais Cu, Mn, Ni e Zn não teve nenhum efeito sobre os hipocótilos. Enquanto a raiz das duas espécies apresentou diminuição comparado com o controle. Obtendo resultado similar a este trabalho onde as raízes foram mais afetadas do que os hipocótilos.

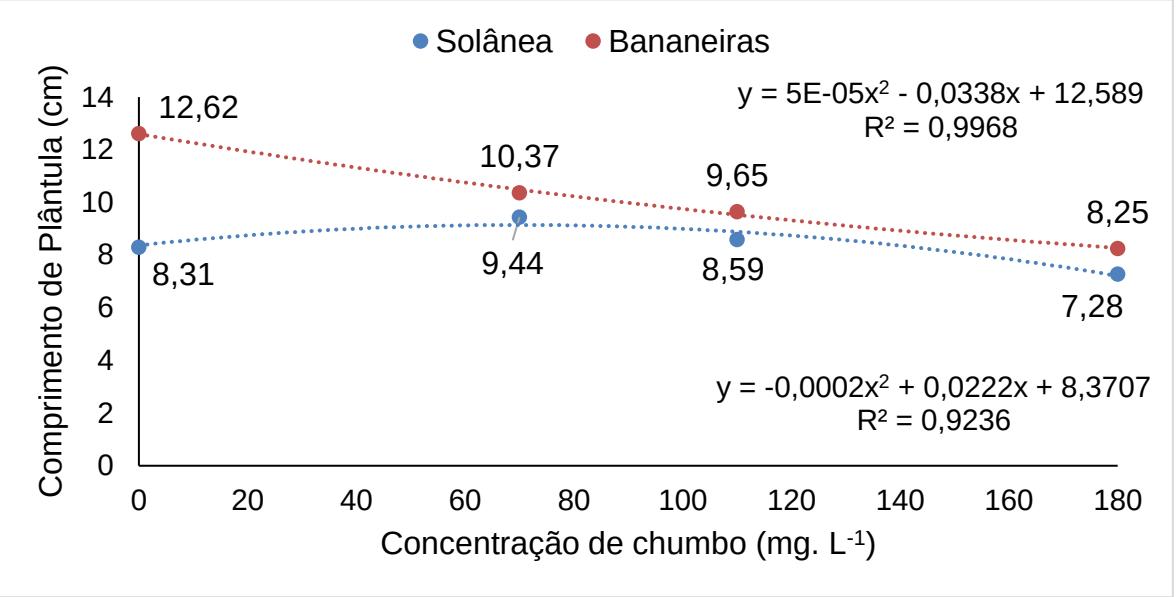
Quanto ao comprimento de plântula (Tabela 5) a localidade 1 de Solânea foi significativa para dose de 70 (mg. L^{-1}) e a localidade 2 para a dose zero (mg. L^{-1}). A localidade 2 se mostrou mais significativa no comprimento da plântula (Figura 5).

Tabela 5. Valores médios de medidas paramétricas de plântula (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.

Concentração (mg. L^{-1})	**Comprimento de plântula (cm)**	
	Solânea	**Bananeiras**
0	8,30 Bb	12,61 Aa
70	9,43 Ba	10,36 Ab
110	8,59 Bb	9,65 Ac
180	7,27 Bc	8,24 Ad
CV (%)	17,65	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha (localidade) e minúsculas na coluna (concentrações), diferem entre si pela análise de regressão ($p<0,05$).

Figura 5. Regressão do comprimento da plântula (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.



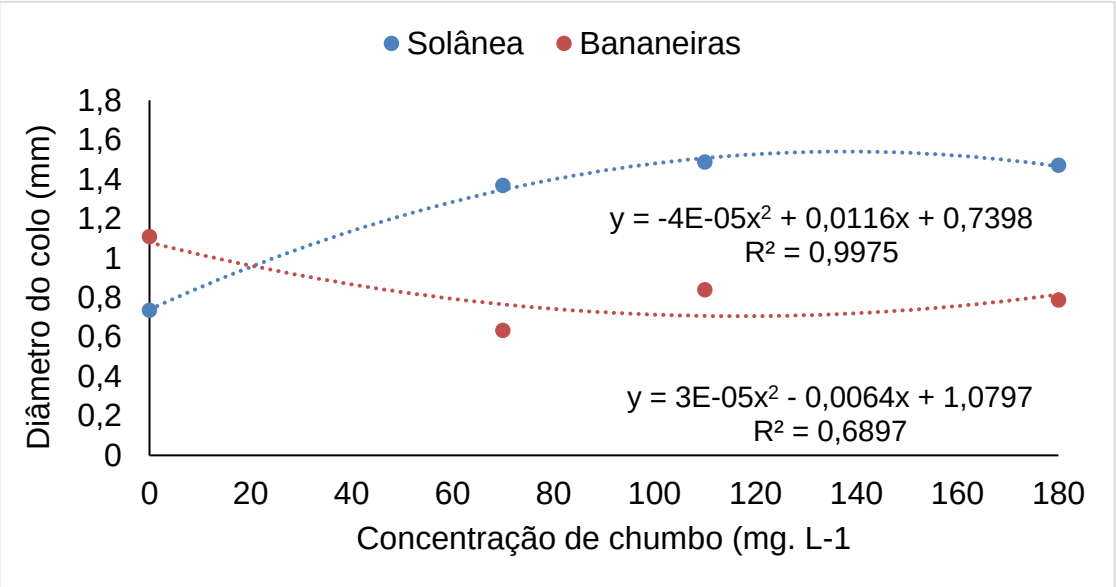
O diâmetro do colo apresentou resultados divergentes entre as localidades (Tabela 6), é possível observar que o L2 teve um declínio com o aumento das concentrações, sendo significativa na dose zero (mg. L $^{-1}$) e a L1 foi significativa nas duas maiores concentrações, tendo um aumento de diâmetro de colo de 50,6% na dose 110 (mg. L $^{-1}$) e de 50,3% na dose 180 (mg. L $^{-1}$) (Figura 6).

Tabela 6. Valores médios de medidas paramétricas de diâmetro de colo (cm) de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.

Concentração (mg. L^{-1})	**Diâmetro de colo (mm)**	
	Solânea	**Bananeiras**
0	0,73 Bc	1,10 Aa
70	1,36 Ab	0,63 Bc
110	1,48 Aa	0,83 Bb
180	1,47 Aa	0,78 Bb
CV (%)	23,24	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha (localidade) e minúsculas na coluna (concentrações), diferem entre si pela análise de regressão (p<0,05).

Figura 6. Regressão do diâmetro do colo (mm) da plântula de acordo com a concentração de chumbo em sementes de *Handroanthus Impetiginosus* submetidas a substrato contaminado por chumbo em duas localidades do Brejo Paraibano.



Apesar da redução na biometria, em todos os tratamentos com Pb as plântulas tinham aparência saudável, sem sinal nítido de toxicidade por chumbo, e o mesmo ocorreu em um estudo semelhante sobre a toxicidade do Pb^{2+} no crescimento de *Vigna unguiculata* (Kopittke et al.,2007).

Na matéria fresca e seca de plântulas da localidade 1 (Tabela 7) observou-se que as concentrações de chumbo foram superiores ao controle. Em relação a localidade 2 de Bananeiras constatou-se o inverso. A testemunha foi a que mais apresentou valor de massa fresca e seca, porém não diferiu da concentração de 70 (mg. L^{-1}) na massa seca.

Tabela 7. Valores médios referente a massa de matéria fresca e matéria seca em plântulas de ipê-roxo submetidas a substrato contaminado por chumbo em diferentes localidades.

Concentração (mg. L $^{-1}$)	Matéria Fresca (g)		Matéria Seca (g)	
	local 1	local 2	local 1	local 2
0	0.637 Bb	1.835 Aa	0.393 Bb	0.884 Aa
70	1.432 Aa	1.060 Bb	0.695 Aa	0.746 Aab
110	1.436 Aa	1.177 Ab	0.667 Aa	0.705 Ab
180	1.383 Aa	0.930 Bb	0.625 Aa	0.605 Ab
CV (%)	22.57		18.19	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha (localidade) e minúsculas na coluna (concentrações), diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

A localidade 1 de Solânea apresentou em todas medidas biométricas um aumento na dose de 70 (mg. L $^{-1}$) quando comparado ao controle, sendo esse aumento na raiz de 15,2%, no comprimento da plântula de 13,6% e o diâmetro obteve 50,6% na dose de 110 (mg. L $^{-}$1).

A localidade 2 apresentou declínio em todas as medições com o aumento da concentração, tendo maior redução na dosagem 180 (mg. L $^{-1}$) quando comparado ao controle, sendo na raiz 38%, no hipocótilo 21,4%, no comprimento da plântula de 34,6%, no diâmetro do colo 29%, entretanto o diâmetro teve maior redução na dosagem 70 (mg. L^{-1}) com 42,7%.

Conforme Seregin e Ivanov (2001) as reações diferentes resultam dos diversos mecanismos da planta, sendo que a assimilação e o transporte de metais pesados na planta diferem da sensibilidade da planta a esses metais. Contudo, ainda é necessário mais estudo para entender o desenvolvimento da espécie em estresse por chumbo, mas pode-se afirmar que mesmo sendo da mesma espécie cada indivíduo pode reagir de maneira diferente.

5. CONCLUSÕES

As sementes de ipê roxo foram indiferentes às concentrações de chumbo em relação a sua capacidade germinativa.

A plântula de ipê, mediante as variáveis morfométricas avaliadas, foi sensível ao chumbo, principalmente em altas concentrações, mas não deixou de se desenvolver mostrando potencial fitorremediador para o metal Chumbo.

Os efeitos do chumbo foram mais severos na variável comprimento de raiz.

As sementes oriundas da localidade 1, Solânea, mostraram-se tolerantes ao chumbo na concentração de 70 (mg. L^{-1}). Sendo necessários mais estudos sobre a espécie e seus mecanismos de reação aos metais pesados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. L. de; MARCOS, F. C. C.; SCHIAVINATO, M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; ABREU, M. F. de. Crescimento de feijão-de-porco na presença de chumbo. **Bragantia.** p. 569-576, 2008.

AMADO, S.; CHAVES FILHO, J. Fitorremediação: uma alternativa sustentável para remedição de solos contaminados por metais pesados. **Natureza Online**, v. 13, n. 4, p. 158-164, 2015.

ANDRADE, S. A. L. de; SILVEIRA, A. P. D. da. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 39, p. 1191-1198, 2004.

ANSELMO, A. L. F. JONES, C. M. Fitorremediação de Solos Contaminados – O Estado da Arte. **In: XXV ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO** p. 5273-5280, 2005.

ATSDR. 2020. Toxicological Profile for Lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponivel em https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf. Acesso em: 13 mai. 2023.

AUER, C. G. Doenças em Ipês: Identificação e controle. Embrapa Floresta. Colombo. 2001. 28p.

BARUAH, Nijara; MONDAL, Subham C.; FAROOQ, Muhammad; GOGOI, Nirmali. Influence of Heavy Metals on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat, Pea, and Tomato. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 230, n. 12, p. 230-273, 19 Nov. 2019.

BORGES, K. S. C. D'AVILA, R. C.; CAMPOS, M. L.; COELHO, C. M. M.; MIQUELLUTI, D. J.; GALVAN, N. D. S. Germination and initial development of

Brachiaria brizantha and *Brachiaria decumbens* on exposure to cadmium, lead and copper. **Journal of Seed Science**, v.38, n.4, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Colombo: Embrapa, 2003. 1039 p.

CEDRO MADEIREIRA. Tudo Sobre a Madeira Ipê - Características e Usos. 2020. Disponível em: <https://madeireiracedrotatui.com.br/blog/tipos-de-madeira/madeira-ipe-caracteristicas-usos/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução 401, 2008.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução 420, 2009.

CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, v. 56, p. 55-114, 1996.

ELALLEM, Khadija Ait *et al*. Germination Parameters and Responses of Antioxidant Enzymatic Activities of Two Medicinal Plants (*Peganum harmala* L. and *Origanum majorana* L.) Under Heavy Metal Stress. **Journal Of Soil Science and Plant Nutrition**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 3942-3957, 26 Jul. 2022. Springer Science and Business Media LLC.

FERREIRA, D.F. SISVAR® (Software estatístico): **Sistema de análise de variância para dados balanceados**, versão 5.6, Lavras: DEX/UFLA, 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba.** EDUFCG, Campina Grande-PB. 2017.

GEMAQUE, R. C. R.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Revista Cerne**. v. 8, n. 2, p. 84-91, 2002.

GOMES, D. R. **Qualidade fisiológica de diásporos, produção de mudas e desenvolvimento inicial a campo de balfourodendron riedelianum (engl.) engl**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

IBF, Instituto Brasileiro de Florestais. **Ipê-roxo**. 2020. Disponível em: https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/ipe-roxo. Acesso em: 12 fev. 2023.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001) **Trace Elements in Soils and Plants**. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, 403 p.

KOPITTKE, P. M.; ASHER, C. J.; KOPITTKE, R. A.; MENZIES, N. W. Toxic effects of Pb^{2+} on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 150, n. 2, p. 280-287, Nov. 2007.

KRANNER I; COLVILLE L. Metals and seeds: Biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. **Environmental and Experimental Botany,** v.72, p. 93-105, 2011.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. (ed.). O SOLO NO MEIO AMBIENTE: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

LIMA, J. O. **Plantas nativas do cerrado maranhense com potencial fitorremediador de solos contaminados por manganês e zinco**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) - Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

MAHMOUDI, H.; SALAH, I. B.; ZAOUALI, W.; ZORRIG, W.; SMAOUI, A.; ALI, T.; GRUBER, M.; OUERGHI, Z.; HOSNI, K. Impact of Zinc Excess on Germination,

Growth Parameters and Oxidative Stress of Sweet Basil (Ocimum basilicum L.). **Bulletin Of Environmental Contamination and Toxicology**, [S.L.], v. 106, n. 5, p. 899-907, 3 abr. 2021.

MÁRQUEZ-GARCÍA, B.; MÁRQUEZ, C.; SANJOSÉ, I.; NIEVA, F.J.J.; RODRÍGUEZ-RUBIO, P.; MUÑOZ-RODRÍGUEZ, A. F. The effects of heavy metals on germination and seedling characteristics in two halophyte species in Mediterranean marshes. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 70, n. 1-2, p. 119-124, maio 2013.

MCGRATH, S. P. **Phytoextraction for soil remediation**. In Brooks, R. R [Ed], Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals, CAB International, Wallingford, p.261, 1998.

MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; DIAN, P. H. M.; BRENNECKE, K.; CARVALHO, J. S. AVEIA PRETA (Avena strigosa, Schreb) CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO COM CHUMBO. Sustentabilidade e Meio Ambiente: rumos e estratégias para o futuro, [S.L.], p. 340-349, 4 out. 2021. Atena Editora.

MORAES, C. L. **Alterações bioquímicas, fisiológicas e ultraestruturais em sementes e plantas de tomate expostas ao chumbo.** Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Pelotas, 2011.

NASCIMENTO, S. M. S. G.; SOUZA, A. P.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; NASCIMENTO, J. J. V. R. Phytoextractos potential of cultivated species in industrial area contaminated by lead. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 40, p. 1-14, 2016.

OLIVEIRA, L. F. C.; CASTRO, M. L.; RODRIGUES, C.; BORGES, J. D. Isotermas de sorção de metais pesados em solos do cerrado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 7, n. 17, p. 776-782, 2010.

PAIVA, H. N. de; CARVALHO, J. G. de; SIQUEIRA, J. O.; FERNANDES, A. R.; MIRANDA, J. R. P. de. Influência de doses crescentes de chumbo sobre o teor e o

conteúdo de nutrientes e pb em mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 151-158, 2003.

PEREIRA, M. P.; PEREIRA, F. J.; RODRIGUES, L. C. de A. BARBOSA, S.; CASTRO, E. M. de. Fitotoxicidade do chumbo na germinação e crescimento inicial de alface em função da anatomia radicular e ciclo celular. **Revista AgroAmbiente**, v. 7, n. 1, p. 36-43, 2013.

ROCHA, K. J. da. **Germinação de ipê-amarelo (*handroanthus serratifolius* (vahl) s.o. grose) utilizando biossólido como componente de substrato**. Monografia (Especialização do Curso de Gestão Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

RIBEIRO, E. S.; PEREIRA, M. P.; CASTRO, E. M. de; BARONI, G. de R.; CORRÊA, F. F.; PEREIRA, F. J. Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em Echinodorus grandiflorus. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n. 6, p. 605-612, 2015.

SANTOS, T. J.; ZAMPIERON, S. L. M.; ZAMPIERON, J. V. Biomonitoramento do chumbo, via espectroscopia por energia dispersiva, em plantas medicinais. **Revista Agrogeoambiental**. v. 5, n. 1, p. 27-36, 2013.

SCHWARZ, M. L.; PIERRE, A.; SEVEGNANI, L. Children's representations of the biological richness of the Mata Atlântica biome. **Ciência & Educação**. v. 18, n. 1, p. 155-172, 2012.

SEREGIN, I. V.; IVANOV, V. B. Physiological Aspects of Cadmium and Lead Toxic Effectson Higher Plants. **Russian Journal Of Plant Physiology.** v. 48, n. 4, p. 523-544, 2001.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v.17, n.1, 2005.

SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.

SILVA, E.; GUILHERME, M. de F.; OLIVEIRA, H.; VIANA, Z.; SANTOS, V. L. Caracterização morfométrica e efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação de sementes de Schinus terebinthifolius Raddi. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 84, p. 1-7, 2018.

SOUZA, V. de; KONRAD, O.; GONÇALVES, J. A. Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. **Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. v. 13, n. 25, p. 249-276, 2016.

TAVARES, S. R. de L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. Tese (Doutorado do Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

TAVARES, S. R. de L. **Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: conceitos básicos e fundamentos**. Joinville: Clube de Autores, cap. 1, p. 15-47, 2013.

WILSON, P. C.; WHITWELL, T.; KLAINE, S. J. **Metalaxyl and simazine toxicity to and uptake by Typha latifolia**. Arch EnvironContam. Toxicol. v. 39, p. 282-288, 2000.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. IPCS. **Environmental health criteria 165 - inorganic lead.** Publish under the joint sponsorship of the United Nations Environment Program, the International Labour Organization, and the World Health Organization. 1995.