

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TATIANE CRISTOVAM FERREIRA

**ANÁLISE DO POTENCIAL FITOEXTRATOR DE MACRÓFITAS
AQUÁTICAS EM SOLUÇÃO DE ÓXIDO DE ARSÊNIO III (AS₂O₃)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

TATIANE CRISTOVAM FERREIRA

**ANÁLISE DO POTENCIAL FITOEXTRATOR DE MACROFITAS
AQUÁTICAS EM SOLUÇÃO DE ÓXIDO DE ARSÊNIO III (AS₂O₃)**

Trabalho de pesquisa apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2): do curso de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Dr^a Débora Cristina de Souza.

Co-orientadora: Dr^a Sonia Barbosa de Lima

CAMPO MOURÃO

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO POTENCIAL FITOEXTRATOR DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM SOLUÇÃO DE ÓXIDO DE ARSÊNIO III (As_2O_3)

por

TATIANE CRISTOVAM FERREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:30h na data do dia 07 de Outubro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Dra. Débora Cristina de Souza

Dra. Sonia Barbosa de Lima

Dra. Morgana Suszek Gonçalves

Dra. Raquel de Oliveira Bueno

AGRADECIMENTOS

É difícil agradecer todas as pessoas que fizeram ou fazem parte da minha vida, que mesmo em uma fração pequena foi peça chave para concretização desta etapa, e que tornou os momentos de angústia, mais leve.

Agradeço a Deus por nunca ter me desamparado em nenhum momento, por ter me feito ser forte em circunstâncias que parecia ser mais fácil desistir.

A minha família, principalmente meus pais Roseania e Waldecir que sempre me apoiaram, sendo meu alicerce em todas as horas, nunca duvidando da minha capacidade.

Aos meus amigos Rafael, Mariane, Dominique, Natalia, Bruna, Tainara e Eder pelo compaherismo, paciência e por todos os momentos compartilhados juntos.

Aos amigos que me acompanharam nas horas de laboratórios, durante noites e/ou finais de semana, Leonardo e Jonar. E aquele que sempre esteve presente não medindo esforço para me ajudar na realização deste trabalho e todos as etapas, Sérgio.

E mesmo aqueles que distantes sempre se fizeram presentes, Diego; com palavras de conforto e apoio.

Ao meus companheiros de AIESEC; Marcos, Natalia e Rafael que foram essenciais em todos os momentos, de alegrias e sufoco.

Mas agradeço principalmente a minha orientadora Débora por toda paciência, e pelas noites e dias que dedicou no laboratório comigo, pelas horas que do seu tempo que dispôs a me ensinar, sem dúvida você foi mais que uma orientadora, se tornou uma inspiração. Agradeço também a minha coorientadora, Sonia por sempre estar acessível para me atender, com paciência e disposição.

Enfim, a todos os que contribuíram para realização deste sonho, Muito Obrigada.

RESUMO

FERREIRA, Tatiane Cristovam. **Análise do potencial fitoextrator de macrófitas aquáticas em solução de óxido de arsênio III (As₂O₃)**.37f.2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Departamento acadêmico de ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

Diante da necessidade de mais estudos que visem a descontaminação de mananciais subterrâneos, este trabalho teve como objetivo testar o potencial de três espécies de macrófitas aquáticas na remoção de arsênio III em água. O primeiro experimento foi montado utilizando três espécies de macrófitas aquáticas, *Pontederia parviflora* Alexander, *Salvinia Auriculata* Aublet. e *Cyperus* sp. Todas as amostras de espécies selecionadas foram realizadas em triplicatas e com controle, o período de contato com o arsênio (As) foi de 10 dias. *Pontederia Parviflora* que apresentou melhor desempenho foi estudada anatomicamente para verificar alterações influenciadas pelo contaminante. O experimento de fitoextração foi montado em laboratório em local arejado e com luminosidade adequada, sendo preparado a solução de arsênio (As) na concentração de 14 ppm e colocados em 1,5L desta solução cerca de 125 indivíduos de *Pontederia parviflora* distribuídos em 40 vasilhames de poliestileno. Nas primeiras 12 horas foram retirados aleatoriamente aproximadamente 16 indivíduos, e assim sucessivamente até que completasse 96 horas. Para o teste de sobrevivência, *Salvinia auriculata* mostrou sinais de senescência que foram progressivas e culminaram com sua morte no sexto dia. *Pontederia parviflora* não apresentou alterações significativas durante o experimento, e nos primeiros sete dias não houveram alterações morfológicas nem aparecimento de brotos. A partir do oitavo dia os brotos surgiram e variaram em quantidade e capacidade de crescimento, conforme a concentração de arsênio. *Cyperus* sp. não apresentou sinais visíveis de alterações durante os primeiros sete dias de experimento, no entanto no final deste prazo os indivíduos secaram e morreram, aparentemente em 24 horas. *Pontederia Parviflora* mesmo na maior concentrações de arsênio (As) não apresentou alterações morfoanatômicas em suas folhas que evidenciassem níveis de respotas ao estresse na presença do contaminante. No experimento de fitoextração na concentração de 14 ppm, *Pontederia parviflora*, assim como no primeiro experimento, não apresentou sinais de intolerância ao arsênio, entretanto suas taxas de acumulação foram baixas, variando de 0,0009µg/g a 0,029 µg/g na raiz, e de 0,095 µg/g a 0,037 µg/g na folha e na solução de 0,123 µg/g a 0,063 µg/g., mesmo com baixos níveis de acumulação e translocação *P. parviflora* mostrou sinais de maior tolerância ao arsênio comparada com as outras espécies, tendo em vista que a espécie conseguiu sobreviver nas diferentes concentrações. Diante disto indica-se mais estudos para verificar sua capacidade e características fisiológicas quanto ao mecanismo de absorção da planta e detalhamento do seu comportamento em meio contaminado por arsênio.

Palavras Chave: Macrófita aquática.Arsênio.Acumulação.Fitorremediação

ABSTRACT

FERREIRA, Tatiane Cristovam. **analysis of the potential fitoextrator of macrophytes in arsenic III oxide solution (As₂O₃)** 37f.2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Departamento acadêmico de ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

In view of the need for further studies aimed at the decontamination of underground springs, this work aimed to test the potential of three species of aquatic macrophytes in the removal of arsenic III in water. The first experiment was set up using three species of aquatic macrophytes, *Pontederia parviflora* Alexander, *Salvinia Auriculata* Aublet. And *Cyperus* sp. All samples of selected species were performed in triplicates and with control, the contact period with arsenic (As) was 10 days. *Pontederia Parviflora* that presented better performance was studied anatomically to verify changes influenced by the contaminant. The phytoextraction experiment was set up in a laboratory in an airy place with adequate luminosity. The arsenic solution (As) was prepared in the concentration of 14 ppm and placed in 1.5 liters of this solution about 125 individuals of *Pontederia parviflora* distributed in 40 containers of Polyethylene. In the first 12 hours approximately 16 subjects were randomly withdrawn, and so on until 96 hours were completed. For the survival test, *Salvinia auriculata* showed signs of senescence that were progressive and culminated with his death on the sixth day. *Pontederia parviflora* did not present significant alterations during the experiment, and in the first seven days there were no morphological changes or appearance of shoots. From the eighth day the shoots appeared and varied in quantity and capacity of growth, according to the concentration of arsenic. *Cyperus* sp. Showed no visible signs of changes during the first seven days of the experiment, however at the end of this period the individuals dried and died, apparently within 24 hours. *Pontederia Parviflora* even at the highest concentrations of arsenic (As) did not present morphoanatomic changes in its leaves that evoked levels of stress responses in the presence of the contaminant. In the experiment of phytoextraction at the concentration of 14 ppm, *Pontederia parviflora*, as well as in the first experiment, showed no signs of intolerance to arsenic, however its accumulation rates were low, varying from 0.0009µg / g to 0.029µg / g in the root, and 0.035 µg / g 0.037 µg / g in the leaf and 0.163 µg / g 0.063 µg / g solution, even with low levels of accumulation and translocation *P. parviflora* showed signs of a higher tolerance to arsenic compared to the other species, In view that the species managed to survive in the different concentrations. Further studies are needed to verify its capacity and physiological characteristics regarding the mechanism of absorption of the plant and the detail of its behavior in arsenic-contaminated medium.

Keywords:Macrophyte.Arsenio.Accumulation.Phytoremediation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Disposição do experimento, intercalando espécies e concentração de 7 ppm, 14ppm,	17
Figura 2 - Disposição do experimento de fitoextração de <i>Pontederia parviflora</i> na concentração de 14ppm no laboratório de ecologia	19
Figura 3 - Aspecto de <i>S. auriculata</i> no terceiro dia, concentração de (a) 7 ppm, (b) 14 ppm (c) 28 ppm e (d) controle.	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6 CONCLUSÃO	27

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a contaminação e a escassez das águas superficiais tem despertado o interesse nos estudos para o melhor aproveitamento das águas subterrâneas. Devido ao processo de filtração, as águas subterrâneas apresentam melhor qualidade em relação a contaminação sanitária, que pode ocorrer pela percolação vertical dos líquidos superficiais (FILHO et al., 2011).

Em função da expansão urbana juntamente com a influência antrópica a qualidade dos mananciais superficiais vem diminuindo exponencialmente, em decorrência do aumento na quantidade de poluentes gerados através dos efluentes domésticos, e em virtude das atividades industriais que liberam em excesso metais pesados (NASCIMENTO; NAIME, 2011). Além de ser mais passível de contaminação, por meio das impurezas geradas pelo escoamento superficial das chuvas, uso de agrotóxicos e sedimentos de erosão.

Embora as águas subterrâneas não estejam suscetíveis a este tipo de contaminação, o uso destas águas requer uma gestão adequada embasada por conhecimento sobre disponibilidade e características. Entre os fatores que podem limitar o uso desta fonte, está: o processo de contaminação natural, ação antrópica e a falta de conhecimento sobre estes mananciais (OSORIO, 2004).

O arsênio é um elemento presente em várias rochas vulcânicas e solo, o processo de contaminação pode ocorrer de maneira natural do contato permanente entre água e rocha/solo. A concentração de arsênio (As) em águas superficiais e subterrâneas geralmente variam entre 1-10 μL , para até concentrações mais elevadas podendo chegar a valores superiores à 1.000 μL e tem sido encontrada de maneira natural em águas subterrâneas em diversos locais como, Taiwan, Índia, Bangladesh, Portugal e em vários países da América Latina e Europa (SILVA; FIÚZA, 2011).

O consumo de águas de reservatórios subterrâneos com elevados teores de arsênio tem sido apontado como a principal causa de diversas infecções humanas. A ingestão dessas águas por um longo período, mesmo com a presença de concentrações mínimas de arsênio (As), pode acarretar diferentes tipos de câncer, que pode ser diagnosticado após longos períodos de exposição ao arsênio (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1981).

Em vista do potencial das águas subterrâneas como alternativa de consumo, diferentes técnicas vêm sendo utilizadas para a retirada deste elemento visando o uso

adequado destas águas. Entretanto, muitas técnicas possuem custo elevado e dificuldade de implementação, assim, a fitorremediação mostra-se como uma alternativa atrativa pelo baixo custo, fácil implementação e ampla eficiência (LELIE et al., 2001).

Muitos estudos já foram realizados com diversas espécies de plantas fitorremediadoras para aplicação com diferentes tipos de metais (WUANA; OKIEIMEN, 2011). No entanto, pouco foi desenvolvido com relação ao arsênio. As macrófitas aquáticas são mais indicadas para o tratamento de águas que as plantas terrestres por causa do rápido crescimento, da maior produção de biomassa e capacidade de absorção de poluente, além de muitas possuírem capacidade hiperacumuladora de metais (SOOD et al., 2011).

Diante da necessidade de mais estudos que visem a descontaminação de mananciais subterrâneos, além da importância de desenvolvimento de espécies adaptadas as condições climáticas locais, este trabalho visa testar o potencial de três espécies de macrófitas aquáticas na remoção de arsênio (As) em água.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar se as espécies *Pontederia parviflora* Alexander, *Salvinia auricullata* Aubl. e *Cyperus* sp. apresentam potencial fitoextrator de arsênio (As).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcance do objetivo geral são propostos os seguintes objetivos específicos:

Avaliar a capacidade de sobrevivência de *Pontederia parviflora* Alexander, *Salvinia auricullata* Aubl. e *Cyperus* L. em diferentes concentrações de arsênio (As);

Avaliar alterações anatômicas e morfológicas em *Pontederia parviflora* Alexander, *Salvinia auricullata* Aubl. e *Cyperus* L. após a exposição ao arsênio (As);

Determinar o potencial fitoextrator da espécie que apresentou o melhor Desempenho de absorção.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As águas subterrâneas são essenciais para o consumo humano, e podem ser utilizadas para abastecimento público e privado (industrial, agrícola, irrigação, lazer) e embora seja amplo os meios de utilização, sua disponibilidade não é representada de maneira correta na matriz hídrica do Brasil, tornando seu uso ineficiente (HIRATA; ZOBÍ; OLIVEIRA, 2010).

Mesmo com distribuição muito variável, o manancial subterrâneo também depende de condições climatológicas e da dinâmica do ciclo hidrológico, igualmente como os mananciais superficiais. Os mananciais chegam a ser aproximadamente 100 vezes mais abundantes que as águas superficiais dos rios e lagos (92.168 Km²), com uma área representada em torno de 10.360.230 Km³. Entretanto a falta de conhecimento de sua disponibilidade e a gestão ineficaz destes recursos não reflete sua importância atualmente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2016).

Muitos países utilizam como fonte de abastecimento público, água dos mananciais subterrâneos (México, Paris, Londres Buenos Aires, Pequim, Manila, Daca) esta prática vem se tornando importante por apresentar um custo menor de captação e por ser mais acessível, principalmente em regiões pobres e de áreas agrícolas (HERRÁIZ, 2009).

Desta forma o uso de águas subterrâneas pode vir a ser uma alternativa para o abastecimento público, em vista da sua qualidade muitas vezes superior a águas superficiais que sofrem mais com a contaminação de esgotos domésticos e industriais, e por serem mais resistentes as mudanças climáticas, não sofrendo com precipitação (BORDA; FIGUEREDO; CAVALCANTI, 2004).

O manancial subterrâneo possui características distintas, pois depende da sua localização, da estrutura geológica e das suas características hidráulicas (livre ou confinado). No manancial livre o tempo de recarga da água é mais rápido, a água infiltra no solo atravessa à zona saturada e recarrega diretamente o aquífero por estar mais próximo a superfície, enquanto que para o confinado que não possui uma zona, não saturada torna a infiltração da água limitada por conta de sua base de camadas de rochas de baixa permeabilidade, tornando o período de recarga mais lento (FILHO et al., 2011).

Por conta destas características o tempo de recarga pode variar muito, 1m³ /dia ou 1m³/ano. Desta forma pode levar semanas, meses, anos e até séculos para que esta água retorne à superfície do terreno, em forma de nascente ou como escoamento básico,

alimentando os córregos, rios e lagos, portanto é importante que esta água seja bem administrada (IRATANI; EZAKI, 2012).

Os mananciais subterrâneos analisados em vários países retêm grandes concentrações de arsênio (As), gerando um alto volume de intoxicação. Em países como Argentina, Canadá, Taiwan, Japão, China, EUA, México e Vietnã, o teor de arsênio encontrado é muitas vezes maior que o limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde, 10 μ /L (NEGRETA et al., 2009). No Brasil, o CONAMA através da resolução 357/2005 e o Ministério da saúde, portaria 2914 de 2011 definiu uma concentração máxima igualmente de 10 μ /L de arsênio total para água potável (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005; MINISTERIO DA SAUDE, 2011).

A preocupação por meio do arsênio (As) ganhou maior importância após a descoberta do incidente em Bangladesh. Que segundo pesquisas, cerca de 20 milhões de pessoas estão consumindo água com concentração de arsênio superior a 50 μ /L (ZAN; EMETT, 2002).

No ano de 1993 a Argentina registrou casos de envenenamento por arsênio na província de Cordoba, inicialmente foi considerando um caso acidental, mas com o aumento dos casos da doença concluiu-se mais tarde que a etimologia da doença era devido a ingestão de água contaminada. A doença se tornou conhecida como hidroarsenicismo crônico regional endêmico (HACRE), os níveis de arsênio (As) detectados na água dessa região foram de 1000 mg/L (ANTOLINI et al., 2011).

Em estudo realizado de amostragem da qualidade da água no Texas em diversos municípios no período entre 1998 em 2004, 15.000 amostras de mais de 10.000 poços utilizados para abastecimento público, irrigação e uso industrial foram analisadas. Em 69% destas amostras foram detectados níveis muito alto de arsênio (As), para 4.652 amostras o nível de arsênio era superior a 5 μ /L e 27% das amostras continha um excesso de 10 μ /L (TEXAS COOPERATIVE EXTENSION, 2005).

Para fontes de águas subterrâneas estudadas em Pindoretama e Aquiraz municípios do estado do Ceará foram encontrados níveis elevados de arsênio (As), variando em média de 0,025 mg/L à 0,035 mg/L (PARENTE; ALBANO; HONORIO ,2014).

Nos municípios de Ouro Preto e Mariana em Minas Gerais os níveis de arsênio (As) detectados em minas subterrâneas, poços artesianos e nascentes variaram de 2 μ /L a 2.980 μ /L, sendo em grande maioria, superiores aos valores permitidos para consumo humano (BORDA; FIGUEIREDO; CAVALCANTI, 2004).

O arsênio (As) é um metalóide que ocorre e se mobiliza em pH típico de águas subterrâneas (6,5 a 8,5) pode ser encontrado na forma orgânica e inorgânica, arsenito (As III) ou arsenato (As V). O arsenito é considerado a forma mais tóxica do arsênio, sua concentração depende do nível do manancial, rio, lagos e mares que caracteristicamente possuem concentração de arsênio (As) mais baixa, já em águas subterrâneas tende a ser mais alta (GOMES, 2011).

Em condições semelhantes às de águas subterrâneas e superficiais há o predomínio de As (III) com pH entre 5 – 8 que passa As (V) à medida que o meio fica oxidante, sendo mais comum em mananciais superficiais, com pH entre 4 - 5 (BARRA et al., 2000; COCIONE, 2009). O arsênio trivalente (arsenito) é 60 vezes mais tóxico do que sua forma oxidada pentavalente (arseniato), estas são as espécies de arsênio tidas como as mais tóxicas (BARRA; ABRÃO; GUARDIA, 1999).

Arsênio (As) predominante em águas subterrâneas e rios são de composição inorgânica, enquanto que, na forma orgânica é mais corriqueiro em locais contaminados com herbicidas e com elevada atividade biológica (BORDA et al., 2009). O arsênio em sua forma inorgânica apresenta maior toxicidade que na sua composição orgânica.

Entretanto, o arsênio pode ser encontrado ao mesmo tempo de maneira natural no ambiente, sendo liberado através de atividades vulcânicas. Tendo como principais fontes a erosão e as cinzas provenientes das rochas vulcânicas, rochas sedimentares, marinhas, depósito de minerais e combustíveis fósseis como o carvão e petróleo (GOMES, 2011).

O Arsênio (As) é considerado extremamente tóxico, sendo sua exposição, inalação, ingestão pela água ou solo em quantidades consideradas nocivas pode gerar diversos efeitos tóxicos para saúde humana. As patologias mais frequentes identificadas pela intoxicação aguda ou crônica do metal em sua composição inorgânica são problemas no pulmão, metabolismo, tumores cutâneos, úlceras, gastrites, diarreias, laringites e conjuntivites (WORD HEALTH ORGANIZATION, 2001; AMERICAN CANCER SOCIETY, 2014).

No momento em que o arsênio (As) é absorvido é distribuído rapidamente por todo o corpo através do sangue, e em poucas horas concentra-se no fígado e rins. A concentração ocorre rapidamente em todo o organismo; cérebro, unhas, útero, pulmão, pele, ossos e músculos (GALVÃO; COREY, 1987). Devido a possibilidade do arsênio (As) permanecer retido no organismo, a quantidade permitida pela Agência de proteção ambiental (EPA) para consumo pode ser tornar cada vez mais restritiva. Já que mesmo em pequenas quantidades pode eventualmente provocar cânceres (CARABANTE; FENICOLA, 2003).

Muitos são os estudos realizados na busca de alternativas para remoção ou redução de arsênio (As) nas águas subterrâneas. Desde técnicas convencionais de adsorção química, coagulação com sais de ferro e alumínio seguida de filtração e utilização de membranas como tecnologias alternativas, oxidação avançada e imobilização do arsênio *in situ* (CUNHA; DUARTE, 2008). Muitas destas tecnologias são adaptadas de acordo com as condições sócio econômicas da população e apresentam alto grau de eficiência. No entanto em alguns casos os altos custos destas tecnologias dificultam seu emprego, e por isso devem ser considerados para a escolha mais economicamente viável (GOMES,2011).

Dentro deste panorama, Santos (2008), retrata que além dos custos elevados destas tecnologias, estas também podem causar danos ambientais pelo risco de contaminação secundária. Diante desta situação faz-se necessário buscar alternativas que alterem menos o ambiente e que sejam mais econômicas.

A fitorremediação vem sendo uma alternativa emergente principalmente na Europa e nos Estados Unidos, sendo utilizada na remoção ou neutralização de contaminantes do solo ou de águas subterrâneas. Além de ter baixo custo, ela diminui a dispersão de poeiras contaminadas por meio do vento e da chuva, que pode ocorrer na aplicação de outras tecnologias. No entanto o processo inclui o tempo de remediação e os níveis tolerados pela planta na absorção dos contaminantes. Uma tecnologia considerada inovadora com uma vantagem econômica e ambiental, pela possibilidade de utilizar diversas plantas para extrair, conter, degradar ou imobilizar diferentes contaminantes do solo e águas (PRASAD, 2004).

Na fitorremediação, os mecanismos de tratamento podem ser empregados de forma direta pela mineralização podendo ser absorvidos, acumulados ou metabolizados nos tecidos das plantas. Os mecanismos diretos são subdivididos em fitoextração, fitotransformação, fitovolatilização, fitoestabilização e fitoestimulação. No procedimento indireto, as plantas absorvem os contaminantes ou auxiliam no aumento da atividade microbiana de degradação no ambiente (TAVARES, 2009).

Na fitoextração as plantas realizam a absorção de contaminantes pela raiz (metais e componentes inorgânicos), a fitoestabilização, utiliza plantas tolerantes a componentes orgânicos e inorgânicos para reduzir a mobilidade destes, e assim serem estabilizados no substrato ou na lignina da parede vegetal (LORESTANI; CHERAGHI; YOUSEFI,2001; FAVAS et al., 2014).

Na escolha de espécies fitorremediadoras é importante considerar o crescimento rápido, elevada produção de biomassa, competitividade, vigor e tolerância à poluição. Muitos

estudos estão surgindo apontando o potencial de várias espécies utilizadas na descontaminação de áreas poluídas (LAMEGO; VIDAL, 2007).

Os metais desempenham papel essencial na nutrição das plantas, entre os considerados micronutrientes estão o Fe, Mn, Zn, Cu, Co e Mo, enquanto outros como Cd, As, Hg, Se e Th não possuem função fisiológica conhecida e podem ser considerados tóxicos em qualquer quantidade (ALLOWAY, 1995).

Nesta perspectiva, as pesquisas de utilização de macrófitas aquáticas na remoção de contaminantes encontram-se em desenvolvimento progressivo. Algumas das macrófitas aquáticas estudadas em processo de descontaminação demonstraram capacidade hábil de absorção de contaminantes, dentre elas estão diferentes espécies do gênero *Salvinia*, que se destacam por apresentar alta capacidade de absorver metais pesados e pela elevada produção de biomassa (SCHENEIDER, 1995).

Salvinia auriculata dispõe de ampla plasticidade anatômica, o que aumenta seu grau de tolerância a contaminação (ALMEIDA, 2009). Ainda apresenta sensibilidade alta tornando-a potencialmente importante na indicação de sistemas aquáticos com metais pesados (OLIVEIRA, 2001). Em estudo realizado na presença de cromo, a planta foi capaz de absorver de 27% para biomassa *in natura* à 88% para biomassa tratada quimicamente (OLIVEIRA et al., 2015).

Para a família Cyperaceae existem 24 espécies consideradas hiperacumuladoras de metais, em especial do Cu (ROBINSON et al., 1998).

Pontederia parviflora em estudos realizados para analisar sua capacidade como fitorremediadora, se mostrou eficiente na remoção de Cu, e foi classificada hiperacumuladora, por apresentar características de absorção, acúmulo de metais nas raízes e em suas partes aéreas (BALASSA; SOUZA; LIMA, 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Seguindo a sequência dos objetivos propostos, o estudo foi desenvolvido em duas fases, um teste para verificar a capacidade de sobrevivências das espécies em três diferentes concentrações, e posteriormente o potencial de acumulação da espécie que apresentou melhor desempenho e adaptação a solução.

O primeiro experimento foi montado utilizando três espécies de macrofitas aquáticas, *Pontederia parviflora* Alexander, *Salvinia Auriculata* Aublet. e *Cyperus* sp., coletadas na região do município de Campo Mourão (PR). Estas foram dispostas em recipientes de polietileno contendo 1,5 L de solução de óxido de arsênio III (As_2O_3) diluído em água destilada nas concentrações de 7 ppm, 14 ppm e 28 ppm. Todas as amostras foram realizadas em triplicatas e com controle, o período de contato com o arsênio (As) foi de 10 dias (Figura 1).



Figura 1- Disposição do experimento, intercalando espécies e concentração de 7 ppm, 14ppm, 28 ppm e controle

Para acompanhar o efeito do arsênio (As) sobre o metabolismo das plantas, avaliações qualitativas foram realizadas: através da observação de surgimento de brotos, mudanças na coloração das folhas, sinais de necrose e a ocorrência de senescência dos

indivíduos. Os brotos foram medidos diariamente para estabelecer a capacidade de crescimento das plantas.

Buscando estabelecer relação entre as variáveis ambientais e o desempenho das espécies, o pH foi determinado utilizando potenciômetros de campo, e a temperatura ambiente do local do experimento foi acompanhada com termômetro de máxima e mínima para as variações climáticas, medidos a cada vinte e quatro horas.

Após os 10 dias de experimento a espécie que apresentou melhor desempenho foi estudada anatomicamente. Neste estudo utilizou-se porções vegetativas de folhas, brotos e raízes. Possíveis alterações histológicas foram observadas através de cortes anatômicos transversais seriados (SOUZA, 2009). As porções vegetais foram seccionadas com lâmina, descoradas em hipoclorito de sódio 20% e coradas em azul de toluidina 0,5% aquecido (corante metacromático, que reage com paredes lignificadas corando-as de azul esverdeado e com paredes celulósicas corando-as em roxo). Após coradas foram fixadas em lâminas semipermanentes de Gelatina-glicerinada de Haupt.

Ao todo montou-se 100 lâminas com variados cortes seriados. Todos os cortes foram analisados em microscópio óptico Taimin e fotografados com máquina digital Sony DSC HSO sempre em aumento de 40x e 100x. Com a constatação de possíveis alterações nas substâncias ergásticas (conjunto de ráfides) estas foram quantificadas pelo método de grade de intersecção, com 4 quadrantes, área ocular de 19,6 μ m e na ampliação de 40x.

Para calcular a densidade das substâncias ergásticas utilizou-se a equação (1):

$$Dse = nr/A \quad (1)$$

Em que: Dse é a densidade de substâncias ergásticas, nr é o número de substâncias ergásticas observadas na lâmina e A é a área ocular.

Após a quantificação das substâncias ergásticas estas foram testadas pela Análise Kruskal-Walis considerando ($p=0,01$) não significativo, e análise de médias de Dun, quanto a possibilidade de haver diferença na formação destas, tanto por efeito de concentração (controle, 7, 14 e, 28ppm) como entre a folhas adultas e jovens.

O experimento de fitoextração foi montado no interior do laboratório C101, bloco C da UTFPR Câmpus Campo Mourão em local arejado e com luminosidade adequada as plantas (Figura 2). Com base no experimento anterior foi estabelecida a espécie com melhor adaptação a solução de arsênio (As) e a concentração em que melhor se desenvolveu. Assim preparou-se a solução de arsênio (As) na concentração de 14ppm e, foram colocados em 1,5L

desta solução 125 indivíduos de *Pontederia parviflora* distribuídos em 40 vasilhames de poliestileno. Após 12h foram retirados aleatoriamente em torno de 16 indivíduos e oito vasilhames. Com 24 horas de experimento fez-se a segunda retirada, de acordo com a primeira, e assim sucessivamente a cada 24 horas até que se completasse 96 horas de experimento.

Todos os indivíduos retirados foram separados em amostras de raiz, folha e solução e enviados ao laboratório para determinação da concentração de arsênio (As), através do método de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma (EATON et al., 2012). Como no experimento anterior a temperatura ambiente e o pH da solução foram monitoradas diariamente.



Figura 2 - Disposição do experimento de fitoextração de *Pontederia parviflora* na concentração de 14ppm no laboratório de ecologia .

Com os resultados das amostras enviadas ao laboratório calculou-se a taxa de acumulação de arsênio (As) nos tecidos da raiz e das folhas de *P. parviflora*, para cada intervalo do experimento, (Equação 2). Em seguida, por meio do acumulado, calculou-se o Índice de Translocação do Arsênio (Equação 3), também para cada intervalo (ARBICHEQUER; BOHNEN, 1998).

$$\text{Nível de acumulação} = \frac{([\text{metal}]_{\text{folha}} \times (\text{massa seca folha}) + [\text{metal}]_{\text{raiz}} \times (\text{massa seca raiz}))}{\text{periodo do experimento}} \quad (2)$$

$$IT (\%) = \frac{\text{Quantidade de As acumulado na parte aerea (folha)}}{\text{Quantidade de As acumulado na planta (folha+raiz)}} \times 100 \quad (3)$$

5 RESULTADOS DISCUSSÃO

Durante os dois experimentos a temperatura manteve-se em torno de 24° C, temperatura adequada ao desenvolvimento das espécies. Para espécies de macrofitas aquáticas tropicais a temperatura ideal de crescimento varia de 23 ° C a 32 ° C (LEE et al., 2007).

Entre os experimentos o pH apresentou diferentes variações. No experimento de sobrevivência ficou ácido nas primeiras 12 horas em torno de 5,5, e atingiu a faixa aceitável a partir do segundo dia entre 6,3 a 7,9 (Figura 3), faixa esta que permite a melhor absorção pelas plantas (ÓLGUIN; SANCHEZ –GALVÁN, 2010).

O pH durante o primeiro experimento não apresentou variações acentuadas, os tratamentos que apresentaram maiores valores de pH foram os de *Cyperus* sp. e *S. auricullata* na concentração de 7 ppm, em que, no período entre 24 e 72 horas o pH se apresentava neutro na faixa de 7,0 e 7,05 (Figura 3a-b).

Para o experimento de fitoextração, o pH se manteve básico durante as primeiras 12 horas na faixa de 8,4, atingindo a faixa ideal de absorção a partir de 24 horas, ficando entre 6,2 e 6,6.

Pontederia Parviflora manteve um pH estável praticamente durante todo experimento, com somente uma variação acentuada no período de 48h, mas não se alterando durante todo o período de experimento (Figura 3c).

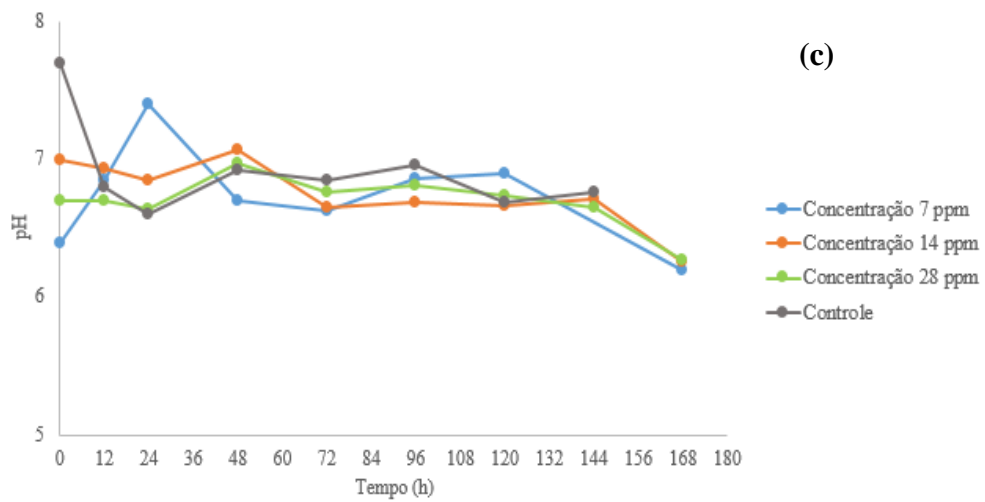
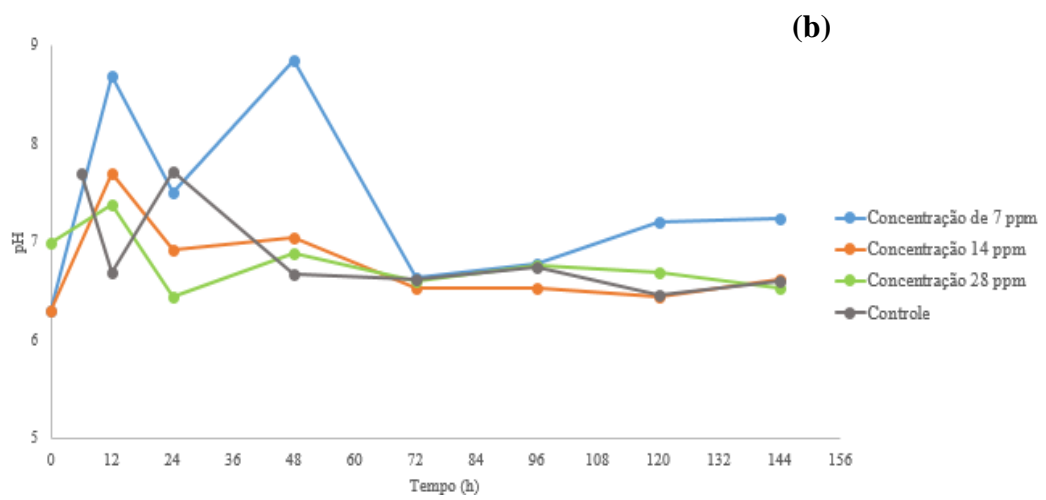
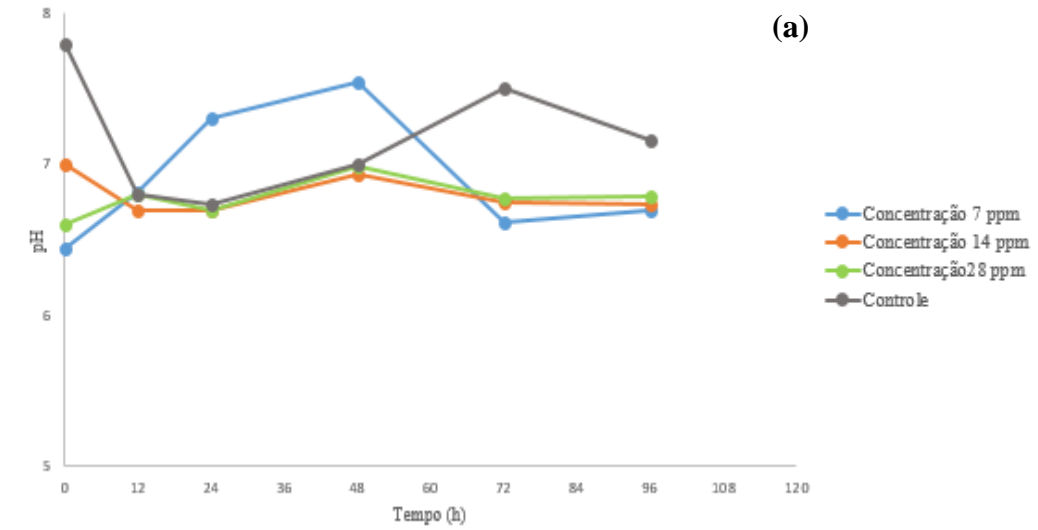


Figura - Gráficos dos valores de pH medido durante 10 dias do experimento de sobrevivência , a cada 24h. (a) *S.auriculata*, (b) *Cyperus L.* e (c) *P. parviflora L.*

O pH é um fator importante para controlar a solubilidade dos metais e a fixação de alguns nutrientes pelas plantas. A alteração do pH pode indicar a variação da absorção dos metais pelas plantas. O pH ideal, pode prevenir a precipitação e adsorção do metal, permitindo que o metal possa ser absorvido pela planta (ALVARENGA; ARAUJO; SILVA, 1998). Para o arsênio (As) o pH também influencia na sua especiação, a maior taxa de adsorção para arsenito ocorre em pH 7,0, enquanto que para o arsenato a adsorção máxima acontece na faixa de pH 4,0 (PIERCE; MOORE, 1982) fator que pode ter influenciado na taxa de absorção do arsênio nas amostras de *S. auriculata* e *Cyperus* sp. Em estudos realizados com *S. auriculata* na absorção de Cr foi constatado que pH superior a 4,0 pode incidir a precipitação do metal, sendo indicado um pH na faixa de 3,0 para uma melhor absorção (OLIVEIRA, 2015).

A partir do terceiro dia as plantas apresentaram sinais diferentes de desenvolvimento: *Salvinia auriculata* mostrou sinais de senescência que foram progressivas e culminaram com a morte de todos os indivíduos na concentração de 28 ppm no quarto dia, 14 ppm no quinto dia e 7 ppm no sexto dia (Figura 4). Alguns trabalhos mostram a baixa resistência desta espécie ao arsênio em concentrações menores que as submetidas neste experimento, entre 5 ppm e 2 ppm aonde foram detectado alterações foliares (mudança de cor), redução de biomassa e senescência (OLIVEIRA, 2012) ressaltando a sensibilidade da espécie ao arsênio (As).

A sensibilidade e interferência negativa do arsênio (As) no crescimento pode ter sido em decorrência da competição do elemento com o fósforo (P), uma vez que estes concorrem pelo mesmo sítio ativo de absorção e por possuírem similaridades estruturais (IMPELLITTER, 2005). O arsênio (As) pode substituir o fósforo em processos essenciais da planta, considerando que a espécie possa ter absorvido o contaminante, o crescimento de *S. auriculata* pode ter sido afetado. A falta de fósforo pode estimular a redução no crescimento, e até a morte da planta (OLIVEIRA et al., 2013).

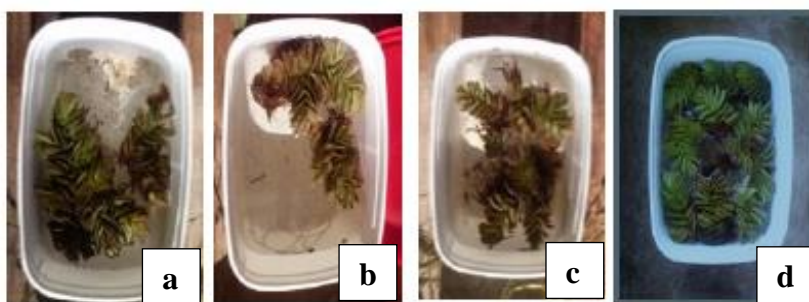


Figura 3 - Aspecto de *S. auriculata* no terceiro dia, concentração de (a) 7 ppm. (b) 14 ppm (c) 28 ppm e (d) controle.

Cyperus sp. não apresentou sinais visíveis de alterações durante os primeiros sete dias de experimento, no entanto no final deste prazo os indivíduos secaram e morreram, em aproximadamente 24 horas, que pode ocorrer porque algumas plantas tendem a acumular os metais nas raízes (PRASAD; FREITAS, 2003), com isso pouco se observa de alteração nas folhas, mas com a saturação os nutrientes deixam de ser transportados podendo levar a senescência da planta. Esta característica é um importante fator a ser considerado por trabalhos de fitotratamento (GRATAO et al., 2005). Algumas espécies mantêm os metais nas raízes e outras transportam para as porções foliares.

Pontederia parviflora não apresentou alterações significativas durante o experimento, e nos primeiros sete dias não houve alterações morfológicas nem aparecimento de brotos. A partir do oitavo dia, os brotos surgem nas amostras, portanto manteve-se o experimento até o 19º dia, apenas para esta espécie, para controlar o desenvolvimento dos brotos, que variaram em quantidade e capacidade (Tabela 1).

A média de crescimento dos brotos foi de 0,31cm/dia na concentração de 7 ppm, de 0,63 cm/dia na concentração de 14ppm, de 0,75 cm/dia na concentração de 28 ppm e de 0,41 cm/ dia no controle.

Quanto a folha observou-se que a perda foliar foi próxima em todas as concentrações, sendo em 7 ppm foi verificado redução de 58,54%, de 60% na concentração de 14 ppm, e de 61,54% na concentração de 28 ppm.

Tabela 1: Comprimento dos brotos (cm) de *Pontederia parviflora* em função da concentração, medidos com intervalo de 48 horas.

Dia	Broto 1 7 ppm	Broto 2 7 ppm	Broto 3 7 ppm	Broto 4 7 ppm	Broto 5 14 ppm	Broto 6 14 ppm	Broto 7 14 ppm	Broto 8 28 ppm	Broto 9 28 ppm	Controle Broto 1	Controle Broto 2
8º	0*									0*	
9º					0*			0*			0*
10º	0,5							0,6	0*		
11º		0*	0*		1,2	0*				0,9	
11º	1,09						0*				1,3
12º		0,5	0,5	0*	1,6	1,2		1,3	1	1,2	
13º	1,73			0,5			0,5				
19º	4,01	2,03	1,05	0,8	2,4	2	1,6	2,5	2,9	1,5	1,9

0* indica o momento em que se percebe que a gêmula começa a brotar.

A capacidade de *P. parviflora* em tolerar ambientes contaminados por metais pesados pode ser atribuído a habilidade de transportar estes metais para a região foliar (SOUZA et al., 2015). Isto se dá por um complexo mecanismo que utiliza proteínas específicas como as fitoquelatinas ou pela capacidade de sequestrar as substâncias nos vacúolos (NEDELKOSKA, 2000). Os vacúolos podem acumular substâncias e produtos

secundários que podem ser descartados pela célula ou ainda acumular sais sob a forma de cristais, como oxalato de cálcio, que se apresentam no formato de cristais prismáticos, drusas ou rafídeos. Em ambientes que apresentem uma carga elevada de poluente, as plantas como estratégia de defesa para manter seu equilíbrio iônico, encapsulam o excesso de cálcio no interior da célula, formando estes cristais (CORREA, 2007; CALABONI, MARTINS, ROSSI, 2013). A formação destes cristais pode ser considerado como um forma utilizada por espécies vegetais na desintoxicação de diversas substâncias, inclusive metais pesados (SILVA et al., 2001).

Conforme observado no estudo anatômico diversos rafídeos, estes foram quantificados e avaliados sobre a possibilidade de significância em relação a concentração de arsênio (As) e folhas jovens e adultas pelo teste Kruskal –Wallis, o que apontou haver diferença entre as amostras (folhas jovens e adultas) ($P=0,039$), porém o teste de média de Dun mostrou que não houve diferença significativa em relação a quantidade de cristais nas diferentes concentrações e no controle, tanto na amostras de folhas jovens quanto em adultas.

Diante disto é possível observar que mesmo na maior concentrações de arsênio (As) a espécie não apresentou alterações morfoanatômicas em suas folhas que evidenciassem níveis de respostas ao estresse na presença do contaminante, por não ter apresentado medias expressivas na formação de cristais em seus tecidos nas diferentes concentrações. Com uma média de 7 rafídeos por secção de amostra de folhas jovens e 16 para folhas adultas na concentração 7 ppm, na concentração de 14 ppm a média foi de 10 para folhas jovens e de 15 para folhas adultas. E concentração 28 ppm a média entre folhas adultas e jovens foi de 18 para folhas adultas e 7 para folhas jovem , para o controle a média foi 12 tanto nas jovens como adultas.

No experimento de fitoextração na concentração de 14ppm, *Pontederia parviflora* assim como no primeiro experimento não apresentou sinais de intolerância ao arsênio. Entretanto suas taxas de acumulação foram baixas, variando de 0,0009 $\mu\text{g/L}$ a 0,029 $\mu\text{g/L}$ na raiz, e de 0,095 $\mu\text{/g}$ a 0,037 $\mu\text{/g}$ na folha e restante na solução foi de 0,123 $\mu\text{/L}$ a 0,063 $\mu\text{/L}$ na solução.

A taxa de acumulação mostrou-se crescente na raiz nas primeiras horas de experimento, e estável nas últimas 24 horas quando a taxa ficou próxima de 1000mg/kg. (Tabela 3). A taxa de absorção da porção aérea mostrou-se instável entre os horários que se deu o experimento, o que indica que a capacidade de translocação foi pequena (Tabela 3) e as diferenças observadas estão diretamente relacionadas com os processos fisiológicos individuais de cada indivíduo. É possível considerar que esta variação entre a raiz e a folha

representa uma tentativa da planta de inibir o efeito tóxico do As, limitando a concentração no sistema radicular (CARBONELL- BARRACHINA et. Al.,1997).

Tabela 2: Média de acúmulo de arsênio (As) na matéria seca (mg/Kg) e índice de translocação para as folhas (IT)

Tempo (h)	Aérea (mg/Kg)	Raiz (mg/Kg)	IT (%)
12	69,225	701,15	8,79
24	61,75	779,925	7,33
48	74,25	829,325	8,22
72	88,875	1107	7,43
96	53,425	993,1668	5,38

O acúmulo de arsênio (As) no sistema radicular pode indicar a baixa capacidade de controle na absorção do contaminante, ou maior eficiência no controle de translocação, evitando que este chegue ao tecido mais ativo da parte aérea. Esta capacidade está associada a característica da planta de sintetizar a fitoquelatina no interior da célula, que além de auxiliar no transporte ou no acúmulo dos metais, é essencial para desintoxicação da planta (MELLO, 2006). Como *P. parviflora* tem se mostrado em outros experimentos como hiperacumuladora de metais nos tecidos foliares (BALASSA; SOUZA; LIMA, 2010) tudo leva a crer que possui esta enzima ativa e que possa utilizá-la para impedir a competição do arsênio (As) pelos sítios de fósforo (GOYER,1996). Ao sintetizar a fitoquelatina ocorre a inibição do processo de imobilização de metais na raiz e na parede celular (GARBIS; ALKORTA, 2001). Isto pode explicar porque após 72h as taxas de acúmulo de arsênio (As) nas raízes cai (Tabela 3). Outro fator a se considerar é a elevada afinidade do As com o grupo de sulfídricos e aminoácidos como a cisteína. Assim, o arsenito inativa uma variedade de enzimas no metabolismo (FERDOF et al.,1997) se tornando altamente tóxico para planta, inibindo os mecanismos de defesa existentes que mantem as funções celulares mesmo na presença de altas concentrações de metais, dificultando assim tanto a translocação quanto o acúmulo.

No entanto as características da espécie em sequestrar o arsênio (As) nos vacúolos, determina uma tolerância diferencial de acumulação entre as plantas hiperacumuladoras e acumuladoras (MELLO, 2006). Indicando que mesmo não apresentando um eficiente acúmulo e/ ou elevado potencial na translocação, *P. parviflora* se mostrou altamente tolerante a altas concentrações e pode ser utilizado em tratamento por curtos períodos. Para tanto, estudos que considerem mais tempo de exposição e estudos fisiológicos se mostram necessários.

6 CONCLUSÃO

Para as espécies *Salvinia auriculata* e *Cyperus* sp. as concentrações de 7,14 e 28 ppm de arsênio (As) se mostraram excessivas, não sendo estas capazes de imobilizar o As. Em *S. auriculata* foram visíveis principalmente nas folhas os sinais de toxicidade, fator que pode ter decorrido principalmente pela similaridade entre o As e o P, que leva ao escurecimento da folhas ,e senescência precoce o que foi observado na espécie no decorrer dos dias de experimento.

Em *Cyperus* sp. não foi possível verificar alterações visíveis que pode ser consequência das características que algumas plantas têm de acumular o metal na raiz, não conseguindo translocar para a parte aérea, sendo que senescência ocorreu após a saturação da raiz.

Pontederia. parviflora mostrou sinais de maior tolerância ao arsênio comparada com as outras espécies, e mesmo com baixos níveis de acumulação e translocação a espécie conseguiu sobreviver nas diferentes concentrações, podendo ser utilizada em concentrações mais baixas que a deste experimento ou em tratamentos de curto período. Sendo assim, necessários mais estudos para verificar sua capacidade e características fisiológicas quanto ao mecanismo de absorção da planta e detalhando seu comportamento em meio contaminado por arsênio (As) para verificar sua eficiência em meio ao contaminante.

REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, Amando.D.; BOHNEN, Hono. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.21-26, 1998.

Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n4/11.pdf>>.

Acesso em: 01/10/2016

ALLOWAY, Brian. J. Heavy metals in soils. 2 ed. New York: Blackie Academic & Professional, 1995. 368p. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=Soovc_GOk48C&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>.

Acesso em: 20 jul 2016.

ALMEIDA, Graziela.W.de.Avaliação do Potencial Biondicador e fitorremediador de *Salvinia auriculata* Aublet na presença de Cádmiio e chumbo. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Ecologia aplicada, 2009, Lavras-Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras. Disponível em:

<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3194/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20potencial%20bioindicador%20e%20fitorremediador%20de%20Salvinia%20auriculata%20Aublet%20na%20presen%C3%A7a%20de%20C%C3%A1dmio%20e%20Chumbo.pdf>.

Acesso em: 9.jul.2016

AMERICAN CANCER SOCIETY. Arsenic. Disponível em :

< <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/intheworkplace/arsenic>>.

Acesso em 25 set.2015

ANTOLINI, Luciana; HAAS, Maria. L.; PARETI, Ana Laura.;RYCZEL, Mirta.; Yanicelli, Maria.T.Programa nacional de prevención y control de la intoxicaciones-PRETOX. Ministerio de Salu, Buenos Aieres, 2011.Disponível em :

< http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000332cnt-03-Capacit_hidroarsenicismo.pdf>.

Acesso em: 25 set.2016

ANTONIO, Luiz. A.; MORFOLOGIA E ANATOMIA VEGETAL: células, tecidos, órgãos e plântulas - 1a. ed. Ver, 2009

ALVARENGA, Priscila.; ARAUJO, Maria.F.; SILVA, José.A.L.da.As Plantas, os Solos, os Metais-JogosMúltiplos. Química, v.71, n.2, 1998.Disponível em:

<http://www.sp/magazines/search?mag_term1=P.Alavrenga&option_1=author>.Acesso em 04out.2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Águas subterrâneas, o que são? Disponível em: < <http://www.abas.org/educacao.php>>.

Acesso em: 22 set .2016

AZEVEDO, Rainier. P. Uso de águas subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidade na várzea da Amazônia Central Acta Amazônica, Manaus, v.36, n.3, p.313-320,2006. Disponível em :<<http://www.scielo.br/pdf/aa/v36n3/v36n3a04.pdf>. Acesso em: 10 set.2015.

BALASSA, Graziela.C.; SOUZA, Débora. C.; LIMA, Sonia.B. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, v.32, n.3, p. 311-316,2010.

Disponível em : < <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/151>>

Acesso em :7 nov.2015.

BARRA, Cristiana. M.; SANTELLI, Ricardo. E.; ABRÃO, Jorge. J. Especiação do Arsênio-uma revisão. Química Nova, v.23, n.1,2000. Disponível em: <

<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n1/2145.pdf>>. Acesso em 10.set.2015

BORDA, Ricardo. P.; FIGUEIREDO, Bernadinho. R.; CAVALCANTI, José. A. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v.57, n.1, p.45-51, 2004.

Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rem/v57n1/v57n1a09.pdf>>.

Acesso em: 22 set.2015

BORDA, Ricardo. P.; COCIONE, Aline R.; FIGUEIREDO, Bernadinho. ZAMBELO, Fábio. Estudo da especiação de arsênio inorgânico e determinação de arsênio total no monitoramento ambiental da qualidade de águas subterrâneas. Química Nova, São Paulo, v.32, n.4,970-975, 2009.

Disponível em: < http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No4_970_26-AR08331.pdf>. Acesso: 1 out.2015

CARANTES, Alexandra.G.; FERNICOLA, Nilda.A.A.G.G.de.Arsênico em el agua de bebida:um problema de salud publica. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.São Paulo,v.39, n.4.p.1-8, dez.2003.Disponível em:

< <http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v39n4/03.pdf>>.

Acesso em: 23 set.2016

CARBONELL-BARRACHINA, Angel.A.; BURLO, Francisco.C.; BENEYTO, Jorge.M.Arsenic uptake distribution, and accumulation in bean plants:Effect of Arsenite and Salinity on plant grow and yield. Scientia Horticulturae, v.71, p.167-176, 1997.Disponivel em :<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423897001143>.

Acesso em: 01 out.2016

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTA – CONAMA.2005.Resolução 357 e março .2005.Classificação de águas doces, salobras e salinas do território Nacional.Diario Oficial da União, seção II : 56-63.Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>Acesso em: 08.Jul.2016

CUNHA, Pedro Rodrigues de.; DUARTE, Antônio. A. L.S.Remoção de arsênio em águas para consumo humano,2008. Encontro nacional básico.
Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18504>
Acesso em: 14 nov.15

FAVAS Paulo.J.C.; Pratas João.; VARUN Mayank,ROHAN, D’Souza R.; PAUL. Mannoj .S. Phytoremediation of soils contaminated with metals and metalloids at mining areas: potential of native flora. ITECH, p. 487-517, 2014.Disponível em:
< <http://www.intechopen.com/books/environmental-risk-assessment-of-soil-contamination/phytoremediation-of-soils-contaminated-with-metals-and-metalloids-at-mining-areas-potential-of-nativ>.Acesso em: 15 out.2015

FERDORF, Scott.; MATTHEW,J.; GROSSL, Erick.D.L.Arsenate and Choromate Retention Mechanisms on Goethite . Surface Structure. Environmental Science &Tecnology, v.31, n.2, 1997. Disponível em: < <http://www1.udel.edu/soilchem/Fendorf97est.pdf>>.Acesso em : 01.Out.2016

FILHO, José Luiz A.; BARBOSA, Mariana. C.; AZEVEDO, Sergio. CARVALHO, Ana Maciel.de. O papel das águas subterrâneas como reserva estratégica de água e diretrizes para sua gestão. Recursos Hídricos, Lisboa, v. 32,n. 2,53-61,nov.2011.Disponível em: < <http://www.aprh.pt/index.php/pt/>>.Acesso em :09 set.2015

GALVÃO, Luiz. A. C., COREY, G. Manuale de Vigilancia ambiental y epidemiológica. Metepec, México, 1987.63p.
Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/005131.pdf>>.
Acesso em : 5 out.2015

GOMES, Adalberto. B.M. Mitigação do Arsênio em águas subterrâneas utilizados SBF.2011.82 dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Geociência) Departamento de Engenharia De Minas, Faculdade de Engenharia da universidade do Porto, Porto, 2011.Disponível em : < <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/61589>.
Acesso em: 15 set.2015

GOYER, Robert.A.; THOMAS, Clarkson.W.Toxic Effects of metal
.http://www.biologicaldiversity.org/campaigns/get_the_lead_out/pdfs/health/Goyer_1996.pdf.
Acesso em: 02 out.2016

GABISU,Carlos.;ALKORTA, Itzar.Phytoextraction:a cost –effective plant-based technology for the removal of metal from the environment.Bioresource Tecnoloy, v. 77,p.229-

236.Disponível em :<

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852400001085>>Acesso : em 01.10.2016

HERRÁIZ, André.S.La.Importância de las águas subterrâneas. Revista Real Academica Exactas Fisicas Naturales, Valencia, v.103, n.1, p.97-114, 2009.Disponível em: < www.rac.es/ficheiro/doc/00923.pdf>. Acesso em: 13 set.2015

HIRATA, Ricardo.C.A.; ZOBY, José.; Fernando.L.G.; OLIVEIRA, F.R. Água subterrânea reserva estratégica ou emergencial. Rio de Janeiro,2010, p.149-161. Disponível em :<<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-815.pdf>>. Acesso: 25 set.2015

IMPELLITTERI Christopher. A. 2005. Effects of pH and phosphate on metal distribution with emphasis on As speciation and mobilization in soils from a lead smelting site. Science of the total Environment 345: 175-190. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969704007272>>. Acesso em:08Ago.2016.

IRATANI, Mara. A.; EZAK, Sibebe. As Aguas subterrâneas do estado de São Paulo.Governo do estado do Paraná- secretária do meio ambiente –Instituto Geológico , São Paulo ,2012.Disponível em :< <http://www.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/files/2013/04/01-aguas-subterraneas-2012.pdf>>Acesso em 20 set.2016

LAMEGO, Fabiane. P.; VIDAL, Ribas. A. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? Pesticidas: r.ecotoxicologia. e meio ambiente, v.17,p. 9-18,2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/pesticidas/article/view/10662>>. Acesso em 15 out.2015

LELIE,Daniel.V.;SCHWITZGUÉBELJean-Paul GLASS,David.J.;VANGRONSVELD,Jaco.;BAKER,Alan. Assessing Phytoremediation's Progress. Environmental Science & Tecnology, 2001.Disponível em < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11718366> >.Acesso em : 28 Out.2016

LORESTANI, Bren.; CHERAING, Mello.; YOUSEFY, Nei. Phytoremediation Potential of Native Plants Growing on a Heavy Metals Contaminated Soil of Copper mine in Iran. International Journal of Innovative Research in Science & Engineering, v.5, n.5, p. 299-304,2011.Disponível em: <<http://waset.org/publications/2296/phytoremediation-potential-of-native-plants-growing-on-a-heavy-metals-contaminated-soil-of-copper-mine-in-iran>>.Acesso em: 15 out.2015

MELLO, Roseli.F.; Potencial de espécies vegetais para fitorremediação de um solo contaminado por arsênio. Dissertação (Doutorado).Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Planta. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.Disponível em:<

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1590/texto%20completo.pdf?sequence=1>. Acesso em : 01 Out.2016.

MINISTERIO DA SAÚDE. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimento de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em :< http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acesso em : 25 Out .2016.

NASCIMENTO, Carlos.A.do. NAIME, Roberto. Panorama de Uso, distribuição e contaminação das águas subterrâneas no arroio pampa da bacia. Estudos tecnológicos, Rio Grande do Sul, v. 5, n. 1, p.101-120, jan/abr.2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Marcos/Downloads/NAIME%20E%20NASCIMENTO%202011%20(1).pdf >. Acesso em 11 set.2015

NEGREA. Ali.N.; MUTEAN. Carlos.; CIOPEC.Michael.; LUPA.Lian.; NEGREA.Paulo. Removal of Arsenic from Underground Water to obtain Drinking Water. Chemical Bulletin of Politehnica University of Timisoara, v.54, n. 68, p.82-84, 2009. Disponível em: < [http://www.chemicalbulletin.ro/admin/articole/10699art_5\(82-84\).pdf](http://www.chemicalbulletin.ro/admin/articole/10699art_5(82-84).pdf)>. Acesso em: 30.set.2015

OLGUÍN, Eugenia. J.; SÁNCHEZ-GALVÁN, Gloria. 2010. Aquatic phytoremediation: Novel insights in tropical and subtropical regions. Pure Appl Chem, v.82, p.27-38. Disponível em: <<https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2010/pdf/8201x0027.pdf>>. Acesso 2016.

OLIVEIRA Juraci.A.de.; absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos Sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvinia1.Revista Brasileira de Fisiologia Viçosa, v.13, n.3, 2001 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfv/v13n3/9263.pdf>>Acesso em: 21 out.2015

OLIVEIRA,Ana Paula de.;MÓDENES, Aparecido.N.;BRAGIÃO,Maria Eduarda.;BEZERRA,Isabella.G.O.de.;SAUSEN,Matheus Gustavo.;BERGAMASCO,Rosangela.Estudo da biossorção do Cromo III Utilizando a Macrófita aquática *Salvinia Auriculata* .In.Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, XXXVII, 2015, São Carlos, Anais...,v.2,n.1. Disponivel em :< <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/estudo-da-biossoro-do-cromo-iii-utilizando-a-macrfita-aqutica-salvinia-auriculata-20611>>. Acesso em 09.Jul.2016

OLIVEIRA, Maria Angelica. G.de.; Anatomia e Micromorfologia de *Salvinia Auriculara* AUNBL.(Salvinaceae) submetida ao arsênio.Dissertação (Mestrado) Pós –Graduação em biologia Celular e Estrutura. Universidade federal de Viçosa,2012. Disponivel em < <http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2345/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 12.Jul.2016

OLIVEIRA A. P., QUIÑONES F. R. E., MÓDENES, I. G. O., BRAGIÃO M. E.; BEZERRA I. G. 2013. Avaliação da Influência do Fósforo na Bioacumulação do Chumbo pela *Eichhornia crassipes*. Anais... X Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Disponível em: <<https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2010/pdf/8201x0027.pdf>>. Acesso em 10.Jul.2016.

OSORIO, Quelen.S.da. Vulnerabilidade natural de aquífero e potencial de poluição das águas subterrâneas.2004.169f.Dissertação(Mestrado) PósGraduação em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – Rio Grande do Sul.2004. Disponível em <http://cascavel.ufsm.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1626>Acesso em: 23.set.2015

PARENTE, Roberto.C.; ALBANO, Djalma.M.;HONORIO, Benicia.A.de.Ocorrencia de Arsênio em aguas subterrâneas nos municípios de Aquiraz e Pindoretama no Estado do Ceará. In.XVIII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas, 2014., São Paulo. Anais...Disponível em :<<Http://aguassubterrâneas.abas.org/asubterrânea/article/view/28365>>. Acesso em : 25.set.2016

PIERCE, Matthew.L.;MOORE, Carleton.B.Adsorption of arsenite and arsenate on amorphous iron hydroxide.Water Research, v.16,n.7.p-1247-1253, 1982.Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/00431354282901439>>. Acesso em : 04.Out.2016

PRASAD,Majeti.N.V.; FREITAS, Helena.M.O.de. Metal Hyperaccumulation in plants- Biodiversity propecting for pytoremediation technology.Journal of Biotechnology , v. 6, n.3, 2003.Disponível em:<<http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/309>>.Acesso em : 25.set.16

PRASAD, Majeti.N.V. Phytoremedio of metal in the environment for sustainable developed Proceedings of the Indian Academy of Sciences, v.B70, n.1, p.71-98,2004.Disponível em<http://www.dli.gov.in/rawdataupload/upload/insa/INSA_1/2000c4de_71.pdf>.Acesso em: 24 set.2010

GRATÃO, Priscila.L.;POLLE, Andrea.;LEAN,Peter.J.;AZEVEDO,Ricardo.A.;Making of life of heavy metal –stressed plants a little easier.Fuunctional Plant Biology, v.32, n.6, p.481-494.Disponível em :<https://www.researchgate.net/publication/262995774_Making_the_Life_of_Heavy_Metal-Stressed_Plants_a_Little_Easier.>Acesso em : 29 set.2016

RICE, Eugene. W.; BAIRD, Rodger. B.; EATON, Andrew D. Standard Method for the examination of Water and Wastewater.22nd ed. Washigton: American Public Health Associantion, American Water Works Associaton, Water Environment Federation
ROBISON, Bret.; LEBLANC, Marc.;PETIT, Daniel.; BROOKS, Robert.; KIRKMAN,

John. The Potential of some plants hyperaccumulators for phytoremediation contaminated soils Possibilés d'utilisation des plantes hyperaccumultrices pour la restauration des sols contaminés. Soil Congress, 1998. Disponível em: <<http://nates.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp38/102-t.pdf>>. Acesso em: 10. ago.2016

SANTOS, Edylaine. Macrófitas aquáticas em tratamento de águas contaminadas por arsênio. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Saneamento Básico, Universidade Federal de Ouro preto, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2192>>. Acesso em: 10 out.2015

SILVA, Aurora.F.; FIÚZA, Antonio . Distribuição e comportamentos do Arsênio em ambientes naturais. Resumo. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. Disponível em : <http://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/DOC_3605.pdf> Acesso em 25.set.2016.

SILVA , Ivo. R.; SMITY, Thomas.J.; RAPER, David.C.; CARTER, Thomas.E.; RUFTY, Thomas.W. Differential Aluminum Tolerance in Soybean: Na Evolution of the role of organic acids. *Physiologia Plantarum*, v.112, p.200-210, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1399-3054.2001.1120208.x/abstract>>. Acesso em: 28.set.2016.

SCHENIDER, Ivo.A.H. Bissorção de Metais Pesados com a Biomassa. 1995. 141 dissertação (Doutor em Engenharia, Área de concentração-Metalúrgia Extrativa) Departamento de Eng.de Minas, Universidade, Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96089/000202084.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 set.2015

SCHWITGUÉBEL, Jean-Paul. Potential of phytoremediation, an emerging green Technology. *Indian academy of Sciences*, v.B70, n.1, p.131-152, 2014.

Disponível em :

<Http://www.dli.gov.in/rawdataupload/upload/insa/INSA_1/2000c4de_131.pdf> _

Acesso em: 14 set.2015

SMITH, Allan.H.; LIGAS, Elena.; RAHMAN, Mahfuzar. Contamination of drinking –water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Special Theme –Environment and Health*. v,78, n,9, 2000

.Disponível em: <[http://www.who.int/bulletin/archives/78\(9\)1093.pdf?ua=1](http://www.who.int/bulletin/archives/78(9)1093.pdf?ua=1)>.

Acesso em :20.set.2016

SOOD Anjuli.; UNİYAL, Perm.; PRASAN, Radha.; AHLUWALIA, Amrik. Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, *Azolla*. *Ambio-*

A Journal of the Human Environment, Holanda, v.41, 2.mar.2012. Disponível

em:<<http://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/1754-6834-7-30>>.

Acesso em: 22 set.2015

SOUZA, Cristiano F. dos.; NOVAK, Elaine. Revista Ciências Ambientais-RCA, v.7, n1. p.67 a 78, 2013. Disponível em
<<http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/viewFile/1044/882>.
Acesso em: 21 out.2015

SOUZA Debora. C.; LOCASTRO João Carlos.; BARBOSA Sonia. L.; Iwakura Luciana.2015. Bioaccumulation of Trivalent Chromium in the Aquatic Macrophytes *Typha domingensis* L. and *Pontederia parviflora* Alexander. Journal of Agriculture Food and Development, v.1. p. 10-14. Disponível em:
<<http://www.revotechpress.com/pms/index.php/jafd/article/view/9/20>>. Acesso em: 15.Jul .2016.

TAVARES, Silvio. R.L.de. Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos (Doutorado em pós-graduação em Engenharia Civil) Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em :
<<http://www.getres.ufrj.br/pdf/Tese%20Silvio%20Completa.pdf>>. Acesso em: 17 set.2015

TEXAS WATER RESOURCES INSTITUTE. Drinking Water Problems: Arsenic, 2005. Disponível em :<http://publication.tamu.edu/water/L-5467.pdf>. Acesso em : 25.set.2016

TORRES, Izabel. I.; TORRES, Sergio. L.; GOMES, Leila.C.de. Termo de cooperação interinstitucional para a gestão integrada de águas subterrâneas e águas minerais no estado de São Paulo. Bonito - MS Bonito: Associação Brasileira de Águas subterrânea, 23.out.2012. Disponível em:
<<Http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/27791/18020>> Acesso em: 10 set.2015

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1981. Environmental health criteria. Disponível em:
<[http://file:///C:/Users/Marcos/Documents/TCC/artigos%20sobre%20arsenio/Arsenic%20\(EHC%2018,%201981\)](http://file:///C:/Users/Marcos/Documents/TCC/artigos%20sobre%20arsenio/Arsenic%20(EHC%2018,%201981)). Acesso : 27 out.2015

WUANA, Raymon.A.; OKIEIMEN, Felix. E. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. International Scholarly Research Network, Nigéria, v.2011, Ago. 2011. Disponível em:
<<https://www.hindawi.com/journals/isrn/2011/402647/>. Acesso em 25. set.2016