



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**TEORES DE MERCÚRIO EM PLANTAS DO CERRADO
SENSO RESTRITO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS
EMENDADAS, DISTRITO FEDERAL**

AUTORA: LUCIANA FROTA MADEIRA

ORIENTADOR: JOSÉ VICENTE ELIAS BERNARDI

COORIENTADORA: DULCE ROCHA

Planaltina - DF

Julho 2013



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**TEORES DE MERCÚRIO EM PLANTAS DO CERRADO
SENTIDO RESTRITO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA
ÁGUAS EMENDADAS, DISTRITO FEDERAL**

AUTORA: LUCIANA FROTA MADEIRA

ORIENTADOR: JOSÉ VICENTE ELIAS BERNARDI

COORIENTADORA: DULCE ROCHA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciado do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação do Prof. José Vicente Elias Bernardi e coorientação da Prof.(a) Dulce Rocha.

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só foi possível graças à colaboração direta e indireta de muitas pessoas as quais venho aqui externar meus agradecimentos.

A Deus por estar aqui e por providenciar tudo em minha vida.

Ao orientador Prof. José Vicente Elias Bernardi pela oportunidade de pesquisa, confiança, orientações e sugestões.

A co-orientadora Dulce Rocha pelo carinho, paciência para nos ensinar a coletar e identificar plantas do Cerrado, pelas correções e conselhos.

Ao Prof. Jurandir R. de Souza pela confiança e auxílio nas análises de mercúrio no Laboratório de Química Analítica e Ambiental – UnB.

Aos alunos de Mestrado e colegas Naamã e Joelma e ao egresso Thiago Kisaca pelo auxílio nas análises químicas.

Ao técnico Tucano pelo auxílio na preparação das amostras no Laboratório de Ecologia – UnB e auxílio nas coletas e identificações de plantas.

Aos colegas Bruno e Juruna pelo auxílio nas coletas, georreferenciamento dos pontos e companheirismo.

A amiga Karina pela amizade, carinho, compreensão, incentivo e companheirismo nas leituras, coletas, análises, discussões, ou seja, em todas as horas.

Ao meu namorado pela revisão, incentivo e carinho nos momentos de apreensão.

Aos familiares e amigos pelo carinho e apoio constante.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho estendo aqui os meus sinceros agradecimentos.

TEORES DE MERCÚRIO EM PLANTAS DO CERRADO SENTIDO RESTRITO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS EMENDADAS

Luciana Frota Madeira¹

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as concentrações de mercúrio total (Hg) no estrato arbóreo e herbáceo (gramíneas) da vegetação de cerrado *sensu stricto* da Estação Ecológica Águas Emendadas, Planaltina – DF, Brasil. A concentração do Hg foi determinada por espectrometria de absorção atômica. Os teores médios encontrados no estrato arbóreo e herbáceo foram de 36 ng/g (5,32-80,9 ng/g) e 15ng/g (4,54-48,5 ng/g), respectivamente. As famílias *Annonaceae*, *Vochysiaceae* e *Fabaceae* apresentaram as maiores concentrações médias (> 40 ng/g de Hg). O estudo revelou que as espécies do cerrado estudadas bioacumularam nos seus tecidos foliares concentrações de Hg abaixo dos valores de fitotoxicidade e por isso convivem naturalmente com este metal sem apresentar quaisquer efeitos deletérios. Entretanto, são necessários estudos mais específicos da origem e dinâmica do mercúrio nesses ambientes e da resposta fisiológica das plantas.

Palavras chave: bioacumulação, mercúrio, diferentes estratos, mecanismo de tolerância.

ABSTRACT

This study has the objective of evaluating the total mercury concentrations (Hg) in the arboreous and herbaceous (grass) stratum of the cerrado vegetation *sensu stricto* of Estação Ecológica Águas Emendadas, Planaltina-DF, Brazil. The concentration of Hg was determined by atomic absorption spectrometry. The average levels found in arboreous and herbaceous stratum was 36 ng/g (5.32 - 80.9 ng/g) and 15ng/g (4.54 - 48.5 ng/g), respectively. The families *Annonaceae*, *Vochysiaceae* and *Fabaceae* had the highest average concentrations (> 40 ng/g de Hg). The study revealed that the cerrado species studied uptake Hg concentrations in its leaf tissue below the values of phytotoxicity and therefore coexist naturally with this metal without presenting any deleterious effects. However, further study is needed of the specific origin and dynamics of mercury in these environments and the physiological response of plants growing in environments rich in Hg.

Key-words: mercury, uptake, arboreous and herbaceous stratum, mechanisms of tolerance

1. INTRODUÇÃO

O Bioma Cerrado ocupa uma extensa área da América do Sul, estimada em mais de 2 milhões de km², localizados principalmente no Planalto Central do Brasil (RIBEIRO & WALTER, 1998). Dentre as fitofisionomias, o cerrado sentido restrito, ocupa aproximadamente 70% do bioma Cerrado e caracteriza-se pela coexistência de dois tipos de forma de vida distintos:

¹ Curso de Ciências Naturais - Faculdade UnB de Planaltina

o estrato lenhoso composto por árvores e arbustos e o estrato rasteiro constituído por subarbustos e herbáceas, particularmente gramíneas (BRITO, 2008). A ocorrência do fogo no Cerrado, por causa natural ou antrópica, é comum durante o período seco, sendo apontado como um importante agente na manutenção das suas fitofisionomias (COUTINHO, 1990), podendo induzir mudanças bióticas e abióticas na estrutura e funcionamento do ecossistema (OLIVEIRA *et al. apud* BARBOSA, 2006).

O termo elementos traço tem sido usado para tratar de alguns elementos (catiônicos e aniônicos) presentes em baixas concentrações (usualmente < 0,1%) em solos, plantas e animais, incluindo os seres humanos (SPARKS, 1995). Embora este termo tenha conotação de toxicidade, alguns desses elementos são essenciais às plantas, isto é, sua presença é fundamental para permitir o funcionamento normal de algumas rotas metabólicas (AGUIAR *et al.*, 2002). Elementos como o Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em baixas concentrações são essenciais para o crescimento das plantas, enquanto outros como o Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Cromo (Cr) não tem nenhuma atividade biológica e, mesmo em baixas concentrações, podem provocar efeito deletério no metabolismo das plantas (LASAT, 2002).

Embora a presença desses elementos traço seja comum em solos em condições naturais, as atividades humanas acabam de alguma forma adicionando ao solo materiais que contenham esses elementos em sua composição, podendo vir a comprometer a qualidade do ecossistema pela sua introdução na cadeia alimentar (CAMARGO *et al.*; 2001).

Um dos poluentes de maior risco para o equilíbrio ecológico e saúde humana é o Hg. Segundo McBride (1994), o Hg não desempenha nenhuma função biológica conhecida, e apresenta toxicidade relativa alta para plantas (1 – 3 µg/g de Hg na matéria seca) e para mamíferos, além de encontrar-se em formas solúveis ou voláteis e possuir caráter cumulativo.

Processos naturais como a ressuspensão de partículas pelos ventos, emanações vulcânicas e queimadas de florestas podem contribuir para as emissões naturais de mercúrio, além de que o intemperismo pode disponibilizar o mercúrio contido nas rochas (SOBREIRA *et al.*; MARTINS *et al. apud* TINÔCO 2008). A deposição atmosférica vem ganhando importância devido às altas emissões por atividades antropogênicas, como queimadas. Em solos agrícolas, o uso de

fertilizantes e fungicidas a base de mercúrio pode aumentar substancialmente as concentrações nesse meio (ALLOWAY *apud* TINÔCO 2008).

O ciclo biogeoquímico do mercúrio envolve todos os compartimentos da superfície terrestre, e uma importante parte desse ciclo é a emissão de solos (ALMEIDA *et al* 2009). No caso da Amazônia, Roulet *et al* (1998), calcularam que mais de 97% do mercúrio acumulado no solo são antropogênicos, sendo o solo um importante reservatório natural.

Nos solos, a forma catiônica Hg^{2+} é a mais comum, já que o estado de oxidação reduzida (+1) tem uma faixa limitada de estabilidade. A redução para a forma Hg^0 metálico, é facilmente obtida nos solos tanto por reações biológicas quanto químicas. Sob condições anaeróbicas mínimas, os micróbios do solo fazem a metilação do mercúrio, formando compostos organomercuriais voláteis que são biodisponíveis e apresentam um risco à saúde. A acumulação do mercúrio no solo tende a se correlacionar com o teor de matéria orgânica. A toxicidade para organismos é geralmente atribuída às condições do solo que favorecem a produção de formas voláteis de Hg; evidentemente, cátions de Hg^{2+} que interagem fortemente com o húmus e argilas para limitar a disponibilidade para plantas e animais (McBride, 1994).

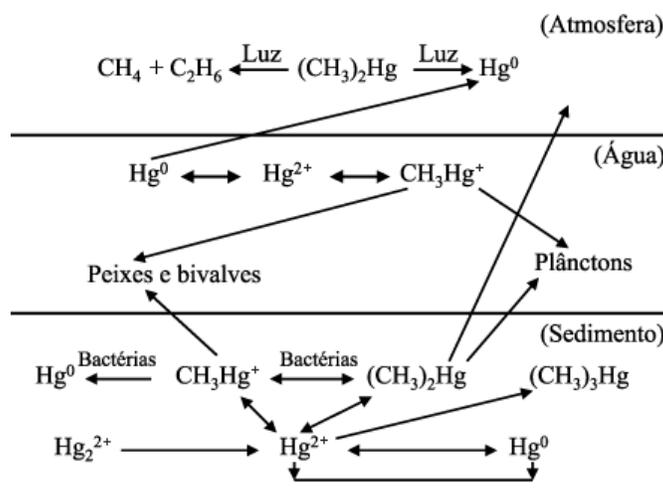


Figura 1: Principais reações que podem ocorrer no sedimento ou solo, água e atmosfera. Retirado de Bisinoti & Jardim (2004).

No cerrado, a estação seca bem definida favorece o aparecimento de fogo, este leva à mortalidade de plantas lenhosas, expondo o solo à erosões, causando a liberação de nutrientes e um temporário aumento da sua disponibilidade (BUSTAMANTE *et al.*, 2002). No caso de incêndios, os nutrientes podem ser volatilizados, perdidos no transporte de partículas, depositados como cinza ou vir a permanecer na vegetação queimada, podendo ocorrer em caso de chuvas à lixiviação dos nutrientes para as camadas mais profundas dos solos (KAUFFMAN *et al. apud* BUSTAMANTE *et al.*, 2002).

Segundo Elias (2003), as plantas possuem capacidades diferentes de absorver íons inorgânicos e diversas substâncias orgânicas, que inicialmente julgava-se impossível encontrar plantas capazes de absorver e acumular grandes quantidades de compostos ou elementos contaminantes.

Com relação à resposta das plantas à biodisponibilidade de elementos traço no solo, estas podem ser classificadas como sensíveis, tolerantes, acumuladoras ou hiperacumuladoras. As sensíveis não apresentam mecanismos de escape ou tolerância a determinados íons, e, desta forma, têm dificuldades em colonizar e sobreviver em solos com altos teores de metais (natural ou artificialmente). As plantas tolerantes, sujeitas a presença de metais desenvolveram a habilidade de evitar a absorção de metais ou excluí-los com o intuito de reduzir a sua incorporação celular. Já as plantas acumuladoras ou hiperacumuladoras acumulam enormes concentrações de determinados elementos traço, mas para isso desenvolvem mecanismos de detoxificação de metais (GOODLAND & FERRI 1979; LEVITT 1980; HARIDASAN 2000; LARCHER 2000; SIEGEL 2002; CAI *et al.* 2004; CORRÊA 2006).

Embora existam muitas incertezas sobre a especificidade dos mecanismos de absorção dos elementos traço, geralmente o teor e o acúmulo do elemento nos tecidos são funções da sua disponibilidade na solução do solo. Assim, os teores nas raízes e na parte aérea aumentam com a elevação da concentração de metais na solução do solo (GUSSARSSON *et al. apud* SOARES *et al.*, 2001). Os elementos traço absorvidos sofrem um transporte radial na raiz e seguem essencialmente via xilema, podendo alcançar as folhas e alterar a estrutura e a funcionalidade das células de algumas organelas (BARCELÓ & POSCHENRIEDER, 1992).

Segundo Oliveira (2005), a importância de se estudar a biodisponibilidade do Hg no ambiente é justificada pela elevada toxicidade e potencial de bioacumulação e biomagnificação que este metal apresenta associado a um ecossistema naturalmente dinâmico, característica intensificada pelas atividades antropogênicas.

Como assegurado na lei nº 6902, Estações Ecológicas são áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento da educação conservacionista e pelo menos 90% ou mais da área de cada Estação Ecológica será destinada, em caráter permanente à preservação integral da biota. Além disso, as Estações Ecológicas são implantadas e estruturadas de modo a permitir estudos comparativos com as áreas da mesma região ocupadas e modificadas pelo homem, a fim de obter informações úteis ao planejamento regional e ao uso racional de recursos naturais (BRASIL, Lei 6.902/81, de 27 de abril de 1981).

Estudos da dinâmica biogeoquímica do Hg na vegetação ainda são desconhecidos nos ambientes de Cerrado. Deste modo, estão sendo desenvolvidos pelo nosso grupo estudos da disponibilidade natural de Hg nos principais compartimentos como Hg no solo, água, biota e Hg gasoso (atmosférico) de uma área de cerrado nativo a fim de conhecer o ciclo deste metal nos ambientes de Cerrado, além de inferir sobre sua origem e susceptibilidade aos riscos ambientais e à saúde humana.

Este estudo tem por objetivo medir os teores de Hg nos tecidos foliares de espécies do estrato arbóreo e herbáceo (gramíneas) da vegetação de cerrado sentido restrito da Estação Ecológica Águas Emendadas a fim de determinar a acumulação natural de Hg nas plantas nativas.

Objetivos Específicos

- a) Gerar conhecimento de parâmetros dos teores de Hg nas plantas em ambientes naturais de áreas nativas do Cerrado;
- b) Conhecer a amplitude da concentração natural de Hg em tecidos de famílias de plantas nativas do cerrado;

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia Mestre D'Armas possui uma significativa área de preservação, em torno de 20%, referente à Estação Ecológica de Águas Emendadas, como também as lagoas naturais como Lagoa Bonita e Joaquim Medeiros. Além do Ribeirão Mestre D'Armas (região hidrográfica do Rio Paraná), os córregos Vereda Grande e do Brejinho drenam a unidade de conservação de Águas Emendadas, juntamente com as bacias do rio Maranhão e do Ribeirão Palmeiras (região hidrográfica do Rio Tocantins), possuindo solos hidromórficos em suas encostas. Podem ser encontrados também solos mais antigos como latossolos até solos jovens como cambissolos, neossolos litólicos e neossolos quartzarênicos.

O estudo foi realizado na Estação Ecológica Parque de Águas Emendadas – ESECAE, na cidade de Planaltina – DF(Figura 2), nos seguintes pontos georreferenciados (UTM Datum: Corrêgo Alegre): P1 X= 241763 Y=8305761; P2 X= 243275 Y= 8302562; P3 X= 242893 Y= 8303443; P4 X= 244329 Y= 8304478; P5 X= 244309 Y=8301121; P6 X= 221402 Y=8278658; P7 X= 221422 Y= 8278664; P8= 219202 Y= 8278664; P9= 219779 Y= 8274882; P10 X= 220857 Y= 8277669; P11 X= 221543 Y= 8278972; P12 X= 221988 Y= 8279690; P13 X= 222486 Y= 8280309; P14 X= 222948 Y= 8280905; P15 X= 223346 Y= 8282514; P16 X= 223671 Y= 8281830; P17 X= 224205 Y= 8282514; P18 X= 224225 Y= 8282523.

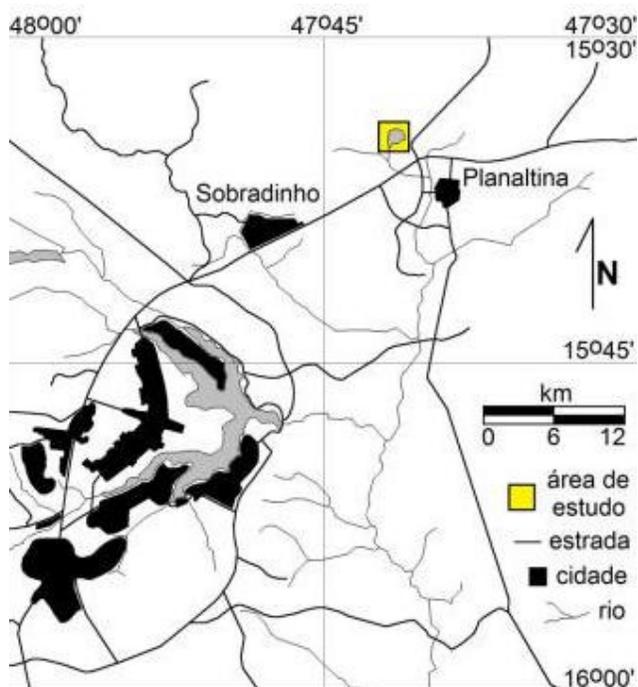


Figura 2: Área de estudo Estação Ecológica Águas Emendadas.

2.2. Desenho Experimental

As áreas de amostragem das plantas para estudos dos teores de Hg foram às mesmas utilizadas para a coleta de solo para os estudos de geoquímica ambiental. Foram selecionados 18 pontos de amostragem de solo em uma área de cerrado sentido restrito presente na Estação Ecológica Águas Emendadas, no qual, o ponto de amostragem do solo é definido como sendo ponto central das duas linhas que definem os quadrantes. Em cada ponto de coleta de solo, foram coletadas cinco amostras da vegetação nativa de cerrado sentido restrito num raio máximo de 20 m do ponto de coleta do solo, seguindo o método de ponto quadrante de Cottan & Curtis (1956) com modificações. Em cada quadrante foram coletadas amostras de (500 g) de espécies nativas com folhas vivas adultas e completamente verdes, mas não envelhecidas dos quatro indivíduos lenhosos mais próximos do ponto central, cujo diâmetro do caule estivesse acima de cinco cm e altura de 30 cm do solo. Devido à baixa presença de espécies da família Poaceae, foram coletadas amostras das espécies de gramíneas presentes nos quadrantes a fim de compor uma única amostra composta. Ao todo foram analisadas 90 amostras, sendo 72 amostras de indivíduos lenhosos do estrato arbóreo e 18 amostras de espécies de gramíneas do estrato herbáceo.

2.3. Análise Química

As amostras de tecido foliar foram secas em estufa a 60° C por 24 horas até obter peso constante. Foram pesadas amostras de 0,100 g de matéria seca moída e analisadas em triplicata. A concentração do Hg foi determinada por espectrometria de absorção atômica pelo Zeeman *mercury analyzer RA-915* – Lumex no Laboratório de Química Analítica e Ambiental da Universidade de Brasília – UnB. Foram utilizados padrões de 2, 5, 10, 15 e 30 ppm de Hg adicionados à água destilada em balões de 25 ml, além do branco (apenas água destilada) para a curva analítica, e após a calibração do equipamento, cada amostra foi analisada seca em forma de pó sem necessidade de diluição em solução, por 1 minuto ou até que o equipamento demonstre uma curva completa dos valores.

Análise Estatística

O tratamento estatístico foi feito pelo programa *Statistica 7.0* e os dados obtidos foram analisados por meio de medidas de posição e dispersão, teste de normalidade de Kolmogorov Smirnov. A posteriori foi definido o teste paramétrico t-student, para avaliar a hipótese nula entre as médias do estrato arbóreo e herbáceo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de Hg nas folhas foram diferentes nos dois estratos, observando-se maior variância nas gramíneas, como mostra a figura 3. Os valores de background de Hg no estrato arbóreo foram mais elevados do que no estrato herbáceo, com teores médios de 36 ng/g e 15 ng/g, respectivamente. Mediante o teste t de Student, observou-se que esta diferença é estatisticamente significativa ($t = 3,26$; $p < 0,001$; $n=18$ e $n=72$).

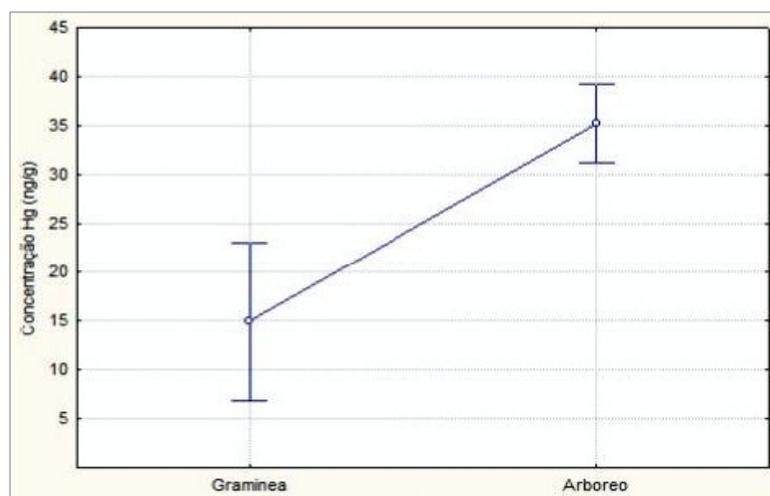


Figura 3: Variação de concentração de Hg (ng/g) no estrato arbóreo e herbáceo.

De acordo com Eltrop *et al.*, (1991), as espécies herbáceas tendem a apresentar maiores concentrações de elementos traço do que espécies lenhosas. Entretanto, neste estudo observou-se o contrário, as gramíneas apresentaram menores concentrações de mercúrio comparado aos indivíduos do estrato arbóreo. Segundo St-Louis (2001), o tipo do dossel da vegetação tem influência sobre o fluxo e concentrações de Hg. Uma das hipóteses é que em dosséis mais abertos típicos de algumas fitofisionomias do Cerrado, a perda de Hg para a atmosfera por meio de incêndios e *degassing* se dá com mais facilidade, fazendo com que as concentrações encontradas na vegetação se tornem menores.

Dentre outras razões, no estrato herbáceo, esta variância pode ser explicada devido o seu rápido crescimento em comparação com o arbóreo. Segundo Cho & Park (1999), dentre os fatores que afetam a disponibilidade de Hg do solo as plantas está à concentração externa e o tempo de exposição ao elemento traço, o tipo e a idade do tecido das plantas. Portanto, as

espécies lenhosas do estrato arbóreo tendem a apresentar maiores concentrações de Hg devido maior tempo de exposição e idade de seus tecidos foliares.

Os valores de background médios de Hg dos pontos de amostragem das plantas ficaram entre 31,32 e 78,89 ng/g no estrato arbóreo e entre aproximadamente 4,54 e 39,47 ng/g no estrato herbáceo, de acordo com a figura 4. A absorção de metais pelas plantas é influenciada por vários fatores como pH do solo, matéria orgânica e capacidade de troca iônica, bem como de espécies de plantas e sua idade. A mobilidade e disponibilidade de elementos traço no solo são geralmente baixos, especialmente quando há o aumento de pH, argila e matéria orgânica (Jung & Thornton, 1996; Rosselli *et al*, 2003; Pivic *et al.*, 2012). Em solos do cerrado em que o pH e a matéria orgânica são naturalmente baixos, a disponibilidade de elementos traço como o Hg tendem a aumentar. Uma das hipóteses é que os teores de Hg acumulados pelas famílias de plantas estudadas nos dois estratos sejam resultado da biodisponibilidade natural de Hg no solo, mas ainda são necessários análises dos teores de Hg presentes no solo.

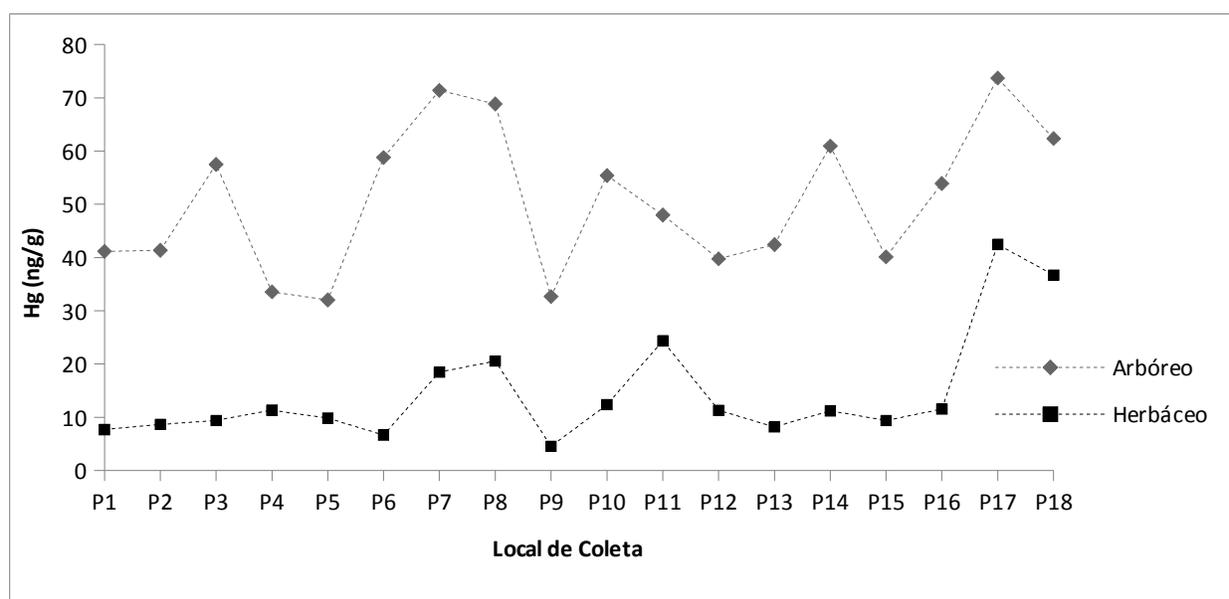


Figura 4: Hg no estrato herbáceo e arbóreo em cada ponto de coleta.

A Tabela 1 apresenta a concentração média crítica e tóxica de Hg em plantas de acordo com Kloke *et al.* (1984) e Kastori *et al.*, (1997). Pode-se observar que as concentrações de background encontradas nas famílias de plantas estudadas (figura 4; tabela 2) encontram-se dentro nos valores de teores normais de Hg em plantas segundo Kloke *et al.* (1984), o que leva a supor que os teores de Hg encontrados na Estação Ecológica provavelmente são de origem

natural e que as plantas convivem com o elemento Hg em baixas concentrações sem maiores consequências.

Tabela 1: Concentrações médias críticas e tóxicas de Hg em plantas de acordo com Kloke *et al.* (1984) * e Kastori *et al.*, (1997) **

Elemento	Teor normal em plantas *	Teores críticos para o alimento de planta *	Concentração Crítica **	Concentração Tóxica **
Hg	<0,1 – 0,5 (mg/kg ⁻¹)	0,5 – 1 (mg/kg ⁻¹)	2 (µg.g ⁻¹)	5 (µg.g ⁻¹)

Das 21 famílias do estrato arbóreo amostradas (Tabela 2), observaram-se sete famílias mais frequentes (acima de cinco indivíduos), dentre elas, os indivíduos das famílias arbóreas *Annonaceae*, *Vochysiaceae* e *Fabaceae* apresentaram as maiores concentrações médias (> 40 ng/g de Hg ms). O estudo sugere diferentes mecanismos de tolerância e respostas fisiológicas a metais de acordo com a biodisponibilidade de elementos no solo, que podem ser explicadas devido às características genéticas intrínsecas dos indivíduos de cada família.

Tabela 2: Valores de background de Hg nas 21 famílias arbóreas estudadas

Família	Concentração Média de Hg (ng/g)	n	Amplitude	Desvio Padrão
Annonaceae	53,9	5	29,41-80,89	24,06
Vochysiaceae	52	8	41,66-69,52	8,76
Myrtaceae	50,03	1	-	-
Sapotaceae	47,1	3	33,94-70,05	19,94
Caryocaraceae	43,42	2	39,31-43,8	3,17
Fabaceae	41,25	15	5,32-63,29	16,77
Erythoxylaceae	31,07	5	18,11-59,59	17,21
Lauraceae	34,88	1	-	-
Verbenaceae	34,26	1	-	-
Malpighiaceae	29,74	2	23,8-35,9	5,94
Ochnaceae	27,8	5	19,83-38,11	12,29
Moraceae	27,72	5	12,49-37,71	10,45
Connaraceae	25,23	2	14,47-31,41	11,97
Araliaceae	24,41	2	22,97- 25,86	2,04
Guttiferae	23,86	2	18,32-29,41	7,84

Melastomataceae	23,72	6	9,05-48,41	13,82
Lythraceae	20,49	1	-	-
Symplocaceae	17,4	1	-	-
Proteaceae	17,15	3	10,95-28,74	9,03
Lecythidaceae	7,83	1	-	-
Anacardiaceae	6,95	1	-	-

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo indica a presença de Hg nas espécies nativas do cerrado estudadas em baixas concentrações como esperado, já que se trata de uma área de preservação integral, entretanto sua fonte ainda é desconhecida. As concentrações encontradas ficaram abaixo dos valores de fitotoxicidade, o que leva a crer que as plantas que crescem em solos com presença de Hg em baixas concentrações convivem com este elemento traço sem apresentar quaisquer efeitos deletérios.

Por tratar-se de uma análise exploratória são necessários estudos específicos da origem do Hg, das suas espécies químicas disponíveis no ambiente assim como da forma de absorção do Hg nas plantas e as respostas fisiológicas daquelas que crescem em ambientes ricos em Hg para assim descrever o ciclo do Hg nos ambientes de Cerrado.

4.1. Perspectivas futuras

O presente trabalho despertou uma série de questões a serem abordadas em novos estudos, algumas delas inéditas na literatura referente à ambientes de Cerrado, são elas: Quanto à origem do Hg na ESECAE, este é de origem natural das rochas ou de origem antrópica advindo de fertilizantes e pesticidas dos sistemas agrícolas dos arredores da área de estudo e/ou queimadas na forma de Hg atmosférico? Quanto à absorção, qual a espécie química do Hg que as plantas são capazes de absorver? Este Hg pode ser absorvido por animais herbívoros por meio da biomagnificação do metal? Existem consequências ambientais e os riscos à saúde pública?

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Química Nova*, São Paulo, v. **25**, p. 1145-1154, 2002.

ALMEIDA, M. D; LACERDA, L. D; ALMEIDA, R; OLIVEIRA, R. C; BASTOS, W. R; MARINS, R. V. Degassing de mercúrio em solo de floresta e pastagem em candeia do jamarí-RO. *Geochimica Brasiliensis*, vol. **23**, p. **151-158**. Porto Velho, 2009.

BARBOSA, M. M. **Florística e fitossociologia de cerrado sentido restrito no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT**. Dissertação de Mestrado. Cuiabá: 2006. 39p. Universidade Federal de Mato Grosso.

BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, Ch. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y Planta*, 2:345-361, 1992.

BRASIL **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providencias. Diário oficial da república Federativa do Brasil. Acessado em: 25/06/2013 Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm>.

BISINOTI, M. C; JARDIM, W. L. O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente. *Química Nova*, vol.27 no.4. São Paulo, 2004.

BRITO, D. Q; et al. Resposta do Estrato Rasteiro ao Aumento da Disponibilidade de Nutrientes em uma Comunidade de Cerrado. **IX Simpósio Nacional Cerrado, Parla Munid**, Brasília, 2008.

BUSTAMANTE, P., TEYSSIÉ, J-L., FOWLER, S.W., COTRET, O., DANIS, B., MIRAMAND, P., WARNAU, M. Biokinetics of zinc and cadmium accumulation and depuration at different stages in the life cycle of the cuttlefish *Sepia officinalis*. **Marine Ecology Progress Series 231**, p. **167-177**, 2002.

CAMARGO, F. A; ZONTA, E; SANTOS, G.A; ROSSIELO, R. O. P. Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez a ácidos orgânicos voláteis em plantas. *Ciência Rural, Santa Maria*, v.**31**, n.**3**, p.523-529, 2001.

CHO, U., PARK, J. Changes in hydrogen peroxide content and activities and antioxidant enzymes in tomato seedlings exposed to mercury. *Journal of Plant Biology*, v. 42, p. 41–48, 1999.

CORRÊA, T. L. **Bioacumulação de metais pesados em plantas nativas a partir de suas disponibilidades em rochas e sedimentos: o efeito na cadeia trófica.** Dissertação de Mestrado, 2006. 143p. Universidade Federal de Ouro Preto-MG.

COUTINHO, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: **Fire in the tropical biota.** Ed. J.G. Goldammer. New York: Springer-Verlag., cap. 6, p. 82-105, 1990.

ELIAS, E. P. **Absorção de alguns metais pesados pela Homolepis aturensis (H.B.K.) Chase.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, 2003.

ELTROP, L.; BROWN, G.; JOACHIM, O.; BRINKMANN, K. Lead tolerance of betula and salix in the mining area of Mechernich/Germany. *Plant and Soil*, 131:279-285, 1991.

KASTORI, R., PETROVIĆ, N; ARSENIJEVIĆ-MAKSIMOVIC, I. Teški metali i biljke. U: Teški metali u životnoj sredini, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, str. 196-257, 1997. In: PIVIC, R; STANOJKOVIC SEBIC, A; JOSIC, D. **Contents of Pb, Cu and Hg in soil and in plant material on Agricultural land surrounding the motorway E75 in the Section belgrade-presevo.** Third International Scientific Symposium Agrosym Jahorina, 2012. Disponível em: <http://www.agrosym.unssa.rs.ba/agrosym/agrosym_2012/dokumenti/3_zast_zivotne/21_OA_Pivic_Radmila.pdf> Acessado em: 25/06/2013

KLOKE, A; SAUERBECK, D. R; VETTER, H. The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains, 1984. In: PIVIC, R; STANOJKOVIC SEBIC, A; JOSIC, D. **Contents of Pb, Cu and Hg in soil and in plant material on Agricultural land surrounding the motorway E75 in the Section belgrade-presevo.** Third International Scientific Symposium Agrosym Jahorina, 2012. Disponível em: <http://www.agrosym.unssa.rs.ba/agrosym/agrosym_2012/dokumenti/3_zast_zivotne/21_OA_Pivic_Radmila.pdf> Acessado em: 25/06/2013

LASAT, M. M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. *Journal of Environment Quality*, v.31, p.109-120, 2002.

MCBRIDE, M. B. *Environmental chemistry of soils.* New York: Oxford University, 1994. 406p.

OLIVEIRA, M. L. J. **Comportamento geoquímico do Mercúrio (Hg) em solos de manguezais do Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

RIBEIRO, J. F. WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA – CPAC**, 1998. p. 89 -166.

ROULET, M.; LUCOTTE, M.; CANUEL, R.; RHEUALT, I.; TRAN, S.; GOCH, Y.G.D.; FARELLA, N.; DO VALE, R.S.; PASSOS, C.J.D.; DA SILVA, E.D.; MERGLER, D. & AMORIM, M. Distribution and partition of total mercury in waters of the Tapajós river basin, brazilian Amazon. **Science of Total Environment. Vol. 1, n. 213**, p. 203-211, 1998

SOARES, C. R. F. S; ACCIOLY, A. M. A; MARQUES, T. C. L. L. S. M; SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **R. Bras. Fisiol. Veg., vol. 13**, p. 302-315. Lavras, 2001.

SPARKS, D. L. **Environmental Soil Chemistry**. San Diego: academic, 1995, 352p.

ST-LOUIS, V. L; RUDD, J. W. M; KELLY, C. A; HALL, B. D; ROLFHUS, K. R; SCOTT, K. J; LINDBERG, S. E; DONG, H. Importance of the Forest Canopy to fluxes of Methyl Mercury and Total Mercury to Boreal Ecosystems. **Environmental Science Technology, v. 35**, p.3089-9098, 2001.

TINÔCO, A. A. P. **Avaliação de contaminação de mercúrio em Descoberto – MG**. Universidade Federal de Viçosa, 2008. Dissertação de Mestrado. 89 p.