

IV-223 - AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS EM AMOSTRAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ENTORNO DO ANTIGO LIXÃO DO AURÁ – BELÉM – PARÁ

Daiane Castro Antunes
Igor Perez Manzoli
Hermes Araujo de Aguiar
Leonardo Araújo Neves
Ronaldo Magno Rocha

Endereço: Av. Gov. José Malcher, 1148, Nazaré - CEP 66055-260. Belém, PA. Email: daiane.iesam@hotmail.com, igorpmanzoli@outlook, ronaldo.lacen@gmail.com

RESUMO

O presente estudo realizou uma análise para avaliar as concentrações de metais em amostras de águas superficiais de rios e lagos no entorno do antigo lixão do Aurá. Sendo assim, os rios Santana do Aurá e Guamá, e os lagos Bolonha e Água Preta, foram os locais selecionados para essa pesquisa, com pontos de coletas de amostras de água, selecionado em lugares estratégicos para uma melhor interpretação como se comporta a possível influência do lixão frente a possível contaminação por metais pesados dos corpos hídricos supracitados.

Com o objetivo de quantificar e avaliar essas concentrações de metais em amostras de águas e os seus valores máximos permitidos pela resolução 357/05 CONAMA, foram executadas análises através da técnica de Espectroscopia de Emissão Atômica ICP-OES, os metais quantificados nesta pesquisa foram Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti, V e Zn. Os elementos Ag, Al, Fe e Pb apresentaram níveis acima dos valores máximos permitidos pela Resolução 357/05 CONAMA. Para o aumento da confiabilidade analítica foi utilizado o MRC (Material de Referência Certificado) NIST 1640^a de água de rio, onde foi obtido uma recuperação de 87,5 a 104,71 % para os elementos selecionados. Baseando-se nesta constatação os resultados deste estudo, mostraram que as águas superficiais analisadas próximas ao lixão estão impróprias e não devem ser usadas pela população para as finalidades que se destinam, segundo sua classificação na referida resolução necessitam de ações do poder público que possibilitem a proteção das populações expostas.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Superficiais, Emissão Atômica, Metais Pesados.

1 INTRODUÇÃO

A região metropolitana de Belém-PA é altamente cortada por vários, rios, canais, igarapés, além de vários lagos artificiais, ocasionando várias preocupações com a falta de estrutura de saneamento básico e ocupações do solo de maneiras inconvenientes, que em conjunto com a grande incidência de precipitações na região, contribuem para o escoamento de vários poluentes para esses corpos hídricos.

Segundo a ABRELPE, (2014), os 450 municípios dos sete Estados da região Norte geraram, em 2014, a quantidade de 15.413 toneladas/dia de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), das quais 80,8% foram coletadas. Dos resíduos coletados na região, 64,5%, correspondentes a 8.041 toneladas diárias, ainda são destinadas a lixões e aterros controlados que, do ponto de vista ambiental, pouco se diferenciam dos próprios lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e saúde pública.

Com o passar do tempo à produção e aquisição de eletroeletrônicos vem aumentando, em conjunto com a necessidade de pilhas e baterias para seu funcionamento, criando um quadro de alerta quanto ao descarte desses materiais (pilhas, baterias e sucatas), já que possuem metais em sua composição, que ao serem descartadas em lixões, contribuem diretamente para a contaminação do meio ambiente.

Os metais podem ser introduzidos nos ecossistemas aquáticos de maneira natural ou artificial. Naturalmente, por meio do aporte atmosférico e chuvas, pela liberação e transporte a partir da rocha matriz ou outros compartimentos do solo onde estão naturalmente (PAULA, 2006). De modo artificial, por fontes

antropogênicas de diversos ramos: esgoto *in natura* de zonas urbanas, efluentes de indústrias, atividades agrícolas, e rejeitos de áreas de mineração e garimpos (CAJUSTE et al., 1991; GOMES; SATO, 2011; MORAES; JORDÃO, 2002).

As pilhas e baterias apresentam em sua composição metais considerados altamente tóxicos e perigosos a saúde humana, fauna e flora do ambiente. Os mais característicos são: arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), níquel (Ni), manganês (Mn), mercúrio (Hg) e zinco (Zn), por isso, são os principais elementos nos estudos de contaminação em peixes (CANLI; ATLI, 2003).

Os corpos hídricos têm capacidade de diluir e de assimilar esgotos e resíduos mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração. Entretanto, essa capacidade é limitada em fase da quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes (MENEZES et al., 2004).

Com tudo um sistema de tratamento de água convencional, que consiste em um sistema composto de adutoras, floculadores, decantadores, filtros e reservatórios, onde a água bruta passa por todos esses processos na Estação de Tratamento de Água (ETA) antes de ser distribuída à população, sendo frequentemente encontrado na maioria das estações de tratamento de água do país, não apresenta etapas específicas para a remoção de METAIS, em suas etapas de tratamento. Com isso proporcionando um grande problema caso a água dos mananciais que servem como fonte para a ETA e posteriormente para a distribuição, caso apresente altas concentrações de metais na água.

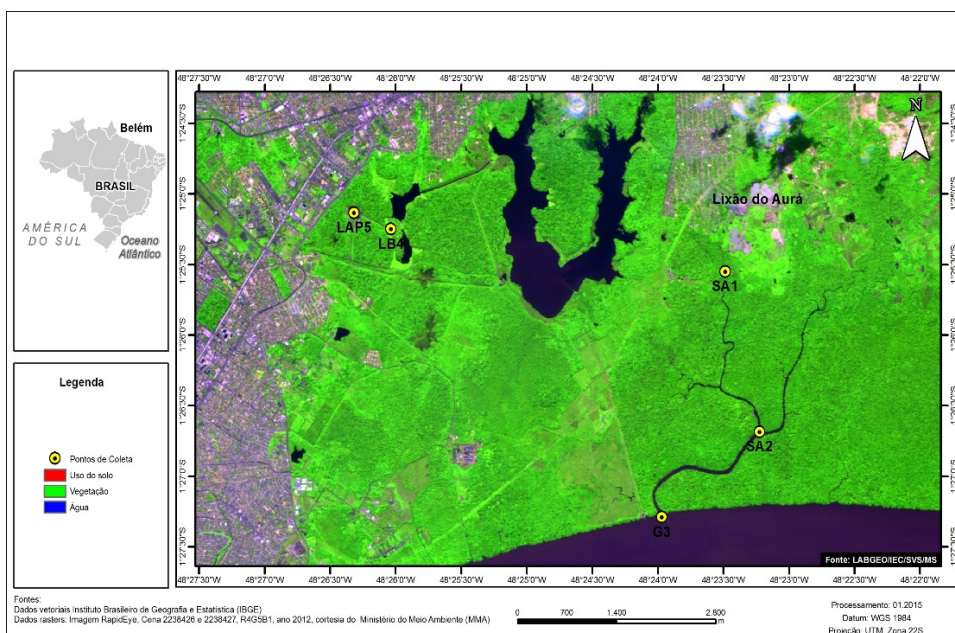
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESTAÇÕES DE COLETA

Os pontos de amostragem foram determinados seguindo o objetivo de verificar se há ou não influencia do lixão do Aurá aos corpos hídricos a suas proximidades, como demonstra a figura 1.

Definindo a área de estudo e estrategicamente onde se aplicar a amostragem, foram determinados cinco pontos de coletas de amostras de água para análise (figura 1), sendo dois deles no rio Santana do Aurá que está à direita do lixão do Aurá (SA1 e SA2). Escolendo até um rio de maior porte que serve como um dos fornecedores de água para abastecimento de Belém, rio Guamá (G3). Os demais dois pontos encontram-se, o quarto ponto (LB4) no Lago Bolonha e o quinto ponto (LAP5) na estação de tratamento de água (ETA) da COSANPA, onde a água é proveniente do lago água preta.

Figura 1 – Área de estudo e pontos de amostragem.



3.2 INFORMAÇÕES SOBRE A COLETA E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Na tabela 1 são apresentadas as informações do trabalho de coleta. A coleta das amostras de água seguiu o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS, 2011) e foi realizada em parceria com LACEN-SESPA. As amostras foram coletadas no entorno do lixão do Aurá, Lago Bolonha e Água Preta.

Tabela 1 - Informações da coleta.

| Local | Amostra | Localização | | Hora |
|----------------------------|-------------|----------------|-----------------|-------|
| | | Latitude | Longitude | |
| Rio Santana do Aurá | SA1 | S 01°25'33.1" | W 048° 23'29.1" | 08:00 |
| Rio Santana do Aurá | SA2 | S 01° 26'41.3" | W 048°23'13.4" | 08:30 |
| Rio Guamá | G3 | S 01°27'15.8" | W 048°23'59.6" | 09:00 |
| Lago Bolonha | LB4 | S 01°25'15.1" | W 048°26'02.2" | 16:00 |
| Lago Água Preta | LAP5 | S 01°25'08.1" | W 048°26'19.1" | 16:30 |

Fonte: Próprios autores (2016).

O ponto SA1 que está localizado no Rio Santana do Aurá, foi definido em função da proximidade ao lixão, cabe enfatizar que não foi possível coletar amostras em pontos mais próximos ao lixão devido à dificuldade de acesso, ficando cerca de 1 km do mesmo, apresentando vazão e área relativamente baixa tanto nos períodos de maré baixa e alta. Possui vegetação bastante densa as suas margens assim como pedaços de troncos e galhos no próprio corpo hídrico.

O ponto SA2 foi determinado por localizar-se intermediário entre o ponto A1 e G3, mas ainda sendo no rio Santana do Aurá, possui porte maior, assim como área, encontrando-se algumas residências as suas margens além de apenas vegetação, e também usado frequentemente como hidrovía para os moradores da localidade.

O ponto G3 foi escolhido por localizar-se em frente a captação de água do Rio Guamá, no qual é destinada para a estação de tratamento e posteriormente distribuição. Nesta localidade o rio apresenta grande extensão de área e bastante turbulência na sua superfície, sendo usado também bastante como via de acesso para embarcações de pequeno porte de família ribeirinhas que moram em suas proximidades.

O ponto LB4 ficou estabelecido por localiza-se no Logo Bolonha, Unidade de Conservação (UC) de proteção integral que está inserida na Área de Proteção Ambiental Metropolitana de Belém (APA - Belém), coletando a amostra próxima a sua captação para a estação de tratamento de água, possui vegetação aquática bem expressiva ao seu entorno.

Por fim o ponto LAP5, que foi escolhido por localizar-se na estação de tratamento de água, onde a água captada no Lago Água Preta, sendo água bruta e também pertencendo a UC inserida na APA – Belém.

Após a coleta, armazenamento e transporte das amostras, seguindo o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011) e, foi encaminhada ao Laboratório Central do Pará (LACEN-PA) para a determinação e quantificação de metais presentes nas amostras.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

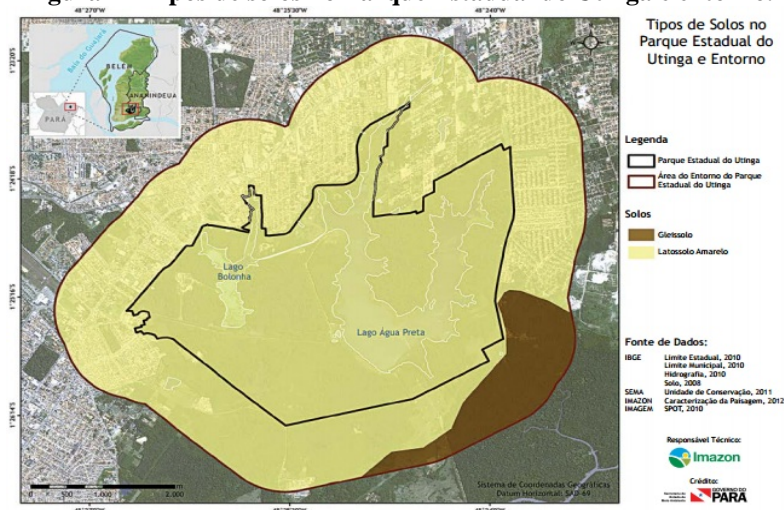
3.3.1 Solos

No parque predomina o latossolo amarelo, que ocupa 82,4% (1.149 hectares) da área. O restante da área (17,6%) do parque corresponde aos lagos Bolonha e Água Preta. Portanto, 100% da superfície terrestre da unidade de conservação é latossolo amarelo. No entorno mais próximo (1 quilômetro de raio) ocorrem dois

tipos de solos: o latossolo amarelo, em 88,2% (1.901 hectares) da área, e o gleissolo, em 11,5% (246,9 hectares) (figura 2) (IBGE, 2012).

O latossolo amarelo encontrado no parque apresenta as seguintes características: i) componente do tipo distrófico, típico de média A; ii) moderado plano plintossolo pétrico, concrecionário típico com média muito cascalhente A; e iii) moderado plano (IBGE, 2012). A fertilidade natural do latossolo amarelo é classificada pelo IBGE como baixa ou muito baixa, com altas concentrações de alumínio e óxidos de ferro. O solo do tipo gleissolo encontrado no entorno do parque apresenta componente distrófico típico argiloso e muito argiloso com ocorrência em terrenos planos (IBGE, 2012).

Figura 2 - Tipos de solos no Parque Estadual do Utinga e entorno.



Fonte: IBGE (2012a).

3.4 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

As coletas das amostras de água serão feitas intervaladas bimestrais, iniciando no começo do mês de abril e encerrando no início do mês de outubro sendo realizadas no ano de 2016, totalizando três períodos de coletas, valendo ressaltar que variando as coletas entre os períodos de maré alta e baixa. Assim sendo analisados os 20 metais estabelecidos e os enquadrando com a resolução CONAMA 357/05, referente a padrões de qualidade de água superficial de corpos hídricos, que são eles: Prata (Ag), Alumínio (Al), Bário (Ba), Cálcio (Ca), Cádmi (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Potássio (K), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Sódio (Na), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Estanho (Sn), Estrôncio (Sr), Titânio (Ti), Vanádio (V) e Zinco (Zn).

Coleta, transporte e preservação das amostras obedeceram ao Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011) e que aborda a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

Ahlers et al. (1990), estudaram a influência de um procedimento rigoroso de limpeza nos frascos de amostragem na determinação de zinco, em amostras de água de rio. Foram verificados desvios de até três vezes o valor real das amostras naquelas em que não era seguido o procedimento recomendado.

O recomendado é que durante a etapa de amostragem, mais de uma pessoa realize o processo de coleta da amostra, assim uma estando completamente protegida por meio de luvas e jaleco e possa então manusear os materiais e equipamentos limpos, enquanto a outra pessoa fica encarregada de manipular os materiais e equipamentos sujos, como as partes externas dos frascos e embalagens. Esses cuidados convêm tanto para amostras superficiais como em profundidade, onde se difere somente a forma de coletar as amostras.

O estudo abordado se refere a coleta de águas superficiais, em ambientes de águas tranquilas e com pouca turbulência, permite-se o uso de pequenos barcos movidos a motores de pouca potencia, e estas podem ser

coletadas manualmente submergindo os recipientes coletores. A amostragem deve ser feita sempre alguns centímetros abaixo da superfície para evitar a coleta da microcamada, pois esta é rica em matéria orgânica e metais pesados o que induz a avaliações errôneas do ambiente de estudo. Para evitar a coleta da microcamada, o recipiente deve ser submergido até a profundidade desejada, a coleta ocorre, somente retirando o recipiente coletor depois de ser devidamente fechado. Quando usadas embarcações, a coleta precisa ser realizada na sua prova e em contracorrente, impedindo que a água a ser coletada atinja o barco.

As amostras foram encaminhadas ao LACEN – PA, para posterior análise utilizando o ICP-OES para fornecimento dos resultados da concentração dos metais analisados nas amostras.

Ressaltando que todo período de transporte e armazenamento, as amostras permaneceram conservadas na faixa de temperatura 0°C e 4°C como recomendado pelo guia, assim preservando suas características.

3.5 DETERMINAÇÕES DE METAIS POR ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO ÓTICA COM PLASMA INDUTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-OES)

O ICP (plasma indutivamente acoplado) é um gás (é utilizado o argônio) parcialmente ionizado, numa proporção de menos de 1%, produzido por uma tocha de quartzo usando uma radiofrequência de 1-2,5 KW, sendo a amostra introduzida no centro da tocha na forma de aerossol, alcançando temperaturas de até 10000 K numa fração de segundos. Neste intervalo de tempo a amostra sofre dessolvção, vaporização, ionização e excitação eletrônica (SKOOG, HOLLER, NIEMAN, 1998).

Devido à elevada temperatura alcançada nesta técnica, o ICP-OES (Figura 3) é menos sujeito as interferências por elementos constituintes da matriz da amostra, sendo, portanto muito útil na análise elementar de amostras complexas como amostras ambientais (água, solo, sedimento) e biológicas (sangue, urina, tecidos).

Seu princípio analítico difere de outros métodos espectroanalíticos (por exemplo, AAS e UV-VIS), pois se baseia na emissão da radiação e não na absorção da radiação nos seus comprimentos de onda característicos, cuja energia emitida corresponde à diferença entre as camadas eletrônicas de seus átomos. Também difere destes por possibilitar a análise simultânea de até 70 elementos, sem a necessidade de mudar suas condições de operação para cada elemento a ser analisado (SKOOG, HOLLER, NIEMAN, 1998).

Figura 3 - Espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) varian, modelo Vista Pro.



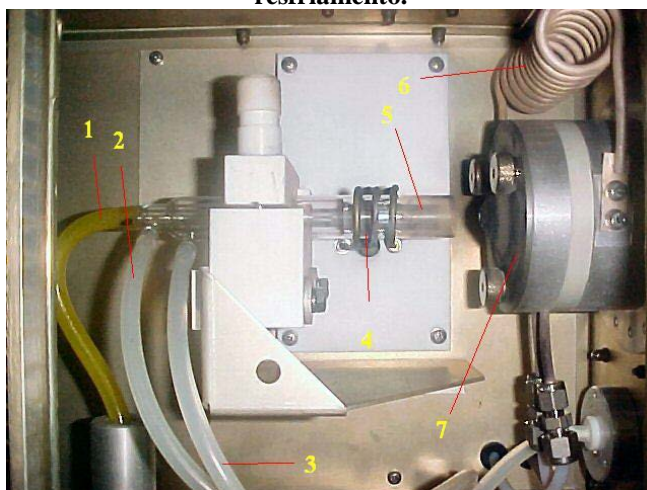
Fonte: Próprios autores (2016).

Plasmas são gases tendo fração significativa de seus átomos e moléculas ionizadas. Campos magnéticos prontamente interagem com plasmas, e uma dessas interações é o acoplamento induzido de campos variantes com o tempo com o plasma. Para entender a formação do ICP, deve-se lembrar que correntes de alta frequência fluindo numa bobina de indução geram campos magnéticos oscilantes cujas linhas de força são orientadas axialmente dentro da bobina. O campo magnético axial induzido faz com que partículas carregadas (elétrons e íons) fluam em caminhos anulares fechados. Os elétrons e íons encontram resistência ao seu fluxo, gerando assim aquecimento devido o efeito joule, que ocorre quando partículas carregadas se deslocam no

interior de um campo magnético, consequência disso é uma ionização adicional, provocando assim o surgimento do plasma de acoplamento induzido (Figura 4) tendo o formato de uma tocha (FASSEL, 1978).

Os espectros de emissão do plasma são frequentemente complexos, constituindo centenas e até milhares de linhas. Isto, embora pareça vantajoso, gera uma grande probabilidade da ocorrência de interferências espectrais na análise quantitativa. Consequentemente, a espectroscopia baseada na emissão por plasma necessita de sistemas óticos de maior resolução e consequentemente de custo mais elevado que aqueles empregados na espectroscopia de chama convencional (SKOOG, HOLLER, NIEMAN, 1998).

Figura 4 - Tocha ICP axial: 1) Tubo injetor de amostra; 2). Fluxo principal de argônio; 3) Fluxo de argônio auxiliar; 4) Bobina de radiofrequência; 5) Tocha de quartzo; 6) Bobina de ignição; 7) Cone de resfriamento.



Fonte: Próprios autores (2016).

As amostras foram analisadas utilizando-se o equipamento nas condições descritas na tabela 2.

3.6 QUALIDADE ANALÍTICA

Os comprimentos de onda λ das linhas de emissão, os limites de detecção e quantificação para cada elemento, assim como os parâmetros da curva analítica coeficiente angular, linear e de correlação estão na tabela 3, com valores de concentração em $\mu\text{g/L}$.

O limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) dos métodos foi realizado com a determinação de 10 brancos em momentos diferentes. O limite de detecção é definido como a menor quantidade de um analito que pode ser detectado em uma amostra. O limite de quantificação é a menor quantidade de um analito que pode ser quantitativamente determinada com adequada exatidão e precisão (LEITE, FONSECA, 2002).

Para o controle de qualidade e aumento da confiabilidade analítica das determinações foi utilizado um MRC Material de Referência Certificado NIST/SRM (National Institute of Standards and Technology) de elementos traço em água natural, onde foi avaliada a exatidão das análises com recuperações variando de 87,98 % a 113,46 %. Alguns elementos que não constavam do padrão de referência foram submetidos a testes de adição padrão replicando a análise de uma amostra natural com adição de solução com concentração conhecida dos metais. A faixa de recuperação encontrada foi de 87,5 a 104,71 %.

Tabela 2 - Condições de operação do ICP-OES.

| Parâmetros | Condições |
|----------------------------------------|-----------|
| Potência da radiofrequência (kW) | 1,4 |
| Pressão do nebulizador (kPa) | 180 |
| Fluxo de argônio do plasma (L/min) | 15 |
| Fluxo de argônio auxiliar (L/min) | 0,75 |
| Introdução da amostra (s) | 40 |
| Tempo de lavagem (s) | 30 |
| Tempo de estabilização (s) | 15 |
| Tempo de leitura (s) | 1 |
| Velocidade da bomba peristáltica (rpm) | 15 |

Fonte: Próprios autores (2016)

Figura 5 - Amostras análise



Fonte: Próprios autores (2016).

Foram utilizados recipientes de vidro borossilicato âmbar (figura 5), no intuito de proteção das amostras, pois são úteis para substâncias sensíveis a luz, sendo altamente resistente a substâncias químicas e ao estresse por choque térmico, preservando a qualidade da amostra de maneira mais eficaz. As amostras sendo conservadas desde a coleta até o momento de análise em caixa térmica com gelo.

A seguir a tabela 3, informa todos os 20 elementos que foram analisados e algumas características de cada um deles, como lambda (λ), limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ).

Sendo os seguintes elementos, prata (Ag), alumínio (Al), bário (Ba), cálcio (Ca), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn), sódio (Na), nitrato (Ni), chumbo (Pb), estanho (Sn), estrôncio (Sr), titânio (Ti), vanádio (V) e zinco (Zn).

Tabela 3 - Parâmetros analíticos

| Elementos | λ (nm) | LD ($\mu\text{g/L}$) | LQ ($\mu\text{g/L}$) | a | b | r |
|-----------|----------------|------------------------|------------------------|--------|---------|--------|
| Ag | 241,18 | 0,102 | 0,341 | 0,9973 | 0,0059 | 0,9996 |
| Al | 167,02 | 0,750 | 2,499 | 1,0046 | -0,0105 | 0,9994 |
| Ba | 455,40 | 0,145 | 0,482 | 0,9962 | 0,0082 | 0,9997 |
| Ca | 393,37 | 0,398 | 1,326 | 0,9805 | 0,0429 | 0,9987 |
| Cd | 228,80 | 0,827 | 2,757 | 0,9976 | 0,0052 | 0,9997 |
| Co | 238,89 | 0,142 | 0,475 | 1,0111 | 0,0110 | 0,9999 |
| Cr | 267,72 | 0,096 | 0,321 | 0,9984 | 0,0034 | 0,9992 |
| Cu | 213,60 | 2,779 | 9,263 | 0,9986 | 0,0031 | 0,9991 |
| Fe | 234,35 | 10,062 | 33,540 | 0,9985 | 0,0031 | 0,9991 |
| K | 766,49 | 0,102 | 0,341 | 0,9972 | 0,0064 | 0,9997 |
| Mg | 279,55 | 0,127 | 0,422 | 0,9954 | 0,0100 | 0,9992 |
| Mn | 260,57 | 0,081 | 0,270 | 0,9987 | 0,0028 | 0,9991 |
| Na | 589,00 | 1,325 | 4,418 | 0,9959 | 0,0099 | 0,9997 |
| Ni | 216,56 | 0,069 | 0,230 | 0,9984 | 0,0034 | 0,9989 |
| Pb | 182,14 | 0,787 | 2,624 | 0,9945 | 0,0478 | 0,9983 |
| Sn | 235,49 | 0,792 | 2,642 | 1,007 | 0,0047 | 0,9995 |
| Sr | 216,60 | 0,195 | 0,651 | 0,9987 | 0,0028 | 0,9988 |
| Ti | 334,94 | 0,123 | 0,411 | 0,9977 | 0,0049 | 0,9997 |
| V | 292,40 | 0,089 | 0,297 | 1,0096 | 0,0100 | 0,9999 |
| Zn | 202,55 | 0,985 | 3,283 | 0,9991 | 0,0019 | 0,9988 |

Fonte: Próprios autores (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ELEMENTOS QUÍMICOS

A água analisada, em termos de abundância, considerando os valores médios obtidos para os principais elementos, mostrou a seguinte sequência dos macroatômicos na geoquímica local: K > Na > Ca > Mg > Fe > Ba, o potássio é, portanto, o elemento de maior abundância na água superficial. Entre os elementos menores e traço a sequência encontrada foi Sn > Cu > Zn > Sr > Mn > Ni > V > Co. O Cr, Cd e Ti não apresentaram resultados válidos e não serão considerados neste estudo.

Em termos de média os elementos que estiveram acima dos limites máximos apontados pela legislação brasileira foi o Ag, Al e Pb. Os teores dos metais considerados tóxicos na 357/05.

Na tabela 4 demonstra a síntese dos dados obtidos, destacando os parâmetros fora do permitido pela resolução do Conama 357/05.

Tabela 4 – Resultados das análises dos elementos químicos.

| | RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS ELEMENTOS QUÍMICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|
| | Ag | Al | Ba | Ca | Co | Cd | Cr | Cu | Fe | K | Mg | Mn | Na | Ni | Pb | Sn | Sr | Ti | V | Zn |
| <i>PORTARIA 357</i> | 0,010 | 0,1 | 0,7 | -- | 0,001 | 0,05 | 0,05 | 0,009 | 0,3 | -- | -- | 0,1 | -- | 0,025 | 0,01 | -- | -- | -- | 0,1 | 0,18 |
| <i>SAI_1Coleta</i> | 0,012 | 0,413 | 0,055 | 5,604 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,354 | 14,114 | 3,187 | <LD | 10,596 | <LD | 0,012 | 0,185 | 0,016 | 0,028 | <LD | <LD |
| <i>SAI_2Coleta</i> | 0,019 | 0,391 | 0,070 | 5,395 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,359 | 13,997 | 3,191 | <LD | 10,559 | <LD | 0,026 | 0,130 | 0,016 | 0,026 | <LD | <LD |
| <i>SAI_3Coleta</i> | 0,011 | 0,413 | 0,075 | 5,593 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,376 | 14,194 | 3,201 | <LD | 10,618 | <LD | 0,015 | 0,175 | 0,017 | 0,031 | <LD | <LD |
| <i>SA2_1Coleta</i> | 0,023 | 1,280 | 0,040 | 3,256 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,977 | 5,823 | 1,995 | 0,092 | 3,909 | <LD | 0,001 | 0,226 | <LD | 0,074 | <LD | <LD |
| <i>SA2_2Coleta</i> | 0,015 | 1,277 | 0,038 | 3,226 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,978 | 5,813 | 1,971 | 0,092 | 3,978 | <LD | 0,002 | 0,237 | <LD | 0,075 | <LD | <LD |
| <i>SA2_3Coleta</i> | 0,018 | 1,295 | 0,037 | 3,197 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,961 | 5,731 | 1,949 | 0,090 | 3,954 | <LD | 0,006 | 0,288 | <LD | 0,071 | <LD | <LD |
| <i>G3_1Coleta</i> | <LD | 1,874 | <LD | 1,007 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,928 | 0,831 | 0,745 | 0,088 | 1,134 | <LD | <LD | 0,246 | <LD | 0,087 | <LD | <LD |
| <i>G3_2Coleta</i> | <LD | 1,893 | <LD | 0,981 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,926 | 0,824 | 0,745 | 0,090 | 1,054 | <LD | <LD | 0,279 | <LD | 0,092 | <LD | <LD |
| <i>G3_3Coleta</i> | <LD | 1,861 | 0,015 | 0,977 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,930 | 0,826 | 0,748 | 0,087 | 1,079 | <LD | <LD | 0,254 | <LD | 0,092 | <LD | <LD |
| <i>LB4_1Coleta</i> | <LD | <LD | 0,006 | 3,257 | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,351 | 1,435 | 0,020 | 3,449 | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD |
| <i>LB4_2Coleta</i> | <LD | <LD | 0,006 | 3,220 | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,370 | 1,445 | 0,018 | 3,346 | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD |
| <i>LB4_3Coleta</i> | <LD | <LD | 0,008 | 3,195 | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,332 | 1,434 | 0,019 | 3,363 | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD |
| <i>LAP5_1Coleta</i> | <LD | 0,581 | <LD | 3,241 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,076 | 1,374 | 1,422 | <LD | 3,308 | <LD | <LD | 0,121 | <LD | 0,024 | <LD | <LD |
| <i>LAP5_2Coleta</i> | <LD | 0,584 | 0,012 | 3,207 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,071 | 1,369 | 1,428 | <LD | 3,300 | <LD | <LD | 0,157 | <LD | 0,025 | <LD | <LD |
| <i>LAP5_3Coleta</i> | <LD | 0,580 | <LD | 3,165 | <LD | <LD | <LD | <LD | 1,065 | 1,337 | 1,420 | <LD | 3,255 | <LD | <LD | 0,138 | <LD | 0,025 | <LD | <LD |
| <i>BRANCO_1Coleta</i> | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD |
| <i>BRANCO_2Coleta</i> | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD |
| <i>BRANCO_3Coleta</i> | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD | <LD |

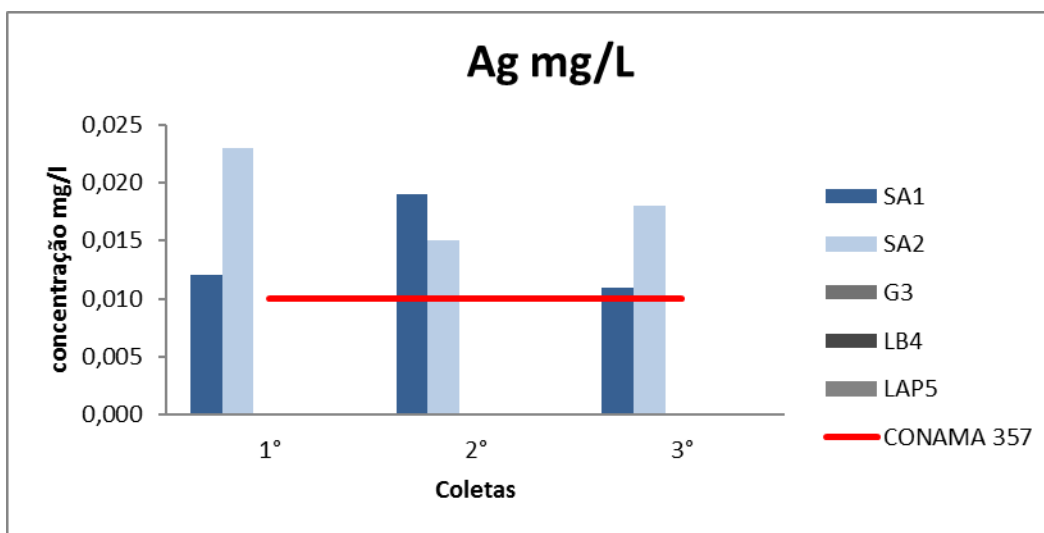
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|-------------|----|--------|-------|--------|--------|--------|----|--------|--------|----|------------|--------|----|---------|----|--------|------------|
| <i>MRC_NIST_1Coleta</i> | 5,860 | 49,210 | 149,10 0 | -- | 18,560 | 2,330 | 37,230 | 82,230 | 34,230 | -- | 35,820 | 35,230 | -- | 21,89 0 | 11,560 | -- | 120,230 | -- | 15,010 | 52,03 0 |
| <i>MRC_NIST_2Coleta</i> | 4,950 | 48,99 | 148,56 | -- | 17,89 | 2,010 | 36,780 | 81,120 | 37,120 | -- | 39,230 | 33,120 | -- | 22,47 0 | 11,030 | -- | 121,260 | -- | 14,030 | 51,90 0 |
| <i>MRC_NIST_3Coleta</i> | 5,890 | 48,320 | 147,69 | -- | 16,89 | 1,980 | 39,020 | 80,560 | 38,210 | -- | 37,250 | 39,190 | -- | 25,48 0 | 10,890 | -- | 129,100 | -- | 13,300 | 54,00 0 |

* <LD : Menor que o Limite de Detecção; * Resolução 357/05; Metais em mg/L
Fonte: Próprios autores (2016)

4.1.1 Prata

A figura 6 mostra a prata acima do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05 nos pontos SA1 e SA2, e nos demais pontos (G3, LB4 e LAP5) estiveram abaixo do limite de detecção do ICP-OES, atingindo valor máximo no ponto SA2, com uma concentração de prata de 0,023 mg/L.

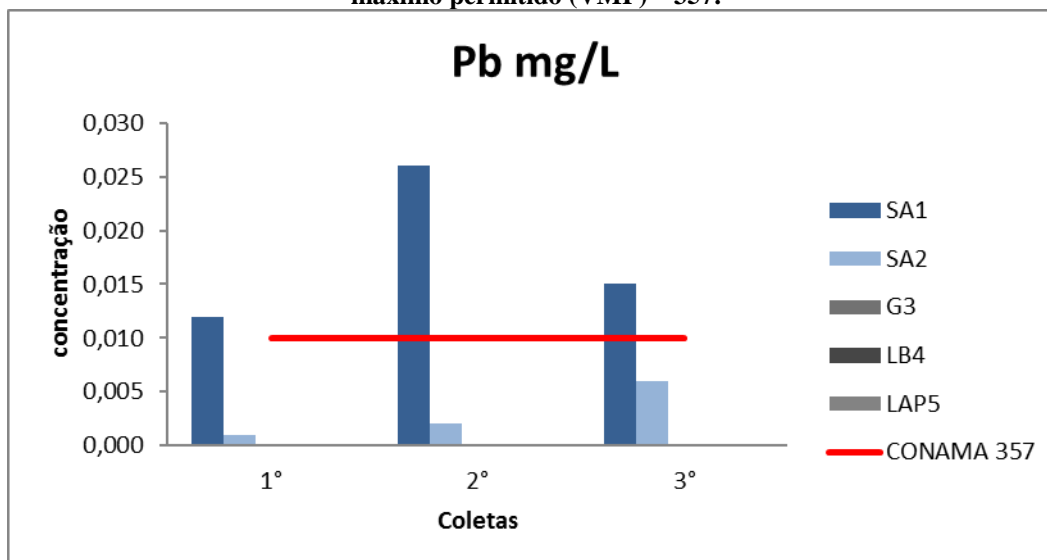
Figura 6 - Variação da Prata (Ag) (mg/L) presente na água nos pontos estudados frente ao valor máximo permitido (VMP) – 357



4.1.2 Chumbo

A figura 7 mostra o acima do limite máximo permitido pela Resolução 357/05 Conama nos pontos A1 e A2 avaliados, estando abaixo do limite de detecção do ICP-OES nos pontos A3, LBB e LAP com um valor máximo no ponto SA1 com uma concentração de chumbo de 0,026 mg/L.

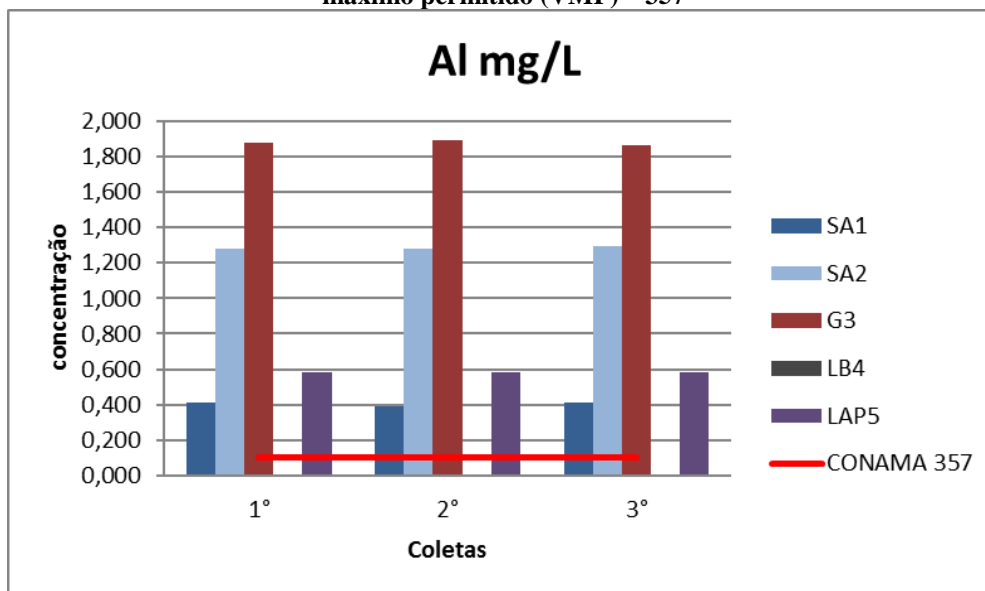
Figura 7 - Variação do Chumbo (Pb) (mg/L) presente na água nos pontos estudados frente ao valor máximo permitido (VMP) – 357.



4.1.3 Alumínio

A figura 8 mostra o alumínio acima do limite máximo permitido pelo CONAMA 357/05 nos pontos SA1, SA2, G3 e LAP5, estando abaixo do limite de detecção do ICP-OES somente no ponto LB4, apresentando um valor máximo no ponto G3 com uma concentração de alumínio de 1,893 mg/L.

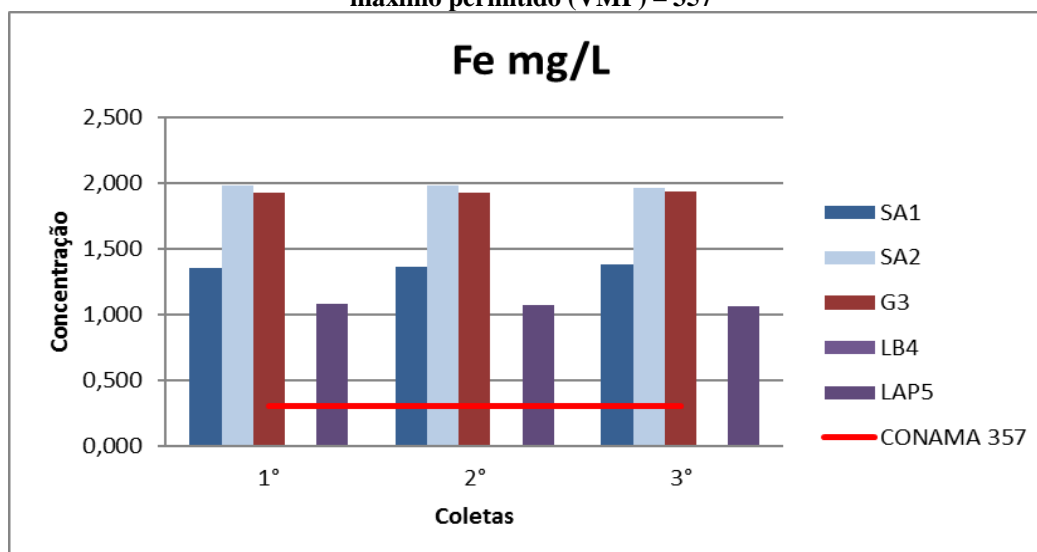
Figura 8 - Variação do Alumínio (Al) (mg/L) presente na água nos pontos estudados frente ao valor máximo permitido (VMP) – 357



4.1.4 Ferro

A figura 9 mostra o ferro acima do limite permitido pela Resolução do CONAMA 357/05 nos pontos SA1, SA2, G3 e LAP5 e estando abaixo do limite de detecção do ICP-OES somente no ponto LB4, com um valor máximo no ponto SA2, mas com o ponto G3 com valores muito próximos, assim atingindo uma concentração máxima de 1,978 mg/L.

Figura 9 - Variação do Ferro (Fe) (mg/L) presente na água nos pontos estudados frente ao valor máximo permitido (VMP) – 357



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostraram que as águas superficiais analisadas próximas ao lixão estão impróprias e não devem ser usadas pela população para as finalidades que se destinam segundo a legislação vigente 357/05 e necessitam de ações do poder público que possibilitem a proteção das populações expostas. A origem dos elementos, principalmente Pb pode estar relacionado ao descarte desordenado de equipamentos eletrônicos, pilhas, baterias e sucatas em geral. A grande precipitação de chuvas auxilia no carreamento de metais em direção aos corpos hídricos no entorno do antigo lixão. Um estudo mais completo deve ser desenvolvido para desvendar a origem do elemento Ag.

A origem das elevadas concentrações do Al e Fe implica estar relacionadas com as características naturais da composição do solo da região, nos ecossistemas aquáticos são provenientes da solubilização das rochas e sua lixiviação no solo, a geoquímica e pH ácido sugerem uma dissociação de sais desses elementos nos corpos hídricos analisados, assim contribuindo para uma concentração acima do valor máximo permitido nas águas superficiais analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2016.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.
3. AHLERS, W. W. et al. FALTA O TÍTULO DO ARTIGO. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 41, p. 713-720, 1990.
4. AZEVEDO, F. A.; NASCIMENTO, E. S.; CHASIN, A. Aspectos atualizados dos riscos toxicológicos do Mercúrio. **TECBAHIA R. BaianaTecnologia**, v. 16, n. 3, p.87-104, 2001.
5. BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
6. BRANCO, S. M. A água e o homem. In: **HIDROLOGIA Ambiental**. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 1991. v. 3.
7. BRUNNER, C.; BROWN, C. Hospital waste disposal by incineration. **JAPCA**, v.38, n.10, p.1297-1309, 1998.
8. CAJUSTE, L. J. et al. The distribution of metals from wastewater in the Mexican Valley of Mezquital. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 57-58, p. 763-771, 1991.
9. CANLI, M.; ATLI, G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. **Environmental Pollution**, v. 121, p. 129–136, 2003.
10. CASTRO, N. **Cádmio, chumbo, cromo, mercúrio e níquel nos rios do Estado de São Paulo e em peixes do Rio Sorocaba**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.
11. CERQUEIRA, L.; ALVES, F. Incineração e Co-processamento: Alternativas para a gestão de resíduos perigosos. **Saneamento Ambiental**, n.59, p.18-23,1999.
12. CONAMA. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, nº 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705>. Acesso em: 12 mar. 2016.
13. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas**. São Paulo, 2001.
14. CHARNOCK, D.; WELLS, C. The challenge of waste disposal. **Journal of the Royal Society of Health**, v.105, n.5, p. 171-178, 1985.
15. CORRÊA, T. L. **Bioacumulação de metais pesados em plantas nativas a partir de suas disponibilidades em rochas e sedimentos: o efeito na cadeia trófica**. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Universidade de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.
16. D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo. IPT/CEMPRE, 2000.
17. DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993. v.1, 481p, 1993.
18. EYER, C. **Qualidade ambiental**. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. Brasil, Pioneira - ABIMAQ/SINDIMAQ, 1995.

19. FARIAS, E. S.; NASCIMENTO, F. S.; FERREIRA, M. A. A. **Mapeamento da área Belém-Outer.** Estágio de campo III. Relatório Final. Belém, UFPA. 247p, 1992. (Estágio de campo III. Relatório Final).
20. FASSEL, V. A. Quantitative elemental analyses by plasma emission spectroscopy,. **Science**, v.202, p.183-191, 1978.
21. FREITAS, V. P. S. et al. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 61, n. 1, p. 51-58, 2002.
22. GALAL-GORCHEV, H. et al. Revision of the WHO guidelines for drinking water quality. **Ann Ist Super Sanita**, v.29, n.2, p.335-345, 1993.
23. GALVÃO, P. M. A. **Metais Pesado (Cd, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd) em sedimentos e material particulado em suspensão no baixo rio Paraíba do Sul:** uma descrição após contaminação por rejeitos da produção de papel e celulose. Rio de Janeiro: UFRJ. Monografia (Bacharel em Biologia Marinha), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
24. GOMES, M. V. T.; SATO, Y. Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 24-30, 2011.
25. HAGEMANN, S. E.; et al. Monitoramento dos resíduos sólidos veiculados através da drenagem urbana. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 19., 2004, Santa Maria.: UFSM, 2004. v.1. p.1.
26. HOFFMAN, B. H. et al. Biological monitoring of employees with potential exposures to inorganic lead and cadmium at municipal solid waste resource recovery, or trash – to- energy, Facilities. **Applied Occupational Environmental Hygiene**, v.12 , n.7, p. 471-479, 1997.
27. IBGE. **Banco de dados de informações ambientais.** 2012a. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais/amazonia_legal>. Acesso em: 04 de maio. 2016.
28. KALAY, M.; CANLI, M. Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of a Freshwater Fish Tilapia zilli. **Turkish Journal of Zoology**, v. 24, p. 429-436, 2000.
29. KOSSON, D. S.; VAN-DER SLOOT, H. A.; EIGHMY, T. T. An approach for estimation of contamination release during utilization and disposal of municipal waste combustion residues. **J. Hazard Mater**, v.47, p.43-75, 1996.
30. KREBS, A. S. J.; ADAMY, A., REIS, M. R. **Alternativas locais para disposição de resíduos sólidos urbanos na área de Porto Velho-RO.** Porto Alegre: CPRM, 1999.
31. LALL, S. P. The minerals. In: HALVER, J. E., HARDY, R. W. **Fish Nutrition.** USA: Elsevier Science, 2002. p. 259-308.
32. LARSON, K. A.; WEINCEK, J. M., Mercury removal from aqueous streams utilizing micro emulsion liquid membranes. **Environmental Progress**, v. 11, n. 2, p. 456-464, 1994.
33. LEITE, F. P.; FONSECA, O. J. M. Variação espacial e temporal de parâmetros ambientais da lagoa Caconde, Orósio, RS. **Acta Limnológica Brasiliensis**, Botucatu, v.14, n.2.;p. 39-50, 2002.
34. MENESES, T. S. **Fauna, pesca e contaminação por metais pesados em pescado no litoral de Sergipe.** 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.
35. MENEZES, A. C. V. et al. **Avaliação Da da qualidade das águas dos mananciais de abastecimento de uma indústria Sucro-Alcooleira.** 2004.
36. MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, 2002.
37. MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.
38. MUÑOZ, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP:** avaliação dos níveis de metais pesados. 2002. Tese (Doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
39. MUTO, E. Y. et al. Biomagnificação de mercúrio na teia trófica marinha da baixada Santista (SP). **Oceanografia e Políticas Públicas**, v. 43, p. 12-17, 2011.
40. PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Tchê-Química**, v. 3, n. 6, p. 37-44, 2006.
41. ROWAN, J. S. et al. Geomorphology and pollution: the environmental impacts of lead mining, Leadhills, Scotland. **Journrl of Grochrmicd Exploration**, v. 51, p. 57-65, 1995.
42. SERRA, V.; GROSSI, M.; PIMENTEL, V. **Lixão, aterro controlado e aterro sanitário.** Botucatu. São Paulo: Dpto. de Química e Bioquímica. UNESP, 1998
43. SHIMA, E.; BECCARI, A. Os perigos do lixo hospitalar. **Rev. Globo Ciência**, p. 66-67, agosto, 1996.
44. SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Principles of instrumental analysis.** 5. ed. Florida. Ed. Saunders college publishing. 1998.

45. TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. **Química Nova**, v. 15, n. 2, p. 147-155, 1992.
46. VIANA, E. **Resíduos alimentícios de lixo domiciliar**: coleta, processamento caracterização e avaliação da viabilidade como um ingrediente para reação de frangos de corte. São Carlos, 1999. 164 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
47. VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. **Amazônia**: seus solos e recursos naturais. São Paulo. Agronômica Ceres, 1987. 416p.