

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Luis Arthur Amaral Silva

**Revisão bibliométrica e bibliográfica preliminar sobre contaminação de
chumbo no solo**

Juiz de Fora
2018

Luis Arthur Amaral Silva

**Revisão bibliométrica e bibliográfica preliminar sobre contaminação de
chumbo no solo**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Área de concentração: Meio Ambiente.

Linha de pesquisa: Contaminação de Solos.

Orientador: Prof. DSc. Otávio Eurico de Aquino Branco

Coorientador: Prof. DSc. Samuel Rodrigues Castro

**“REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E BIBLIOGRÁFICA PRELIMINAR
SOBRE CONTAMINAÇÃO DE CHUMBO NO SOLO”**

LUIS ARTHUR AMARAL SILVA

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 11 de dezembro de 2018.

Por:

Prof. DSc. Jonathas Batista Gonçalves Silva

Prof. MSc. Fabiano César Tosetti Leal

Prof. DSc. Luiz Evaristo Dias de Paiva

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me dar saúde, persistência e força para chegar até aqui.

À meus pais, Vera e Nilson, pelo amor, pelo exemplo de honestidade, por me ensinarem sempre a importância dos estudos para o futuro;

À meus irmãos, Nilson e Helena, pelo apoio de sempre, pela companhia, pela amizade fraterna;

À Aline, pelo amor, pelo incentivo, pela ajuda, pelos momentos de descontração;

Aos grandes amigos que fiz na faculdade, pela amizade verdadeira, pelas rodas de viola, pela disposição em ajudar, por tornarem a vida mais leve durante todo esse tempo;

Aos professores, em especial, Otávio, Jonathas e Samuel, pelos ensinamentos, pela compreensão e pela solicitude;

À vó Naná, pelo carinho e amor de sempre;

À todos os meus familiares, em especial à tia Angela, que me ajudaram em toda a trajetória até aqui;

À todos que tiveram alguma participação nesse conquista. Obrigado por tudo!

RESUMO

Dentre suas diversas definições, o solo pode ser conceituado como um material complexo composto de uma fase sólida e uma fase fluida, que interage com espécies químicas, propiciando sua atuação como um filtro para a remoção de contaminantes. Devido a essa característica, alguns contaminantes tendem a apresentar um caráter cumulativo no solo, o que pode gerar problemas ambientais, como poluição das águas subterrâneas, caso sejam liberados posteriormente. Logo, ressalta-se a necessidade de um aprofundamento em estudos sobre esse tema. Diante desse contexto, o presente trabalho visa contribuir para o atual cenário avaliando a contaminação do solo por metais e sua mobilidade, de forma quali-quantitativa, através de estudo bibliométrico e pesquisa exploratória. O primeiro foi realizado utilizando o *software* Iramuteq, que permite a análise de conteúdo, onde os periódicos utilizados foram acessados pelo Portal de Periódicos CAPES. Com o emprego de filtros de pesquisa e palavras chave, gerou-se dados estatísticos baseados nos resumos dos artigos. Para a pesquisa exploratória foram utilizados artigos, dissertações e teses sobre adsorção de chumbo, isothermas de sorção, coeficiente de distribuição, fatores intervenientes na adsorção de metais e ensaios de adsorção em batelada. Do estudo bibliométrico, resultaram China e Environmental Pollution como país e revista de maior produção científica, respectivamente. O *software* Iramuteq, gerou uma divisão dos artigos em cinco classes, baseados em seu conteúdo, através da Classificação Hierárquica Descendente. Através da pesquisa exploratória, elaborou-se uma síntese sobre os fundamentos e ensaios de adsorção de chumbo no solo, além de seus principais fatores intervenientes. Estes estudos proporcionaram uma visão global sobre o tema e suas principais tendências e mostrou o *software* Iramuteq como um potencial aliado, gerando insumos para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Contaminação de solos, chumbo, adsorção, bibliometria, Iramuteq.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros de solo analisados em artigos internacionais sobre adsorção de chumbo	27
Quadro 2: Variação de parâmetros nos ensaios de sorção em estudos publicados em revistas internacionais.....	34

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Isoterma de Langmuir	28
Equação 2: Isoterma de Freundlich	28
Equação 3: Isoterma de Freundlich Linearizada	29
Equação 4: Coeficiente de partição	29
Equação 5: Coeficiente de distribuição (fórmula alternativa).....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rotas de exposição de receptores bióticos aos solos contaminados	5
Figura 2: Percentual de ocorrência de materiais inorgânicos nas áreas contaminadas cadastradas em Minas Gerais em 2017.....	8
Figura 3: Resultado de pesquisa e utilização de “filtros” no portal de periódicos CAPES.....	13
Figura 4: Exemplo de um resumo de artigo e de sua codificação no Corpus Textual.	15
Figura 5: Proporção de artigos publicados por país.	16
Figura 6: Número de artigos por país (considerando-se somente os que têm mais de três).....	17
Figura 7: Número de publicações por revista.....	18
Figura 8: Número de publicações por ano.....	18
Figura 9: Nuvem de palavras gerada no Iramuteq.....	19
Figura 10: Filograma gerado no Iramuteq.....	20
Figura 11: AFC das formas ativas gerada no Iramuteq.....	22
Figura 12: AFC das variáveis codificadas no Corpus.	23
Figura 13: Procedimentos do ensaio de equilíbrio em lote para determinação de isotermas...	32

SUMÁRIO

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Objetivos.....	3
2.1	Objetivo Geral.....	3
2.2	Objetivos específicos	3
3	Referencial Teórico	4
3.1	Solos e contaminação.....	4
3.2	Metais pesados no solo	6
3.3	Contaminação por chumbo	7
3.4	Disponibilidade de metais.....	8
4	Metodologia.....	10
4.1	Pesquisa Bibliométrica	10
4.1.1	Bibliometria	10
4.1.2	O Iramuteq e a análise da comunicação escrita.....	11
4.1.3	Procedimentos metodológicos.....	13
4.2	Pesquisa exploratória	15
5	Resultados e discussões	16
5.1	Contaminação do solo por chumbo: aspectos gerais e fontes antrópicas	16
5.1.1	Estatísticas gerais do estudo bibliométrico.....	16
5.1.2	Análises de conteúdo: Iramuteq	19
5.2	Adsorção: aspectos intervenientes, <i>modelagem</i> e testes	25
5.2.1	Sorção e Adsorção	25
5.2.2	Isotermas de adsorção.....	27
5.2.3	Coeficiente de distribuição	29
5.2.4	Ensaio de adsorção por batelada (Batch Test)	30
6	Conclusões.....	35
7	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE A – Lista de periódicos, respectivos códigos e número de artigos	41
	APÊNDICE B – Lista de periódicos ordenados contendo Título, Periódico, Ano de Publicação, Autores e Palavras –Chave	44

1 Introdução

Sob o ponto de vista ambiental o solo é componente e a base dos ecossistemas, e possui importantes funções para a sociedade e o ambiente como: suportar plantas e animais e ser portador de aquíferos e depósitos minerais. Sob uma outra perspectiva o solo pode ser encarado como um filtro que retém contaminantes.

A partir disso, surge o conceito de solo contaminado, que segundo McBride (1994), é aquele que apresenta concentrações de determinado elemento químico acima do esperado em condições naturais. São diversas as fontes antropogênicas de contaminação do solo, dentre as quais pode-se citar: aplicação de fertilizantes, deposição de resíduos, atividades minerárias, vazamentos de tanques e dutos, e deposição de aerossóis provenientes de automóveis e indústrias.

Algumas dessas atividades, geram um tipo de contaminante de grande importância do ponto de vista ambiental, os metais. Os metais podem se acumular durante anos no solo e posteriormente, em virtude de lentas alterações ambientais, serem liberados de forma repentina, podendo causar danos à saúde humana, animal e vegetal (ALLOWAY, 1995 apud LINHARES, 2009).

Dentro desse grupo de espécies químicas, o chumbo é conhecido por ter sérios efeitos tóxicos estando em segundo lugar numa lista de 275 substâncias prioritárias nos EUA. Em Minas Gerais, esse é o metal mais presente em áreas consideradas contaminadas nos últimos anos, de acordo com informações da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM, 2017a). Por isso a contaminação de solos por chumbo representa um problema grave que deve ser bem gerenciado, prevenido e remediado.

Para isso é necessário ter uma visão global do problema e compreender o estágio em que se encontram as pesquisas na área, em nível mundial. Uma maneira de se fazer isso, é através de estudos bibliométricos, que têm como objetivo analisar a produção científica existente sobre determinados assuntos (ARAÚJO, 2006). Esse tipo de estudo permite identificar as tendências de pesquisas e pode indicar soluções e problemas a serem investigados.

Um outro ponto importante quando se fala em contaminação de solo por metais, é o conhecimento de que o principal problema relacionado à presença dessas substâncias no solo deve-se à existência de formas lábeis desses elementos. Linhares (2009) explica que, apesar de vários trabalhos envolverem a determinação de teores totais de metais pesados no solo, a

avaliação do potencial de risco e toxicidade desses elementos requer a determinação da proporção de metal que é móvel e, possivelmente, biodisponível.

Assim, o entendimento dos mecanismos de interação entre o solo e seus constituintes químicos tem especial importância no controle e avaliação de potenciais impactos ambientais. A sorção é reconhecida como o mais importante fenômeno que regula as concentrações de metais na solução do solo (CAMARGO; ALLEONI; CASAGRANDE, 2001 apud MATTOS et al 2016).

Portanto, o estudo das relações entre metais pesados e solo, com enfoque na sorção, torna-se um importante meio de se estimar a capacidade do solo de reter os metais pesados tornando-os indisponíveis para plantas ou impedindo que atinjam o lençol freático. (GOMES et al, 1997 apud LINHARES, 2009).

Com base no que foi explanado, esse estudo procura aprofundar o conhecimento sobre o estado atual das pesquisas sobre contaminação de solo por metais, suas fontes antropogênicas e compreender melhor os fenômenos relacionados à adsorção dessas espécies e os modelos e experimentos que visam descrever os mesmos. Nos dois casos, enfoque será dado ao chumbo.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é contribuir para o desenvolvimento de estudos visando avaliar a mobilidade de metais pesados no solo, em especial os de origem antropogênica. Para tal, serão realizados um estudo bibliométrico e uma revisão bibliográfica preliminar sobre contaminação de solo por chumbo e estudos de adsorção, respectivamente. O produto final poderá subsidiar trabalhos experimentais futuros acerca do tema.

2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, cita-se

- Realizar estudo bibliométrico sobre os temas “contaminação de solo por chumbo e fontes antropogênicas”;
- Utilizar o *software* Iramuteq em estudos bibliométricos na área de engenharia ambiental, em especial na temática: contaminação de solos por chumbo;
- Fazer uma revisão bibliográfica preliminar sobre estudos e métodos de avaliação da adsorção de chumbo em solos.

3 Referencial Teórico

3.1 Solos e contaminação

O solo é um material complexo cuja conceito varia de acordo com sua utilização ou foco de análise. Para um geólogo, por exemplo, o solo pode ser definido como o produto residual do intemperismo de rochas e minerais.

Sob o ponto de vista ambiental o solo é componente e a base dos ecossistemas, e possui importantes funções para a sociedade e o ambiente, dentre as quais (ALLOWAY,1990 apud SOARES, 2004): controlar os ciclos biogeoquímicos dos elementos e da energia nos diferentes compartimentos do ambiente; suportar plantas, animais e o homem; atuar como recurso base para a produção de alimentos, fibras e biomassa de qualquer natureza; atuar como portador dos aquíferos subterrâneos e de depósitos minerais; e atuar como depósito genético, na medida em que mantém a biodiversidade.

Uma nova perspectiva sobre as funções do solo foi trazida por Bolan *et al.* (1999) (apud ROCHA, 2016), que afirmaram que o solo também atua como um filtro para a remoção de contaminantes. Nesse sentido, Soares (2004) apresenta uma outra definição para o solo:

[...]sistema de muita complexidade, que consiste da fase sólida, a matriz do solo, composta por minerais e materiais orgânicos, e da fase fluida, o ar e a solução do solo, os quais interagem entre si e com as espécies químicas naturalmente presentes ou antropogenicamente introduzidas.

Segundo McBride (1994), solo contaminado é aquele que apresenta concentrações de determinado elemento químico acima do esperado em condições naturais. De acordo com a Deliberação Normativa COPAM-CERH nº 2 de 2010, contaminação é a

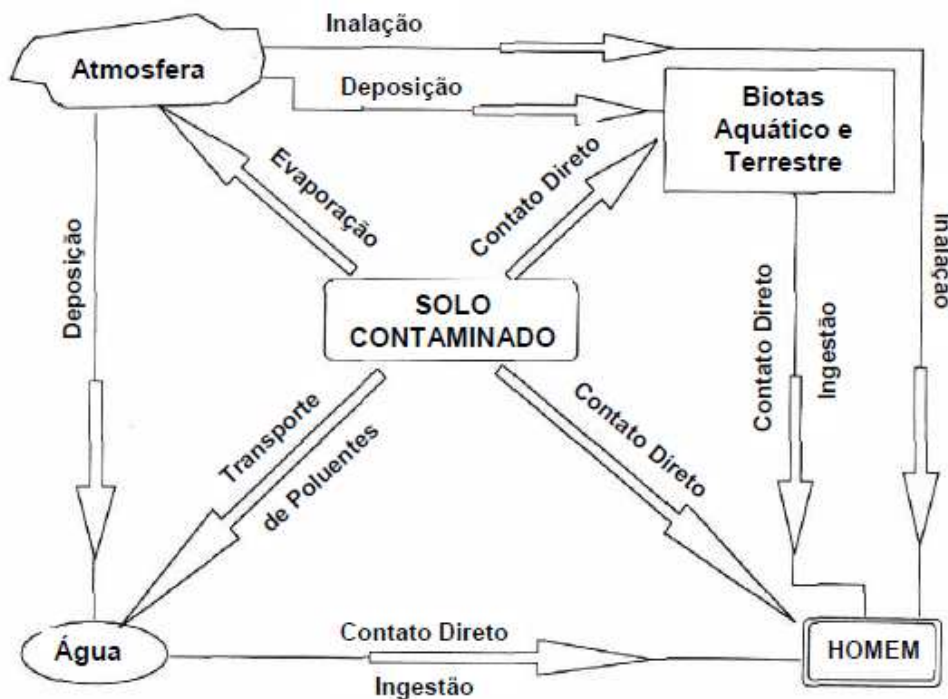
[...]presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.

De acordo com Boskov (2008) o solo contaminado é a principal causa de deterioração das águas subterrâneas, derivada da aplicação de fertilizantes, pesticidas, lodo de estação de tratamento de esgoto, esterco, ou indiretamente por aerossóis de automóveis e indústrias, pela combustão de carvão, por disposição de resíduos e por incineração de lixo. Também atuam como fontes de

contaminantes para o solo os depósitos de resíduos industriais ou domésticos, de rejeitos ou estéreis de mineração ou, ainda, de sedimentos marinhos ou fluviais.

Quando comparada com a poluição do ar e das águas, a contaminação do solo apresenta dois agravantes: seu caráter cumulativo e a baixa mobilidade dos poluentes. Ou seja, as substâncias nocivas acumuladas apenas uma vez no solo ali permanecem e lentamente podem atingir as águas subterrâneas ou superficiais e afetar a biota (SÁNCHEZ, 2001 apud MONDELLI, 2008). A figura 1 ilustra as possíveis rotas através das quais um solo contaminado pode afetar o homem.

Figura 1: Rotas de exposição de receptores bióticos aos solos contaminados



Fonte: YONG, 2001 apud MONDELLI, 2008

A contaminação dos solos está associada, frequentemente, ao termo área contaminada, definido como: área, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de substâncias químicas, comprovadas por estudos, que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (COPAM, 2008).

Os tipos de poluentes mais comuns encontrados em áreas contaminadas enquadram-se em duas categorias (YONG, 2001): substâncias inorgânicas, representadas principalmente pelos metais pesados, como Chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Cádmio (Cd); compostos orgânicos, que incluem

hidrocarbonetos aromáticos (BTEX – benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's), entre outros.

3.2 Metais pesados no solo

O termo “metal pesado” tem sido usado por muitos anos e é conhecido por se referir à um grupo de metais e metaloides de massa atômica superior à 5 g cm^{-3} , especialmente os metais de transição como chumbo (Pb), Cádmio (Cd) e Mercúrio (Hg), que podem causar problemas de toxicidade (DUFFUS, J., 2002; KEMP, D. D., 1998; apud ALLOWAY, 2013).

Apesar da conotação de toxicidade, alguns metais pesados em baixas concentrações, desempenham papel essencial nas rotas metabólicas dos organismos vivos (ALLOWAY, 1990). Berton (2000) afirma que alguns desses elementos são essenciais às plantas, tais como: cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Níquel (Ni). Segundo Soares (2004) elementos que não possuem função bioquímica essencial são chamados de “elementos não-essenciais” ou “elementos tóxicos” (As, Cd, Pb, Hg, Sb, U). Deve se destacar que tanto os metais essenciais como os não essenciais causam problemas no metabolismo de seres vivos se absorvidos acima de certas quantidades (ALLOWAY, 1995 apud LINHARES, 2009).

Alloway (2013) afirma que o conteúdo total de metais pesados no solo é derivado de fontes litogênicas (associada à rocha parental) e fontes antropogênicas (proveniente de atividades humanas). A fração litogênica é liberada das rochas por processos de intemperismo e é ciclada, através dos vários compartimentos terrestres por processos bióticos e abióticos (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984 apud SOARES, 2004). As concentrações naturais de metais no solo, conhecidas como níveis de “background”, dependem do tipo de rocha sobre o qual o solo se desenvolveu e dos constituintes minerais da mesma (SOARES, 2004).

Algumas atividades humanas com significativa contribuição para inserção de metais pesados no solo são: adição de fertilizantes, agroquímicos e lodo de esgoto em cultivos agrícolas; disposição inadequada de resíduos urbanos e industriais; mineração; chuva ácida e deposição atmosférica de aerossóis (ALLOWAY, 2013). De modo geral, a origem mais comum dos metais potencialmente tóxicos encontrados no solo é a deposição atmosférica, especialmente em locais onde há atividades de fundição (NORDBERG, 2007 apud SILVA, 2013).

Os metais pesados configuram-se como uma das espécies químicas poluentes mais preocupantes pois tendem a se acumular durante anos em um determinado local sem que seus

efeitos sejam percebidos. Entretanto, lentas alterações ambientais podem provocar a liberação repentina e retardada desses elementos que foram se acumulando por longo período de tempo, causando danos, muitas vezes não esperados, às saúdes humana, animal e vegetal (ALLOWAY, 1995 apud LINHARES, 2009).

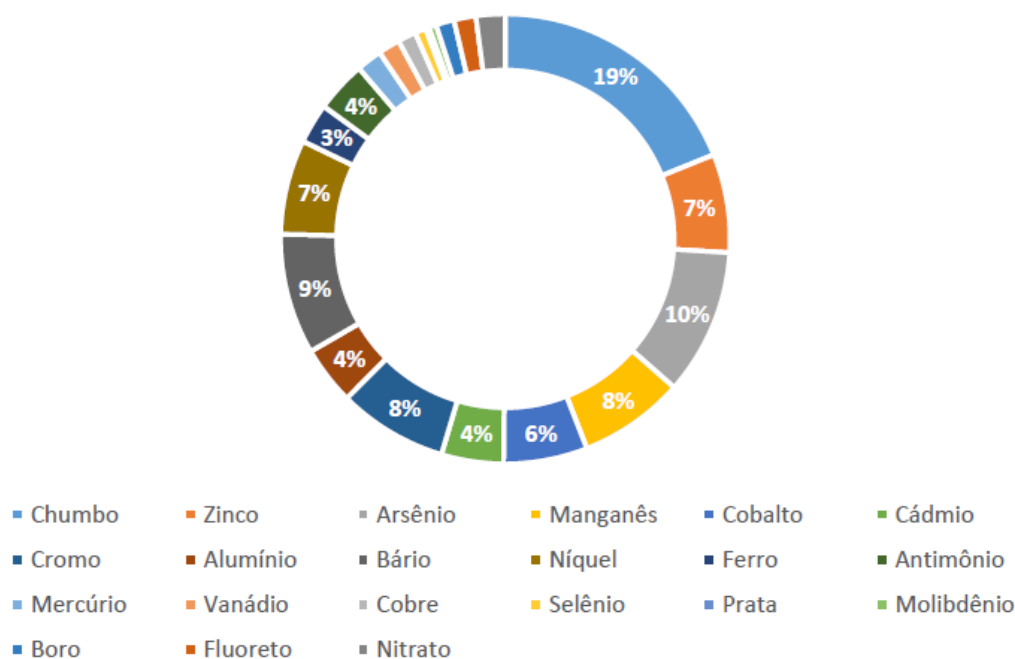
3.3 Contaminação por chumbo

O chumbo é conhecido por ter sérios efeitos tóxicos; problemas de saúde derivados de contaminações ambientais por chumbo ocorreram em várias partes do mundo (FUJIMORI et al, 2016). Este metal está em segundo lugar em uma lista de 275 substâncias prioritárias nos EUA, baseando-se na combinação de sua frequência, toxicidade e potencial de exposição humana (ATSDR, 2015 apud TEODORO, 2016).

Existem locais com teores naturais elevados de chumbo, e diversas são suas fontes antropogênicas, dentre as quais se pode citar: efluentes do armazenamento de bateria; deposição de rejeitos industriais, de mineração e fundição; metalização e operação de acabamentos, fertilizantes, chaminés de fábricas e deposição de lodo de esgoto (PAIVOKKE, 2002; SHARMA; DUBEY, 2005 apud TEODORO, 2016).

Anualmente a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) publica um inventário contendo informações sobre as áreas contaminadas do estado. Nessa publicação são contabilizadas as áreas com contaminação comprovada, ou seja, aquelas em que foi verificada, após investigação, concentração de determinada substância acima do limite previsto em legislação. No inventário referente ao ano de 2017 (FEAM, 2017a), entre os contaminantes inorgânicos, o chumbo foi o que mais respondeu pelo número de áreas contaminadas (figura 2).

Figura 2: Percentual de ocorrência de materiais inorgânicos nas áreas contaminadas cadastradas em Minas Gerais em 2017



Fonte: FEAM, 2017

Dentro do Lista de Área Contaminadas publicada pela FEAM referente ao ano de 2017 (FEAM, 2017b), constata-se que a maioria das ocorrências de contaminação por chumbo registradas, advém de indústrias metalúrgicas e de refinarias de petróleo. Entretanto há também casos derivados de atividades minerárias, locais de armazenamento de petróleo e locais de deposição de resíduos sólidos. Na localidade de Juiz de Fora, a título de exemplificação, Carvalho (2018) verificou a presença de chumbo nas margens de uma rodovia federal.

Diante do exposto nota-se que a questão da contaminação de solos por chumbo representa um problema grave que deve ser bem gerenciado, prevenido e remediado. Contudo, para que isso aconteça é necessário que haja um melhor entendimento sobre todos os fatores envolvidos nesse problema e a compreensão da evolução e do estágio atual das pesquisas nessa área temática.

3.4 Disponibilidade de metais

Quando é detectada a presença de altas concentrações de metais pesados no solo, seja ela de fonte natural ou antropogênica, preocupa-se com os problemas que poderão surgir como: a entrada na cadeia trófica, redução da produtividade agrícola devido aos efeitos fitotóxicos,

acúmulo no solo, alterações da atividade microbiana e contaminação dos recursos hídricos (PIRES; MATTIAZZO, 2007 apud MATTOS, 2016).

Vários trabalhos de pesquisa com a finalidade de quantificar os metais pesados no solo visam, muitas vezes, a determinação dos teores totais desses elementos. Contudo, a simples determinação do teor total de metais é um meio impreciso de quantificar o potencial de risco ao meio ambiente e à saúde humana (SOARES, 2004). O principal problema relacionado à presença de metais pesados no solo deve-se à existência de formas lábeis desses elementos, sendo as formas solúveis e trocáveis aquelas que apresentam maior mobilidade e biodisponibilidade, e por isso, são as formas mais preocupantes (LINHARES, 2009).

Assim, o entendimento dos mecanismos de interação entre o solo e seus constituintes químicos tem especial importância no controle e avaliação de potenciais impactos ambientais. Tais mecanismos podem ser representados através de modelos matemáticos chamados isotermas de sorção (ROCHA, 2016). A sorção é reconhecida como o mais importante fenômeno que regula as concentrações de metais na solução do solo (CAMARGO; ALLEONI; CASAGRANDE, 2001 apud MATTOS et al 2016).

Portanto, o estudo das relações entre metais pesados e solo, com enfoque na sorção, torna-se um importante meio de se estimar a capacidade do solo de reter os metais pesados tornando-os indisponíveis para plantas ou impedindo que atinjam o lençol freático. (GOMES et al, 1997 apud LINHARES, 2009).

4 Metodologia

O presente trabalho tem como foco criar um produto bibliográfico que sirva de subsídio à futuras pesquisas sobre contaminação de solo. Com base em questões levantadas na contextualização histórica, dois estudos foram elaborados.

O primeiro surgiu da necessidade de se obter um conhecimento sobre o estado de desenvolvimento, a nível global, das pesquisas sobre contaminação de solo por chumbo e suas fontes antropogênicas. Para alcançar tal intento, foi feita uma pesquisa bibliométrica que utilizou o *software* Iramuteq (Ratinaud, 2014) como ferramenta. No tópico a seguir, que trata do primeiro estudo, são apresentados, inicialmente, fundamentos conceituais sobre estudos bibliométricos e uma breve apresentação do Iramuteq. Em seguida, aborda-se devidos procedimentos metodológicos de pesquisa.

O segundo estudo emergiu da questão de se conhecer melhor os fundamentos das interações sortivas, que têm grande influência sobre a disponibilidade de metais, e do vislumbre da oportunidade de implementar futuramente, estudos de adsorção com foco no chumbo. Para alcançar esse objetivo foi feita uma pesquisa exploratória que é abordada no segundo tópico desse capítulo.

4.1 Pesquisa Bibliométrica

4.1.1 Bibliometria

O termo bibliometria foi proposto inicialmente por Pritchard no final da década de 1960 e pode ser definido como a aplicação de métodos estatísticos e matemáticos na análise de obras literárias (PRITCHARD, 1959 apud CHUEKE; AMATUCCI, 2015; ZHANG et al, 2017). Sua origem remonta aos estudos de Hulme (1923), Lotka (1926) e outros estudiosos que tinham a crença de que a geração de conhecimento é materializada por meio da produção científica (LUNDEBERG, 2006 apud CHUEKE; AMATUCCI, 2015).

Estudos bibliométricos tem como objetivo analisar a produção científica existentes sobre determinados assuntos (ARAÚJO, 2006) e tem se popularizado entre os acadêmicos em função da grande quantidade de material bibliográfico produzido e disponibilizado atualmente (QUEVEDO-SILVA, 2016). Esse tipo de estudo auxilia na sistematização de pesquisas realizadas em determinado campo do saber e pode direcionar pesquisas futuras ao relatar a existência de problemas a serem investigados.

O método bibliométrico tem sido usado amplamente em várias áreas do conhecimento com o objetivo de resumir tendências de pesquisas através da investigação de características como: tipos de publicações, idiomas, padrões de citações, periódicos, países, categorias de assuntos, instituições, conteúdo de artigos, palavras-chave utilizadas, patentes relevantes e ano de publicação (ZHANG et al, 2017; WANG et al, 2015).

Na área de solos contaminados, cita-se como exemplo os trabalhos de Zhang et al(2017) e Wang et al (2015). O primeiro, avaliou uma série de características de publicações que tratavam da temática de remediação de solos dentro do período de 1996 a 2015. O segundo, investigou o tema “contaminação de solos” através de pesquisas a periódicos públicos no período de 1999 a 2012. Dentre as características investigadas em ambos os estudos, cita-se a evolução da quantidade de publicações no período considerado, as revistas de maior produção e impacto, e os principais países onde se desenvolveram as pesquisas.

O desenvolvimento de estudos bibliométricos, é profundamente simplificado com a utilização de *softwares*. Estes programas são utilizados para processar e visualizar dados, construir gráficos e fazer análises estatísticas. Dentre os mais simples e mais utilizados estão os de planilhas eletrônicas. Contudo, para análises mais complexas são utilizados outros *softwares* como Bibexcel, Netdraw, Gephi, entre outros (Zhang et al, 2018; Mao et al, 2018; Guo et al, 2014).

Dentro do campo de análises e estatísticas textuais, o *software* Iramuteq têm sido amplamente utilizado em pesquisas das ciências médicas e sociais. Ele permite a análise de conteúdo de um grande volume de textos. Sua capacidade de quantificar variáveis essencialmente qualitativas originadas de textos oferece novas possibilidades de análise aos estudos bibliométricos, com potencial de aplicação em outras áreas do conhecimento.

4.1.2 O Iramuteq e a análise da comunicação escrita

Qualquer análise da comunicação escrita, envolve, primeiramente, a organização de dados textuais visando obter um conjunto estruturado de informações. Posteriormente existem várias etapas cíclicas e interativas: condensação de dados (ou seja, seleção, concentração e simplificação), apresentação dos mesmos (através de matrizes, figuras ou tabelas) e elaboração e verificação de conclusões (MILES et al, 2013 apud DELATTRE, 2015). A condensação de dados pode ser “qualitativa” usando análise manual ou “quantitativa” usando análise assistida

por computador (listas e frequências de ocorrências, codificação sistemática) (DELATTRE, 2015).

Entre as vantagens no processo de análise dos dados por meio de *softwares*, estão o auxílio na organização e separação de informações, o aumento na eficiência do processo e a facilidade na localização dos segmentos de texto, além da agilidade no processo de codificação, comparado ao realizado “à mão”(CRESWELL, 2013 apud SOUZA et al, 2018).

Dentre os *softwares* disponíveis para análises estatísticas de textos, existe o Iramutec, acrônimo de *Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires* (RATINAUD, 2014; CAMARGO; JUSTO, 2013). Trata-se de um *software* gratuito e de código aberto, desenvolvido no idioma francês por Pierre Ratinaud em 2009, que utiliza funcionalidades providas pelo *software* R (SOUZA et al, 2018). O Iramutec possui algoritmo baseado no ALCESTE, mas incorpora outras análises lexicais além da CHD – Classificação Hierárquica Descendente.

No Brasil, ele começou a ser utilizado em 2013 por grupos de pesquisa das áreas de psicologia e educação, mas começou a ser utilizado em outras áreas, que têm contribuído para a divulgação de várias possibilidades de processamento de dados qualitativos, pois permite diferentes formas de análise estatísticas de texto, produzidas a partir de entrevistas, documentos, entre outros (SOUZA ET AL, 2018; CAMARGO; JUSTO, 2013).

O Iramutec disponibiliza, desde análises textuais simples, como lexicografia básica (cálculo de frequência de palavras), até análises multivariadas (classificação hierárquica descendente - CHD, análises de similitude, análise fatorial de correspondência - AFC). Além disso, ele organiza a distribuição do vocabulário de forma facilmente compreensível e visualmente clara (análise de similitude e nuvem de palavras) (CAMARGO, JUSTO, 2013).

O método da Classificação Hierárquica Descendente (CHD) proposto por Reinert (1990) e utilizado pelo *software* ALCESTE identifica a coocorrência de palavras dentro do conjunto de textos em análise e as reagrupa em classes. Ele realiza uma classificação para obter o maior contraste entre classes em termos de formas ativas usadas (palavras consideradas na análise), mas o menor contraste dentro das classes. A partir dos resultados da CHD o Iramutec realiza a AFC que representa num plano cartesiano as diferentes palavras e variáveis associadas a cada classe (DELATTRE ET AL, 2015; CAMARGO, JUSTO 2013).

4.1.3 Procedimentos metodológicos

Para a realização da pesquisa bibliométrica recorreu-se inicialmente ao Portal de Periódicos CAPES, por meio do acesso permitido aos alunos de instituições de ensino cadastradas, como a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Dentro do portal, procedeu-se à pesquisa de artigos de periódicos internacionais dentro da temática “contaminação de solos por chumbo”. Para isso foram utilizadas palavras-chave (junto com operadores lógicos) dentro do mecanismo de busca do portal, considerando-se a ocorrência das mesmas nos artigos (Título, periódico, assunto ou corpo do texto).

Inicialmente, foram utilizados os termos: “lead (Pb)” AND “soil pollution”. De forma complementar, foram utilizados os seguintes filtros: periódicos revisados por pares, artigos, textos em inglês, e publicação no período entre 1989 e 2018 (últimos 30 anos) (Figura 3). Com base no ordenamento resultante no Portal CAPES (baseado em critérios de relevância relacionados aos termos da pesquisa) foram baixados os 100 primeiros artigos que, de fato, se enquadravam no tema. Tal verificação preliminar foi feita através da leitura dos resumos.

Em seguida, foi feita uma nova consulta com os termos: “lead (Pb)” AND “anthropogenic source” OR “contamination source” AND “soil pollution”. Adotou-se os mesmos filtros e ressalvas da primeira busca e foram baixados os primeiros 80 artigos. A figura 3 ilustra o resultado da primeira consulta.

Figura 3: Resultado de pesquisa e utilização de “filtros” no portal de periódicos CAPES.

The screenshot shows the search interface of the CAPES Portal. At the top, a search bar contains the query "(lead Pb) AND 'soil pollution'" with a search button labeled "Buscar" and a link for "Busca avançada". Below the search bar, the results are displayed as "Resultados de 1 - 10 para 6.400 para Portal de Periodicos", ordered by "Relevância". The results are refined by "tipo de recurso: Artigos", "idioma: Inglês", "data de publicação: 1989até2018", and "nível superior: Periódicos revisados por pares". The first result is titled "Soil pollution at outdoor shooting ranges: Health effects, bioavailability and best management practices" by Fayiga, A.O. ; Saha, U.K. from the journal "Environmental Pollution", September 2016, Vol.216, pp.135-145. The abstract snippet reads: "The total lead (Pb) concentrations of the surface soil, sub surface soil, vegetation a surface waters of outdoor shooting ranges are extremely high and above regulatory limits. Lead is dangerous at high concentrations and can cause a variety of serious".

Fonte: autoria própria, 2018

Posteriormente, os seguintes dados foram extraídos dos artigos e organizados em uma planilha eletrônica no *software* Microsoft Excel (2013): Título, autores, ano e periódico de publicação, palavras-chave e resumo (APÊNDICE B). A organização dessas informações foi necessária para facilitar o tratamento estatístico e visualização dos dados. No próprio Excel foram gerados gráficos relacionados a proporção de publicações por periódicos, países e ano.

Nesse estudo, o *software* Iramuteq foi utilizado para gerar dados estatísticos com base nos resumos dos artigos. Para isso, os resumos de todos os 180 artigos foram copiados e salvos num arquivo do *software* Bloco de Notas (pertencente ao sistema operacional Windows 10) com a extensão .txt e codificação UTF-8. O arquivo foi preparado conforme recomendações de Camargo & Justo (2013) e constituiu o *Corpus Textual* para análise no Iramuteq.

Cada resumo de artigo foi separado por uma linha de comando, compreendendo 4 variáveis, escolhidas conforme as seguintes características do artigo ao qual ele pertence: numeração, ano de publicação, periódico, e país de origem da pesquisa. A numeração dos artigos foi feita de acordo com a ordem em que eles foram encontrados no portal CAPES e na linha de comando os artigos foram representados pelo respectivo número precedido da letra A (Figura 4). Já o periódico de origem foi representado por um código de identificação (figura 4), baseado nas primeiras letras das palavras que compõem seu nome, precedido da letra P. Nos apêndices A e B desse trabalho são apresentadas, respectivamente, uma lista das revistas e seus respectivos códigos, e uma lista dos 180 artigos (com título, autores, revista, data e palavras-chave).

Em seguida, o arquivo foi revisado, e foram eliminadas variáveis que não apresentavam significados por si só, como unidades de medida (mg/kg, mg. L⁻¹, etc), e caracteres que não possuíam uma representação clara devido a incompatibilidade com o formato do Bloco de Notas.

Para a análise textual da pesquisa, foi utilizada a CHD, na qual o Corpus é dividido em segmentos de texto ou Unidades de Contexto Elementar (UCE). Estes são classificados em função dos seus respectivos vocabulários, e apresentam, em média, quarenta palavras (SOUZA et al, 2018). Cada resumo é denominado texto ou Unidade de Contexto Inicial (UCI). As ECE que compõem cada classe, são obtidas a partir das UCI e apresentam vocabulário semelhante entre si e diferentes das outras classes (CAMARGO; JUSTO, 2013).

A partir da CHD, o software gera também uma Análise Fatorial de Correspondência (AFC) que facilita a visualização da interconexão ou distanciamento entre classes e possibilita ver as variáveis mais representativas de cada classe. Além dessa análise, será utilizada a nuvem de palavras, que apresenta as palavras mais frequentes (nas formas reduzidas) em todo o conjunto de resumos, de forma intuitiva.

Figura 4: Exemplo de um resumo de artigo e de sua codificação no Corpus Textual.

```
**** *A1 *2016 *P_EP *EUA
```

The total lead (Pb) concentrations of the surface soil, sub surface soil, vegetation and surface waters of outdoor shooting ranges are extremely high and above regulatory limits. Lead is dangerous at high concentrations and can cause a variety of serious health problems. Shooters and range workers are exposed to lead dust and can even take Pb dust home to their families while some animals around the shooting range can ingest the Pb bullets. The toxicity of Pb depends on its bioavailability which has been determined to be influenced greatly by the geochemical properties of each site. The bioavailability of Pb in shooting ranges has been found to be higher than other metal contaminated soils probably because of its very low residual Pb (<1). Despite being an immobile element in the soil, migration of Pb within shooting ranges and offsite has been reported in literature. Best management practices to reduce mobility of Pb in shooting ranges involve an integrated Pb management program which has been described in the paper. The adoption of the non-toxic "green bullet" which has been developed to replace Pb bullets may reduce or prevent environmental pollution at shooting ranges. However, the contaminated soil resulting from decades of operation of several shooting ranges still needs to be restored to its natural state.

Fonte: autoria própria, 2018

4.2 Pesquisa exploratória

Para realização da pesquisa exploratória sobre sorção de chumbo pelo solo foram utilizados o portal de periódicos CAPES e a ferramenta de busca Google Acadêmico. Foram pesquisados artigos, dissertações e teses que tratassem dos temas: adsorção de chumbo (ou metais pesados), isotermas de sorção, coeficiente de distribuição, fatores intervenientes na adsorção de metais e ensaios de adsorção em batelada (*batch test*).

Através da leitura dinâmica de diversos trabalhos foi se construindo uma visão global sobre o assunto, de forma a se ter uma ideia melhor da estruturação do texto revisional final. A partir desse ponto, os melhores trabalhos (ou mais adequados à temática) foram relidos com uma maior atenção. Com um maior conhecimento adquirido sobre o tema, decidiu-se estruturar a revisão em quatro subtemas: sorção e adsorção, isotermas de adsorção, coeficiente de distribuição e ensaios de equilíbrio em lote; com resultados apresentados no capítulo a seguir.

5 Resultados e discussões

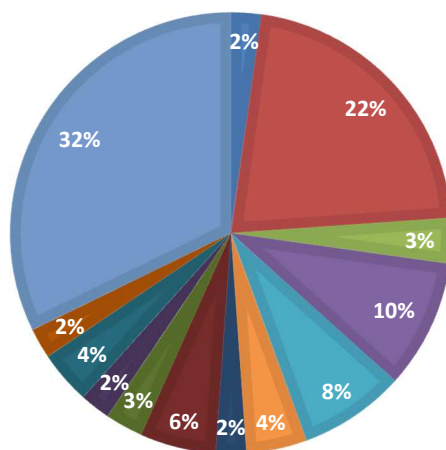
5.1 Contaminação do solo por chumbo: aspectos gerais e fontes antrópicas

5.1.1 Estatísticas gerais do estudo bibliométrico

Conforme relatado no capítulo de metodologia, foram realizadas duas consultas com combinações diferentes de termos. Na primeira, resultaram 6400 artigos, e desses, 100 foram selecionados. Da segunda, foram encontrados 452 artigos, e desses, 80 foram selecionados. Com base nos dados dos 180 artigos selecionados para a pesquisa, foram obtidas algumas estatísticas referentes a relação entre os artigos e características como revista da publicação, ano e país de origem da pesquisa.

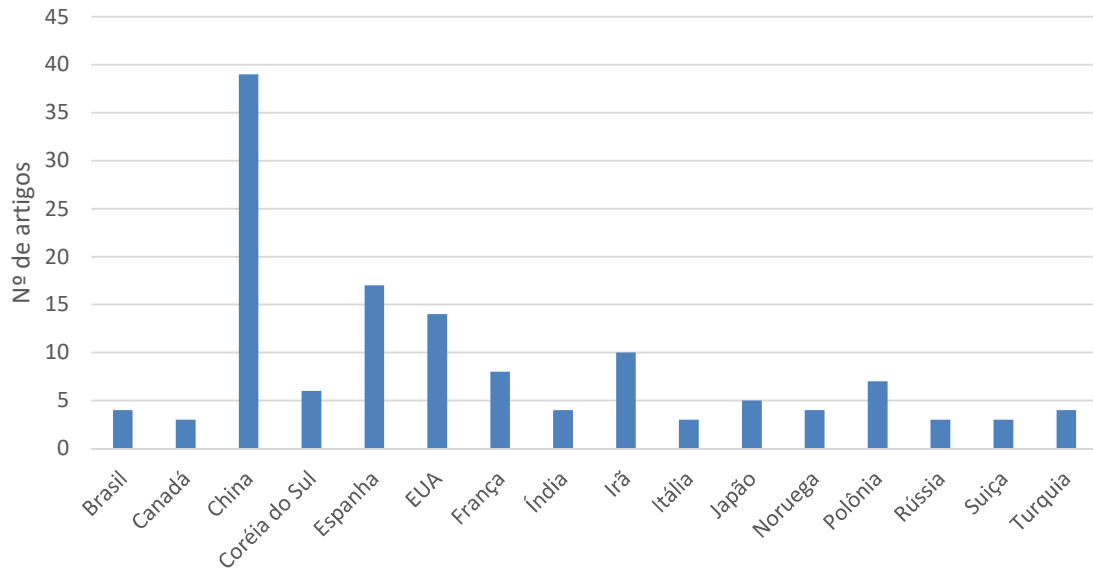
Observou-se que os 180 artigos selecionados têm origem em pesquisas realizadas em 50 países diferentes. Dentre eles, o de maior produtividade foi a China com 39 artigos, representando cerca de 22% do total de artigos selecionados (Figuras 5 e 6). Em segundo e terceiro lugar ficaram, Espanha e EUA com 17 e 14 publicações, respectivamente. O Brasil teve 4 publicações na área, representando cerca de 2% do total. Em estudo bibliométrico sobre remediação de solos contaminados (área afim ao tema do presente estudo), Mao et al (2018) já haviam identificado a China como país mais relevante em número de publicações. Já Guo et al (2014), constataram que a China era o segundo país mais produtivo (atrás apenas dos EUA) na área de contaminação de solos.

Figura 5: Proporção de artigos publicados por país.



Fonte: autoria própria, 2018

Figura 6: Número de artigos por país (considerando-se somente os que têm mais de três)

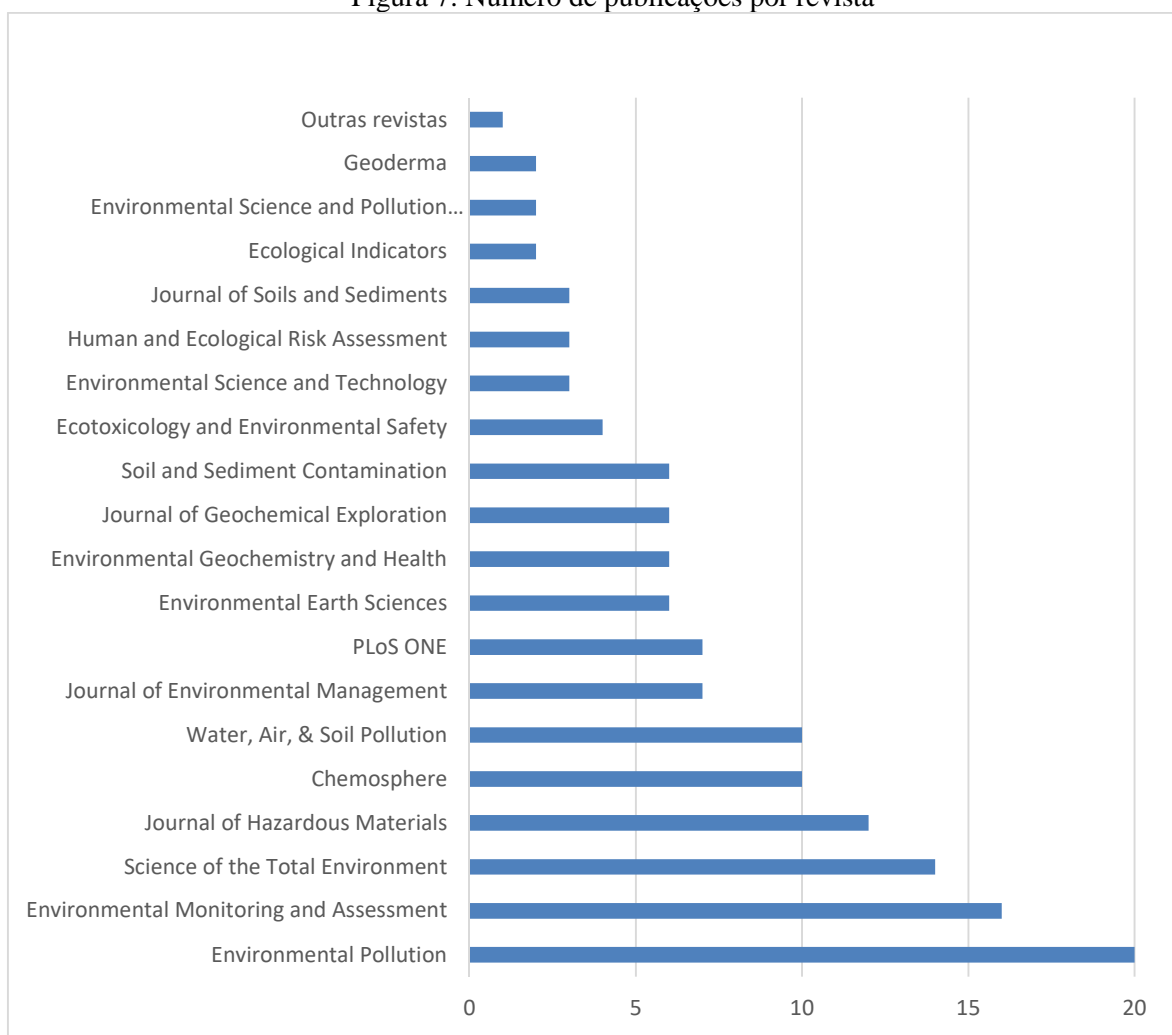


Fonte: autoria própria, 2018

Com relação aos periódicos, verificou-se um total de 60, frente aos 180 artigos selecionados. Em ordem decrescente, os quatro mais produtivos são *Environmental Pollution*, *Environmental Monitoring and Assessment*, *Science of the Total Environment* e *Journal of Hazardous Materials*, com 20, 16, 14 e 12 publicações, respectivamente (Figura 7). Pode se destacar que as 6 revistas mais produtivas representam quase 50% dos artigos publicados. Em estudo bibliométrico, Guo et al (2014), identificou como periódicos mais produtivos *Chemosphere*, *Journal of Hazardous Materials* e *Environmental Pollution*.

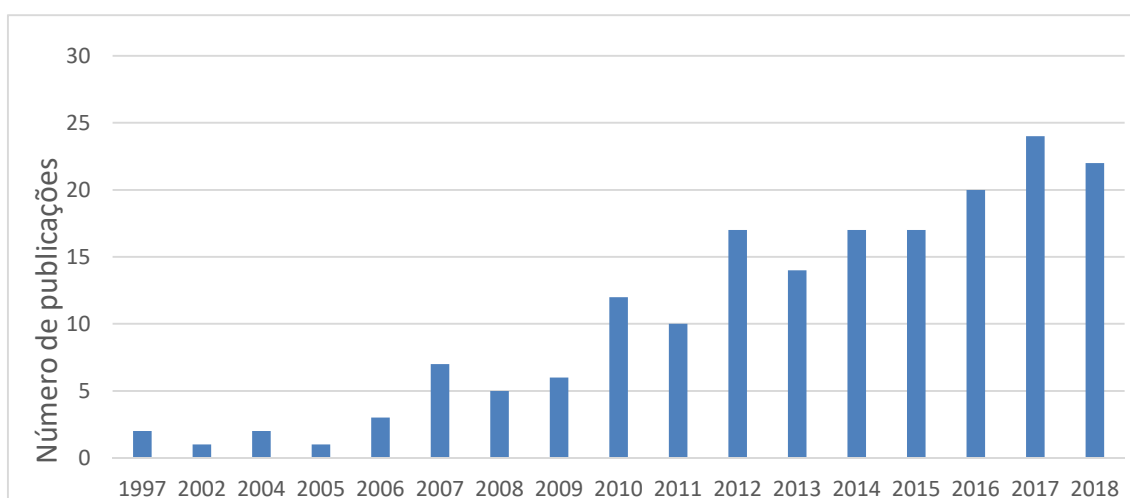
A maior parte dos artigos analisados no presente estudo foram publicados entre os anos de 2012 e 2018 (figura 8), cerca de 72%. Isso indica um possível aumento das pesquisas sobre contaminação do solo por chumbo nos últimos anos, o que se aproxima das tendências observadas por Guo et al (2014) em sua pesquisa no âmbito de solos contaminados.

Figura 7: Número de publicações por revista



Fonte: autoria própria, 2018

Figura 8: Número de publicações por ano.

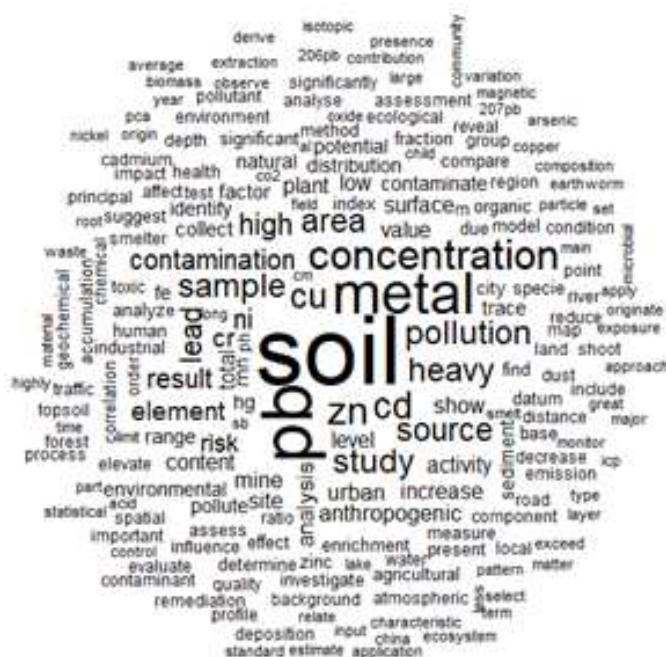


Fonte: autoria própria, 2018

5.1.2 Análises de conteúdo: Iramuteq

A partir do *Corpus Textual* preparado, o *software* Iramuteq (Ratinaud, 2014) faz o processamento dos dados e oferece a possibilidade de examinar a frequência relativa das palavras no *Corpus* de uma maneira intuitiva, através de uma nuvem de palavras. Quanto maior o tamanho das letras, maior será a frequência da palavra. Na figura gerada (Figura 9), observa-se que dentre as formas ativas mais frequentes estão: *soil*, *Pb*, *metal*, *concentration*, *contamination*, *pollution* e *source*. Isso indica que as buscas no portal de periódicos CAPES foi eficiente pois a maioria dos termos chave utilizados nas buscas constituem as formas mais recorrentes dentro do conjunto de textos. Além disso, percebe-se que, juntamente com *Pb*, outros símbolos de elementos químicos metálicos se destacam: *Zn*, *Cd* e *Cu*, por exemplo. Isso acontece porque a maioria dos artigos não tratam isoladamente do chumbo. As pesquisas, geralmente, avaliam a contaminação do solo por várias espécies de metais.

Figura 9: Nuvem de palavras gerada no Iramuteq.



Fonte: autoria própria, 2018

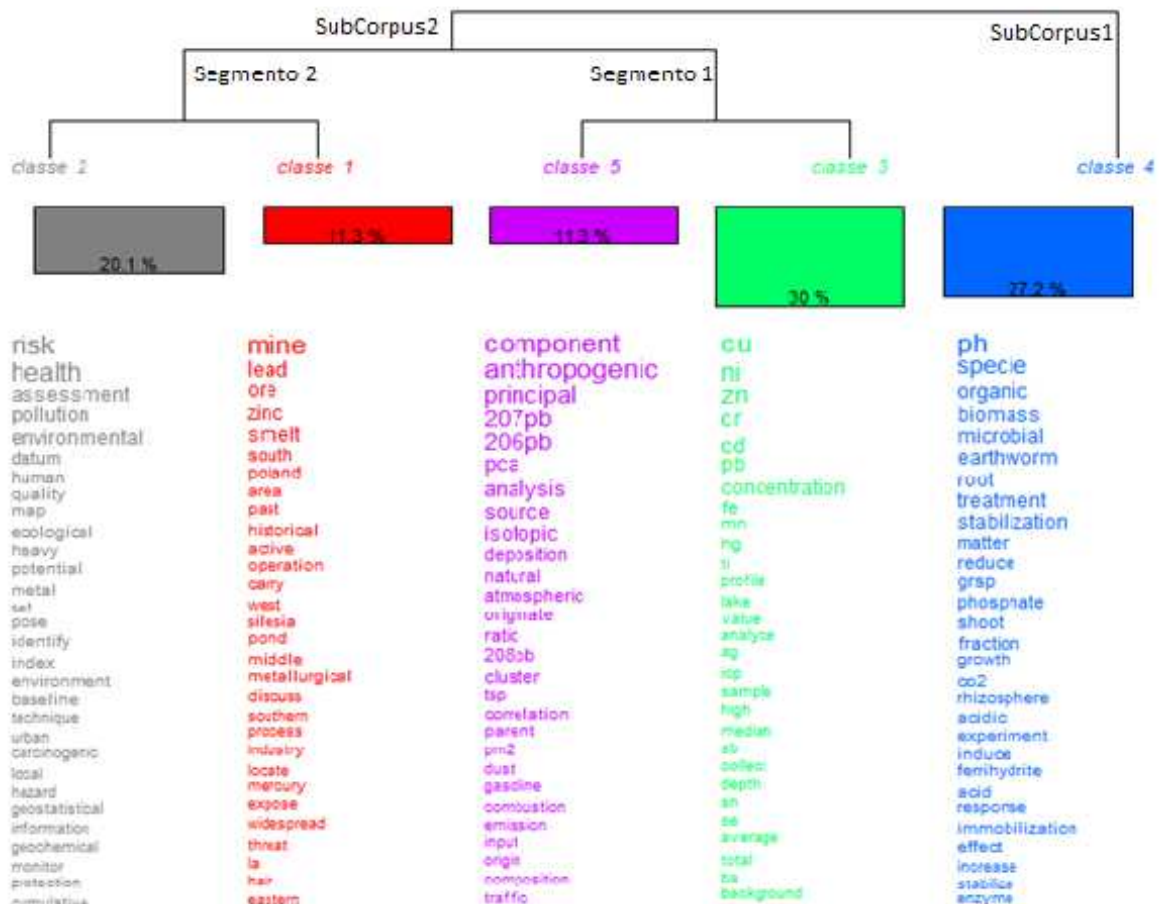
Uma outra análise oferecida pelo *software*, talvez a mais robusta de todas, a Classificação Hierárquica descendente (CHD) gera um filograma (figura 10) contendo um conjunto de classes

criadas com base no vocabulário dos *segmentos de texto* (UCE) obtidos do *Corpus*. Essa figura representa as classes, a ligação entre elas, a porcentagem de UCE presentes em cada uma e suas principais formas ativas.

No filograma, cada classe vem acompanhada de suas palavras mais representativas, de acordo com a categorização gerada pelo *software*. A representatividade da palavra em relação à classe é medida através de um teste qui-quadrado da associação entre a palavra (em sua forma reduzida) e a classe. Esse é um teste estatístico aplicado quando se quer estudar a dependência entre duas variáveis. Quanto maior e mais alta a palavra no filograma, maior é sua afinidade com a classe.

Analisando o filograma na Figura 10 percebe-se que o *Corpus* foi dividido em duas partes, denominadas *Subcorpus*. Um deles representado pela classe 4 (*Subcorpus 1*) e o outro pelas classes restantes (*Subcorpus 2*). Infere-se, dessa maneira, que a classe 4 apresenta certo isolamento em relação às demais, uma vez que, quanto maior o distanciamento no chaveamento da CHD, menores as relações entre as palavras no contexto das classes (RAMOS et al, 2018).

Figura 10: Filograma gerado no Iramuteq.



Fonte: autoria própria, 2018

O Subcorpus 2 está dividido em dois segmentos, um deles contendo as classes 3 e 5 (Segmento 1) e o outro, as classes 1 e 2 (segmento 2). Subentende-se que as classes presentes num mesmo segmento apresentam proximidade no que diz respeito as formas ativas (palavras processadas) presentes em cada uma. A classe 4 apresenta a maior porcentagem de UCE, constituindo 30% do total enquanto as classes 1 e 5 são as menores, ambas com 11,3% dos *segmentos de texto*.

O Iramuteq disponibiliza como resultado da CHD, as UCE pertencentes a cada classe, para que o pesquisador possa voltar a elas para ler e compreender os resultados da divisão feita pelo *software*. Com base na leitura dos segmentos de texto mais representativos de cada classe e na análise das palavras do filograma é possível encontrar certos padrões temáticos por traz da classificação hierárquica descendente.

O tema central da classe 4 é, basicamente, a interação entre metais pesados e os organismos e/ou características do solo. Verifica-se menção a termos relacionados a propriedades do solo como pH e matéria orgânica, a organismos presentes no solo (minhoca, microbiológico) e à movimentação de espécies químicas no solo (estabilização, imobilização). Esse tema aparece quase que exclusivamente na classe 4.

A classe 2 traz em suas UCE, palavras que remetem claramente a avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente e outras relacionadas à distribuição espacial dos metais pesados. Já a classe 1 traz em seus segmentos de textos, palavras como mineração, chumbo, fundição e atividade. Isso indica que o assunto central nessa classe é o estudo da existência ou possível contaminação provocada por atividades como mineração e fundição.

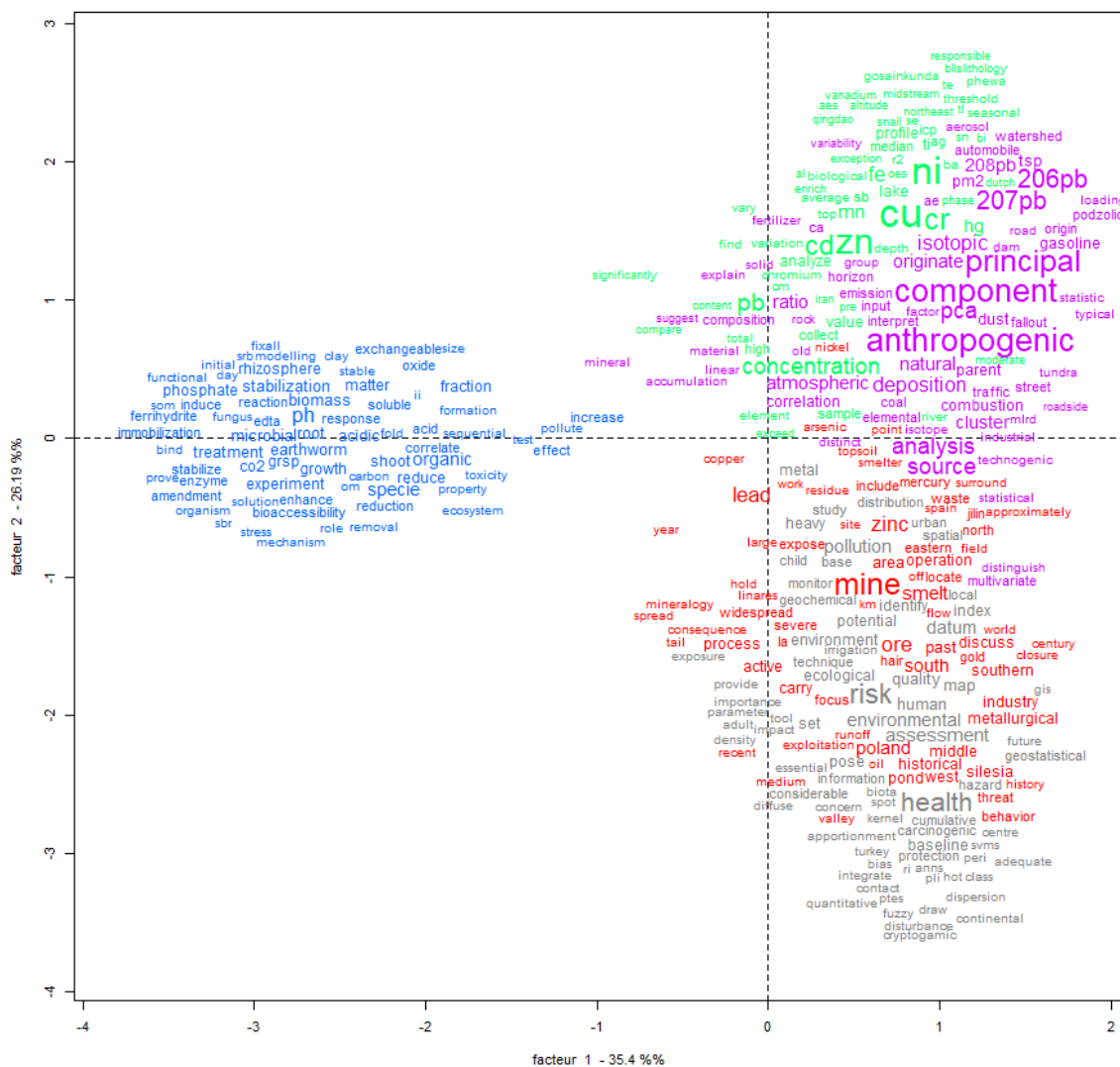
A temática da classe 5 remete a identificação de fontes de metais pesados (especialmente o chumbo), naturais ou artificiais, através de análises de componentes principais (CPA) e a verificação dos isótopos de chumbo existentes nos locais de estudo. Dentro da classe 3, encontra-se UCE que tratam basicamente, da análise e quantificação do conteúdo de metais no solo, como base para identificar ou confirmar possíveis contaminações em determinados locais. Infere-se nesse caso, que em grande parte dos estudos, a análise de chumbo vem acompanhada da de outros metais.

Derivada da CHD, é possível obter ainda, a Análise Fatorial de Correspondência (AFC) que mostra a distribuição das classes num plano cartesiano. Essa análise vem confirmar as percepções já obtidas com a análise anterior. Conforme visto na figura 11, a classe 4 mostra-se isoladas das outras, de modo que nenhuma de suas palavras representativas se mistura às das

outras classes. Corroborando o que já havia sido percebido no filograma, as classes 2 e 1 se encontram muito próximas, com grande parte de seus termos misturados entre si. Uma ligação entre os temas é muito plausível, já que, por exemplo, as avaliações de risco são desenvolvidas, geralmente, próximas a fontes potenciais de contaminação de metais.

Da forma similar, pode-se dizer que as classes 3 e 5 têm forte relação entre si. Uma possível explicação para isso, é o fato de que análises como a CPA, que está dentro da classe 5, envolvem também a quantificação das espécies de metais presentes na área suspeita de contaminação, assunto esse, presente na classe 3.

Figura 11: AFC das formas ativas gerada no Iramuteq.

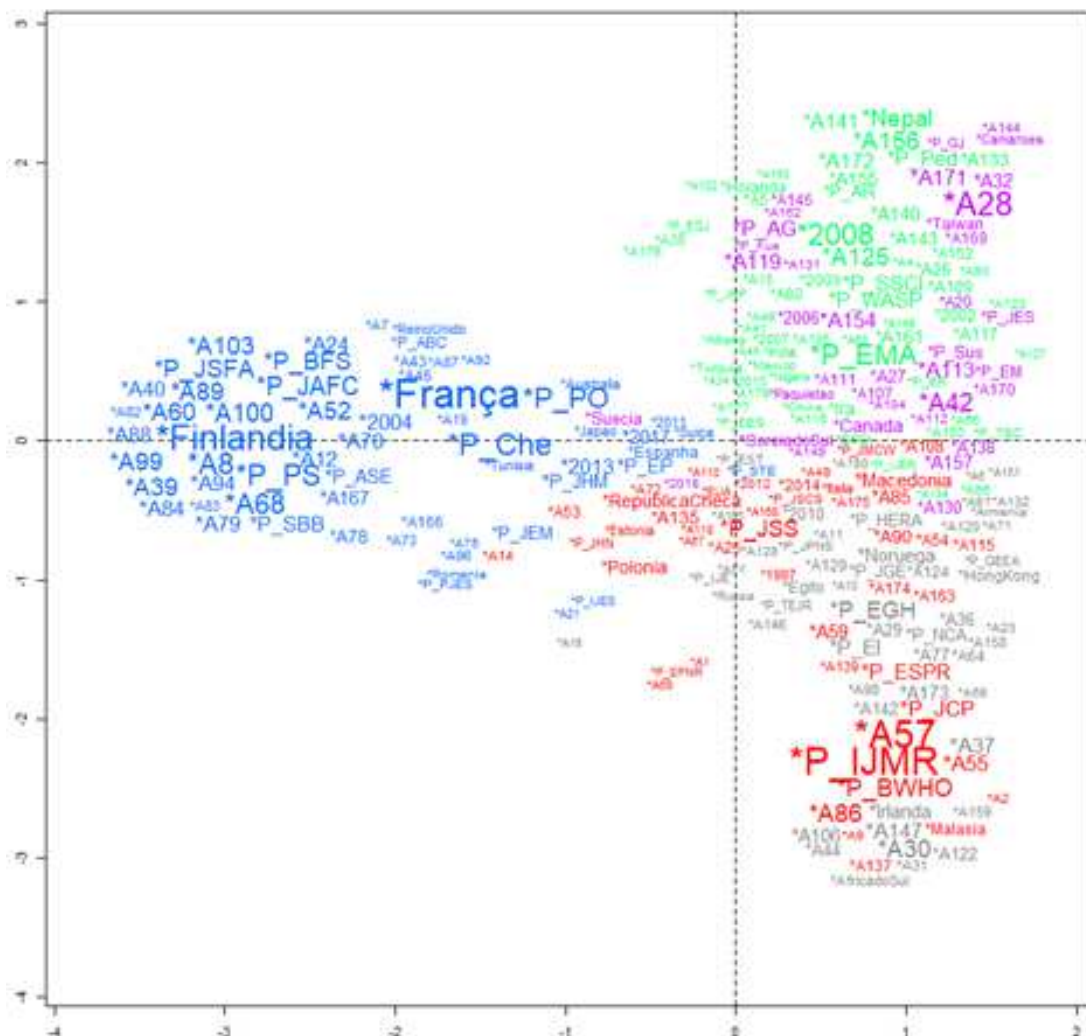


Fonte: autoria própria, 2018

Uma outra AFC é gerada conjuntamente com a anterior. Entretanto ela apresenta as variáveis codificadas no Corpus (periódico, país, ano de publicação) que mais fortemente se associam às classes determinadas na CHD. Através da figura 12 é possível fazer algumas deduções relacionadas a ligação entre variável e classe.

O artigo nº 28 (apêndice B), por exemplo, aparece em destaque com a cor da classe 5 e na região abrangida por esta classe na primeira AFC (figura 12). Logo, depreende-se que tal artigo tem grande afinidade com a classe 5, e que, por isso, seu conteúdo tenha forte relação com a temática encontrada anteriormente para a classe 5. Ao fazer a releitura do resumo de tal artigo, confirma-se o esperado, pois ele trata da investigação da origem do chumbo presente nos aerossóis e nas partículas da poeira urbana e para isso se utiliza das proporções de isótopos de chumbo.

Figura 12: AFC das variáveis codificadas no Corpus.



Fonte: autoria própria, 2018.

O periódico *International Journal of Mining, Reclamation and Environment* codificado pela sigla IJMR, contém apenas um artigo publicado entre os pesquisados que é exatamente o artigo de numeração 57 (A57) – ver apêndices A e B – localizado ao seu lado na figura 12. Esse artigo, trata da avaliação de contaminação de solo nas proximidades e interior de uma mina de mercúrio. Isso corrobora as expectativas de proximidade com a classe 1.

A palavra Finlândia, presente na AFC da figura 12, se encontra centralizada e em destaque dentro da área azul, logo, se deduz que o(s) artigo(s) publicados por tal país encontrem-se ligados à temática determinada para a classe 4. De fato, existe um único estudo realizado nesse país (dentro os 180), e este objetiva verificar a biodisponibilidade de chumbo frente a aplicação de determinado composto com potencial utilização em remediação. Tal assunto insere-se no conteúdo abordado na classe 4. Seguindo esse raciocínio é possível verificar a aderência de outros países ou revistas à uma certa temática. O mesmo pode se fazer, com relação às publicações em determinado ano. Contudo, quanto maior o número de publicações de determinado país ou num determinado ano, menor será a probabilidade de que estas se concentrem em determinado tema, pois, nesse caso, presume-se maior variedade temática. No caso dos periódicos, isso pode acontecer quando estes tratam de assuntos muito específicos.

Analisando-se com atenção os resumos e a tabela de frequência das palavras, disponível no Iramuteq, notou-se que, apesar de a classe 4 abranger na sua temática a mobilidade e biodisponibilidade de metais, quase não há estudos sobre sorção de chumbo ou outros metais. Isso pode resultar do fato de que, os estudos de sorção, não buscam identificar fontes de contaminação e nem sempre se prestam ao estudo de áreas já contaminadas, assuntos estes, que estão implícitos nos termos de busca utilizados no portal CAPES.

Apesar disso, sabe-se que os estudos de sorção e o emprego de sua modelagem através de isotermas, são de grande importância na determinação da capacidade de um solo em reter ou estabilizar contaminantes perigosos como o chumbo e outros metais. Isso poderá ser verificado, através da revisão sobre esse assunto no próximo tópico desse capítulo.

5.2 Adsorção: aspectos intervenientes, *modelagem* e testes

5.2.1 Sorção e Adsorção

De acordo com Koshinem e Harper (1990) apud Linhares (2009) o termo sorção de metais em solos é utilizado para designar um processo de retenção de compostos nas partículas em que não há distinção entre os processos específicos de adsorção, absorção e precipitação. Logo, deve ser usado quando mecanismo de remoção envolvido na remoção do íon metálico não é conhecido. Já a adsorção, é definido por Alleoni et al. (2009) como um processo físico-químico no qual há o acúmulo de uma espécie química na interface sólido-líquido. Nesse processo, a fase sólida que serve de suporte é chamada de adsorvente enquanto a espécie química aderida é denominada adsorvato.

Segundo Buchter et al (1989), apesar da diferenciação entre os conceitos de sorção e adsorção, o segundo é frequentemente utilizado para incluir todos os processos de remoção de soluto, pois na maioria dos experimentos, os mecanismos não podem ser diferenciados. Por isso é tão comum a utilização do termo adsorção em pesquisas experimentais.

Adsorção não-específica

A adsorção não-específica se baseia em forças eletrostáticas e descreve reações rápidas, reversíveis e fracas. Nessa situação existe a formação dos chamados complexos de esfera-externa pois uma molécula de água fica situada entre a superfície do adsorvente e a espécie adsorvida (SPOSITO, 1989). As leis que ditam as trocas iônicas regem esse processo, de forma que o metal pode ser substituído por outro que esteja em maior concentração, por exemplo (LINHARES, 2013)

Adsorção específica

A adsorção específica pode ser entendida como um conjunto de interações governadas pela formação de fortes ligações químicas entre os grupos funcionais da superfície sólida e dos íons em solução, configurando processos menos reversíveis de adsorção (SPARKS, 1999). Além disso, é altamente dependente do pH e pouco afetada pela concentração iônica da solução (LINHARES, 2013).

Atributos do sistema solo-solução

Uma série de fatores, de complexidade elevada, afetam a capacidade de retenção de metais pelo solo. A mobilidade e disponibilidade dessas espécies é determinada pelo tipo de elemento e pelas características físico-químicas e mineralógicas do sistema solo-solução.

Dentre os atributos da solução do solo que mais influenciam a mobilidade dos metais estão pH, composição e força iônica da solução, presença e concentração de outros elementos e existência de íons competidores (inclusive outros metais) (HARTER; NAIDU, 2001).

Com relação à fase sólida do solo, os atributos ou características mais influentes são: argilominerais, óxidos de ferro e alumínio, fosfatos e carbonatos, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC) (LINHARES, 2013; ROCHA, 2016).

A determinação das características solo é essencial para o entendimento dos fenômenos de adsorção de metais, como o chumbo. É por isso que, em diversos estudos sobre sorção, além dos experimentos destinados à construção de isotermas, existem as análises referentes aos parâmetros do solo. A partir dos dois resultados é possível relacionar os mecanismos de sorção com os atributos do solo.

A partir de consulta ao portal CAPES, foram selecionados artigos de revistas internacionais (revisados por pares), que tratavam de estudos de adsorção de chumbo em solos, sendo um artigo para cada ano no período de 2005 a 2018. Foram selecionados os estudos que apareciam primeiro na ordenação do portal e que tratassem de estudos de adsorção (ou sorção) de chumbo em solos através de ensaios em batelada (batch test). O intuito foi reunir as variáveis que, normalmente, são mais utilizadas na caracterização de solos nesse tipo de estudo, conforme apresentado no Quadro 1.

Observa-se que apenas dois parâmetros de solo foram mensurados em todos os artigos selecionados: pH e distribuição granulométrica (ou textura). Os parâmetros matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC) só não foram mensurados nos estudos de Paranavithana et al (2016) e Genc & Ulupinar (2010), respectivamente. A composição mineralógica da fração argila não foi quantificada em 5 dos 14 artigos. Já o conteúdo de pelo menos um dos óxidos; seja de Fe, Al ou Mn; foi quantificado em 9 dos 14 artigos. A análise que menos utilizada foi a de área superficial específica (ASE) e isso pode estar relacionada à sua maior complexidade frente às outras análises. Com base nessas e em outras referências, recomenda-se que; frente à

importância, recorrência e simplicidade de mensuração; no mínimo, as seguintes variáveis do solo sejam quantificadas nos estudos de adsorção: pH, matéria orgânica, granulometria e CTC. Entretanto, isso pode variar dependendo dos objetivos específicos de cada pesquisa.

Quadro 1: Parâmetros de solo analisados em artigos internacionais sobre adsorção de chumbo

Fonte	Variáveis consideradas na caracterização do solo						
	pH	Minerais da fração argila	Matéria Orgânica	CTC	Conteúdo de Fe, Al, ou Mn	Granulometria (ou textura)	ASE*
Serrano et al (2005)	x	x	X	x		X	
Moreno et al (2006)	x	x	X	x	x	X	
Diatta et al (2007)	x		X	x	x	X	x
Vega et al (2008)	x	x	X	X	X	X	X
Shaheen (2009)	x		X	x	x	X	
Genc & Ulupinar (2010)	x	x	X			X	
Cerqueira et al (2011)	x	x	X	x	x	X	
Jiang et al (2012)	x		X	x	x	X	
Braz et al (2013)	x	x	X	x	x	X	
Mandzhieva et al (2014)	x		X	x		X	
Sahraoui et al (2015)	x	x	X	x	x	X	
Paranavithana et al (2016)	x	x		x		X	x
Mu'azu & Jarrah (2017)	x	x	X	x		X	x
Oliveira et al (2018)	x		X	x	x	X	

*ASE: Área Superficial específica. Fonte: autoria própria, 2018

5.2.2 Isotermas de adsorção

A representação gráfica entre a concentração de metal adsorvida pelas partículas do solo e a concentração de metal na solução do solo é denominada isoterma de adsorção. Elas representam equações matemáticas usadas para descrever de forma conveniente a adsorção de solutos por sólidos em termos quantitativos, com base em experimentos de laboratório.

O estudo das isotermas traz a possibilidade de entender melhor o comportamento adsorptivo de metais em diferentes solos. Esse conhecimento é fundamental, pois permite prever o comportamento desses elementos no perfil do solo, já que os efeitos nocivos dos metais pesados em altas concentrações estão relacionados à capacidade do solo de sorvê-los (LINHARES, 2013).

Informações importantes podem ser extraídas das isotermas, como capacidade de retenção e a força pela qual o adsorvato está preso ao solo. As duas isotermas mais conhecidas e aplicadas em estudos de adsorção têm sido as de Langmuir e Freundlich e por isso serão apresentadas a seguir.

Isoterma de Langmuir

Segundo Linhares (2013), a Isoterma de Langmuir possui certas vantagens nos estudos de adsorção pois pode fornecer o parâmetro b , indicativo da capacidade máxima de adsorção do metal pelo solo e a uma constante k que remete à energia de ligação do íon com o substrato. Esta isoterma é representada pela seguinte equação 1:

$$q = \frac{kbC_{eq}}{1 + kC_{eq}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: C_{eq} é a concentração do metal na solução de equilíbrio (mg L^{-1}); q é a quantidade do elemento adsorvido pelo solo (mg kg^{-1}); k é uma constante que tem relação com a energia de ligação do elemento ao substrato (mg L^{-1}); b é a capacidade máxima de adsorção do metal pelo solo.

A vantagem da isoterma de Langmuir quando comparada à de Freundlich, é a determinação do parâmetro b , que se está relacionado à quantidade máxima de soluto sorvido pelas partículas de solo (ALLEONI et al, 2009). O mesmo autor ainda relata que a isoterma de Langmuir é mais indicada para tratar de ensaios de sorção a baixas concentrações da solução fonte.

Isoterma de Freundlich

Segundo Goldberg (1995), a isoterma de Freundlich é um modelo empírico, desprovido de uma base teórica sólida, que descreve os resultados experimentais de adsorção. Ela é representada pela seguinte equação:

$$q = K_f C_{eq}^n \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo: q , a quantidade de metal retida pelo solo (mg kg^{-1}); K_f , o coeficiente de Freundlich, intercepto que indica a capacidade do solo em reter um soluto (L kg^{-1}); C_{eq} é a concentração de

metal na solução de equilíbrio; e n é um parâmetro adimensional, situado entre 0 e 1, que indica a afinidade do solo pelo metal.

Uma forma linearizada da equação de Freundlich pode ser obtida ao se aplicar o logaritmo aos dois lados da equação anterior:

$$\log q = \log K_f + n \log C_{eq} \quad \text{Eq. (3)}$$

Plotando-se $\log q$ no eixo y e $\log C_{eq}$ no eixo x , obtém uma linha reta cuja inclinação é igual a n , e que intercepta o eixo y em $\log K_f$. Contudo, ressalta-se que essa forma da equação de Freundlich pode produzir parâmetros n e K_f diferentes daqueles obtidos na aplicação de regressões não-lineares a isothermas exponenciais (BUCHTER et al, 1989).

5.2.3 Coeficiente de distribuição

De acordo com Braz et al. (2013) o coeficiente de distribuição K_d é definido como a razão entre as concentrações de metal adsorvido pela massa de sólidos e as concentrações de metal remanescentes na solução de equilíbrio. Ainda segundo, os mesmos autores, tal coeficiente tem papel importante em modelos usados para avaliação de riscos ambientais.

Com base na definição acima, verifica-se que baixos valores de K_d indicam que a maior parte do metal permanece em solução e, por isso, mais disponível e móvel no solo. Altos valores de K_d , por outro lado, refletem grande afinidade das partículas do solo pelo metal (ANDERSON; CHRISTENSEN, 1988 APUD SOARES, 2004).

Soares (2004) relata que a definição de coeficiente de distribuição (K_d) só tem validade quando as isothermas de adsorção apresentam comportamento linear. Tomando como referência a isoterma de Freundlich, isso aconteceria quando o parâmetro n fosse igual a 1, o que resultaria na equação seguinte:

$$K_d = \frac{q}{C_{eq}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde K_d é o coeficiente de distribuição ($L \text{ mg}^{-1}$).

Para que isso ocorra é necessário que a quantidade de íons metálicos na solução inicial não provoque a saturação dos sítios de adsorção das partículas do solo. Se essa condição não é satisfeita a adsorção dos metais desviará da relação linear (MOUTA, 2007). A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), por exemplo, estabeleceu valores genéricos de K_d , com base na porção linear inicial da isoterma de adsorção de Freundlich (EPA, 1996; SPOSITO, 1980 apud BRAZ et al, 2013).

Apesar da ressalva explicitada anteriormente, sobre a necessária condição linear para o cálculo do coeficiente de distribuição, existem precedentes na literatura, de cálculos de K_d baseadas em outras fórmulas. Shaheen et al (2013) apresenta a seguinte fórmula, baseada nos parâmetros do modelo de Freundlich:

$$K_d = K_f C^{n-1} \quad \text{Eq. (5)}$$

Gomes et al (2001), baseado na definição do coeficiente de distribuição, calculou o K_d como a razão entre a concentração de metal adsorvida no solo e a concentração na solução de equilíbrio. Nesse caso o cálculo foi feito para cada uma das concentrações iniciais de metal das soluções. Por não ter alcançado uma isoterma linear, o autor utilizou os valores de K_d obtidos para concentração inicial de 25 mg/L, para comparar os distintos comportamentos do solo em relação a cada metal.

Seguindo raciocínio semelhante ao de Gomes et al (2001), Lu & Xu (2009), calcularam um coeficiente de distribuição médio ($K_{d\text{medium}}$) com base nos valores de K_d obtidos para as diferentes concentrações iniciais de metal. Dutta et al (2011), por outro lado, se refere ao coeficiente de Freundlich como um coeficiente de sorção K_d .

5.2.4 Ensaios de adsorção por batelada (Batch Test)

Os ensaios de adsorção por batelada, ou testes de equilíbrio em lote, tem sido amplamente utilizado para estimar a capacidade de solos para adsorver íons metálicos em virtude de sua simplicidade, rapidez e replicabilidade (SOARES; CASAGRANDE, 2009). Segundo Oliveira et al (2018), os dados gerados por este estudo são usados constantemente para obter isotermas de adsorção que descrevem o particionamento de equilíbrio entre fase sólida e solução do solo. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) os experimentos do tipo

batch são os mais comumente utilizados para determinar valores de K_d (EPA, 1999 apud BRAZ et al, 2013).

Esse experimento é desenvolvido seguindo algumas etapas ordenadas a seguir:

1°) Uma determinada quantidade de solo é colocada em contato com um volume conhecido de solução do metal de interesse, cuja concentração é conhecida - a proporção entre a quantidade de solo e solução que são colocados em contato, pode ser definida pelo pesquisador com base na literatura ou calculada como uma razão ideal através de testes prévios.

2°) Depois disso a mistura, ou sistema, solo-solução é agitada, por um período pré-definido de tempo (geralmente 24 horas), definido como ideal para a consecução do equilíbrio das reações entre adsorvente e adsorbato.

3°) Ao término da agitação o sistema é submetido à centrifugação para a separação das fases sólida e líquida, podendo passar também por uma membrana filtrante.

4°) O sobrenadante resultante da separação de fases é chamado de solução de equilíbrio e deve ser extraído para determinação da concentração final de equilíbrio do metal (podendo antes sofrer diluição devido aos valores de concentração esperados). Uma vez obtida a concentração de equilíbrio a quantidade de metal adsorvida pode ser determinada pela diferença entre a concentração inicial e a final. Esse processo é realizado para diferentes concentrações iniciais do metal estudado.

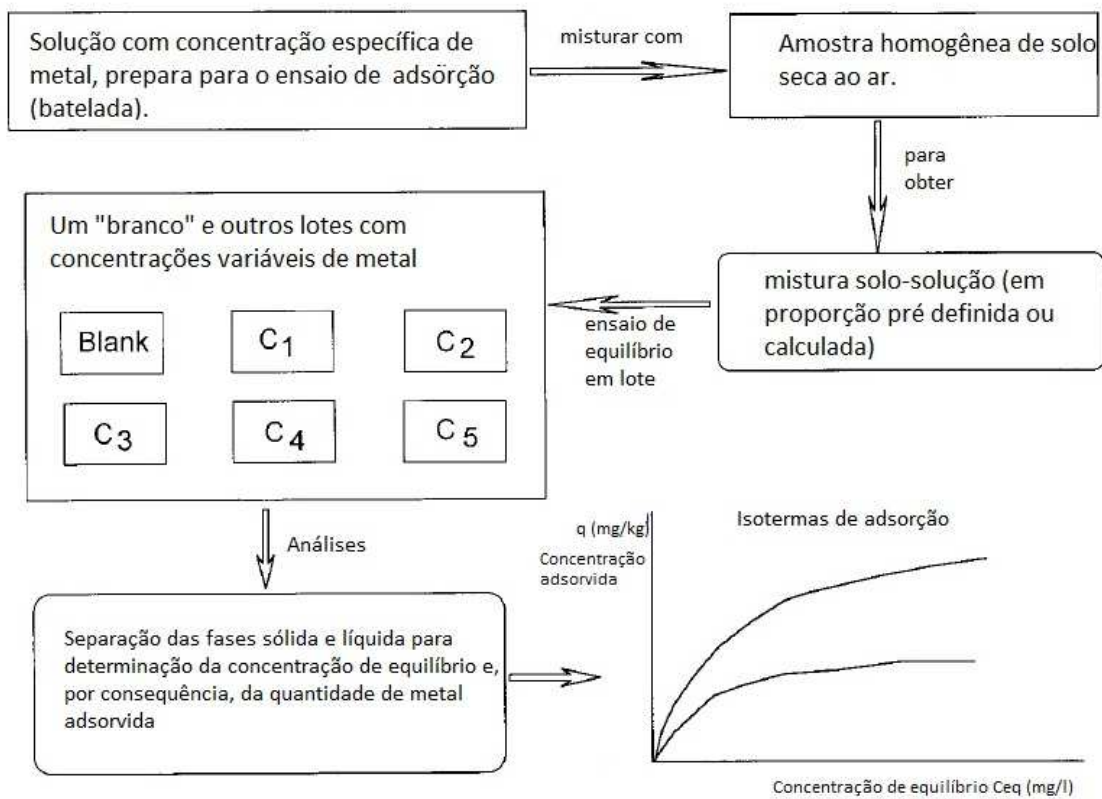
5°) Para cada concentração final de equilíbrio C_{eq} (mg/l) existirá uma concentração final de metal adsorvida q (mg/kg). Tais valores formam pares ordenados (C_{eq}, q) e podem ser plotados num plano cartesiano em que o eixo das ordenadas representa a concentração adsorvida de metal q (mg kg^{-1}) e o eixo das abcissas a concentração de metal na solução de equilíbrio (mg/l).

6°) De acordo com a configuração formada pelos pontos deve-se tentar ajustá-los aos modelos existentes de sorção: linear, Freundlich, Langmuir ou outros. O ajuste deve ser verificado por testes estatísticos para confirmar se é satisfatório ou não.

A figura 13 apresenta um esquema simplificado dos procedimentos realizados nos ensaios de equilíbrio em lote.

Há ainda outros aspectos importantes a serem considerados nos ensaios de equilíbrio em lote como: solução eletrolítica suporte (à qual será adicionado o metal), o sal de metal utilizado para a preparação da solução inicial, a faixa de variação das concentrações do íon metálico e a adição, ou não, de outros metais ao experimento, configurando soluções polimetálicas que aumentam a disputa por sítios de troca nas superfícies das partículas de solo.

Figura 13: Procedimentos do ensaio de equilíbrio em lote para determinação de isotermas



Fonte: adaptado de YONG, 2001.

O quadro 2 foi elaborado com base nos mesmos estudos e critérios do quadro 1, e apresenta as principais variáveis a serem consideradas e descritas nos ensaios de adsorção. Percebe-se que há grande variação na adoção de valores para as variáveis nos estudos de adsorção. Rocha (2016) notou problema similar em estudos de sorção no Brasil, nos quais percebeu que não há uma metodologia padrão. Isso pode dificultar a comparação de resultados entre pesquisas. A

única variável que se repete em quase todos os estudos (11 dos 14) do quadro 2 é a adoção do sal $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ como fonte de chumbo.

Das isotermas, a que mais se ajustou à maior parte dos estudos foi a de Langmuir. A de Freundlich foi adotada em pouco mais da metade dos estudos. Para o tempo de agitação, o mais utilizado, foi o de 24 horas. Ressalta-se, que muitas pesquisas realizam ensaios prévios para verificar o tempo necessário para que o sistema solo-solução entre em equilíbrio. Nesse caso, o tempo medido será o adotado nos ensaios de batelada. Nos casos em que tal procedimento não é feito, adota-se, normalmente, um tempo de 24 horas, que segundo USEPA (1992) é o tempo típico de equilíbrio.

No que diz respeito às concentrações iniciais, estas variaram de forma considerável dentre os estudos abordados. Já as diferenças entre as concentrações mínimas e máximas, dentro de um mesmo estudo, chegou a 3 ordens de grandeza, contudo, sendo 2 ordens o observado na maioria das pesquisas. A razão solo:solução mais utilizada foi a de 1:10. Destaca-se, entretanto, que assim como para o tempo de agitação, existem experimentos preliminares que objetivam descobrir uma razão ideal entre a quantidade de solo e de solução. Tais procedimentos podem ser vistos detalhadamente em USEPA (1992).

Por fim, observou-se que em 10 dos 14 artigos analisados, outros metais além do chumbo foram analisados. Através da leitura de outros artigos e trabalhos acadêmicos, percebe-se que essa é uma tendência das pesquisas sobre adsorção. Isso se deve à grande influência da adsorção competitiva sobre o comportamento dos metais e ao fato de que, as contaminações por íons metálicos, quase nunca, se devem à uma única espécie de metal pesado.

Quadro 2: Variação de parâmetros nos ensaios de sorção em estudos publicados em revistas internacionais.

Fonte	Variáveis importantes nos ensaios de sorção						Isotermas ajustadas			
	Concentrações da solução inicial (mM)	Sal de Pb	Solução eletrolítica suporte	Razão Solo/Solução	Tempo de agitação da amostra (h)	Elementos analisados	Langmuir	Freundlich	Linear	Outras
Serrano et al (2005)	0,02 - 18,54	PbCl ₂	CaCl 0,001 M	2/3	1 min - 24 h	Cd, Pb	x			
Moreno et al (2006)	50 - 600 mg/l	Pb(NO ₃) ₂	N.E.	1/10	24	Pb				x
Diatta et al (2007)	0,2 - 2,0	Pb(NO ₃) ₂	Ca(NO ₃) ₂	1/20	2	Pb, Zn	x	x	x	
Vega et al (2008)	0,01 - 3,0	Pb(NO ₃) ₂	NaNO ₃ 0,01M	6/100	24	Cu, Cd, Pb	x	x		
Shaheen (2009)	1,0 - 4,0	Pb(NO ₃) ₂	NaNO ₃ 0,01M	1/10	24	Cd, Pb		x		
Genc & Ulupinar (2010)	10 - 1000 mg/l	Pb(NO ₃) ₂	Ca(NO ₃) ₂	2/150	5	Pb	x			
Cerqueira et al (2011)	0,01 - 3,0	N.E.	NaNO ₃ 0,09M	6/100	24	Cu, Pb	x	x		
Jiang et al (2012)	5 - 400 mg/l	Pb(NO ₃) ₂	NaNO ₃ 0,01M	2/50	22	Cd, Pb	x	x		
Braz et al (2013)	0,5 - 5 mg/l	Pb(NO ₃) ₂	NaNO ₃ 0,01M	1/10	24	Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn			x	
Mandzhieva et al (2014)	0,05 - 1,0	Pb(NO ₃) ₂	N.E.	1/10	1	Cu, Pb, Zn	x			
Sahraoui et al (2015)	0,05 - 5,0	Pb(NO ₃) ₂	NaNO ₃ 0,01M	3/50	24	Co, Cu, Ni, Pb, Zn				x
Paranavithana et al (2016)	0,483 - 9,65	PbCl ₂	N.E.	1/10	1	Cd, Pb	x	x		
Mu'azu & Jarrah (2017)	20 - 100 mg/l	Pb(NO ₃) ₂	N.E.	(0,2 - 1)/50	2	Pb	x	x		
Oliveira et al (2018)	8 - 148 mg/l	Pb(NO ₃) ₂	N.E.	1/200 e 1/40	24	Pb	x	x	x	

N.E.(Não especificado). Fonte: autoria própria, 2018

6 Conclusões

- O estudo bibliométrico proporcionou uma visão geral sobre a diversidade de pesquisas atuais na área de contaminação de solos por metais e sobre os periódicos e países que mais tem se destacado nesse tema. China e Environmental Pollution, foram país e revista, respectivamente, com maior número de publicações. O ano mais produtivo foi 2017 com 24 artigos publicados;
- O *software* Iramuteq apresentou resultados interessantes em relação às estatísticas textuais, mostrando-se uma boa ferramenta para análise de conteúdo de textos científicos com aplicação na área ambiental. Com base na CHD, o conjunto de 180 artigos foi dividido em 5 classes com base em sua similaridade de vocabulário, o que, no fim, refletiu a similaridade temática;
- A revisão bibliográfica preliminar do tema “estudos de adsorção de chumbo no solo”, possibilitou a geração de um conteúdo sintético sobre o assunto podendo servir como referencial teórico para futuros estudantes do curso de engenharia ambiental e sanitária que fizerem pesquisas na área;
- A análise de alguns estudos sobre adsorção revelou uma grande variação no que diz respeito aos parâmetros adotados na caracterização de solo e nos ensaios de equilíbrio em lote. As variáveis mais utilizadas para caracterizar o solo foram pH, granulometria, matéria orgânica e CTC. Já nos ensaios de batelada, verificou-se que a maioria das pesquisas trabalham com outras espécies de metais além do chumbo, além disso, o modelo que mais se adequou aos resultados foi o de Langmuir;
- Por fim, o maior entendimento sobre as tendências mundiais da pesquisa em contaminação por chumbo, aliada ao conhecimento derivado da pesquisa exploratória sobre adsorção de metais, poderá abrir novas possibilidades de investigações a nível local.

7 REFERÊNCIAS

ALLEONI, L. R. F., MELLO, J. W. V. de, ROCHA, W. S. D. da, “Eletroquímica, Adsorção e Troca Iônica no Solo”. In: Melo, V.F.de, Alleoni, L.R.F. (eds), **Química e Mineralogia do Solo. Parte II – Aplicações**, 1 ed., capítulo XII, Viçosa, BR, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009a.

ALLOWAY, B. J. (Ed.). (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. 3. ed.; 614 p. Springer Science and Business Media Dordrecht, 2013.

ARAÚJO, C. A. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. Em *Questão*, v. 12(1), 2006.

BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.259-268

BOSCOV, M. E. G., **Geotecnia Ambiental**. 1 ed., Brasília, Oficina de Textos, 2008.

BRAZ, A. M. A.; FERNANDES, A. R.; FERREIRA, J. R.; ALLEONI, L. R. F. Prediction of the distribution coefficients of metals in Amazonian soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, V.95, p.212-220, 2013.

BUCHTER, B.; DAVIDOFF, B., AMACHER, M. C.; HINZ, C.; ISKANDAR, I. K.; SELIM, H. M. Correlation of Freundlich K_d and n retention parameters with soils and elements. **Soil Science**, v.148, n.5, p.370-379, 1989

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Um Software Gratuito para Análise de Dados Textuais. Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. *Temas em psicologia*, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.

CARVALHO, G. N. Avaliação do nível de contaminação do solo em áreas adjacentes à rodovia BR-040 no município de Juiz de Fora – MG; Trabalho de Conclusão de Curso; Faculdade de Engenharia; Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

CERQUEIRA, B. ; COVELO, E.F. ; ANDRADE, M.L. ; VEGA, F.A. Retention and Mobility of Copper and Lead in Soils as Influenced by Soil Horizon Properties. *Pedosphere*, V.21(5), p.603-614, 2011.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. *Revista Eletrônica de Negócios Internacionais*, v.10, n. 2, p. 1-5, 2015.

DELATTRE, L. ; CHANEL, O. ; LIVENAIS, C. ; NAPOLÉONE, C. Combining discourse analyses to enrich theory: The case of local land-use policies in South Eastern France. *Ecological Economics*, V.113, p.60-75, 2015.

DIATTA, J. B. ; KOCIAŁKOWSKI, W. Z. ; GRZEBISZ, W. Lead and Zinc Partition Coefficients of Selected Soils Evaluated by Langmuir, Freundlich, and Linear Isotherms. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*, V.34(17-18), p.2419-2439, 2003.

DUTTA, S. K.; SINGH, D.; SOOD, A. Effect of Soil Chemical and Physical Properties on Sorption and Desorption Behavior of Lead in Different Soils of India. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, V.20(3), p.249-260, 2011.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Inventário de áreas contaminadas do estado de Minas Gerais: 2017. Belo Horizonte - Minas Gerais. Dezembro de 2017.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Lista de áreas contaminadas e reabilitadas por município. Minas Gerais; Dezembro de 2017. Disponível em: http://feam.br/images/stories/2018/AREAS_CONTAMINADAS/DADOS_2018/2._Lista_de_%C3%81reas_Contaminadas_e_Reabilitadas_por_munic%C3%ADpio.pdf

GENC, AYTEN ; ULUPINAR, ELIF. Transport of Lead Pb²⁺ Ions Through Silty-Clayey Soils Under Acidic Conditions. *Transport in Porous Media*, V.84(3), pp.699-709, 2010.

GOLDBERG, S. Adsorption models incorporated into chemical equilibrium models. **Soil Science Society of America Special Publication**, n.42, p.75-93, 1995.

GOMES, P. C.; FONTES, M. P. F.; SILVA, A. G.; MENDONÇA, E. S.; NETTO, A. R. Selectivity Sequence and Competitive Adsorption of Heavy Metals by Brazilian Soils. *Soil Science Society of America Journal Abstract*. V.65, P. 1115–1121, 2001.

Guo, K., Liu, Y. F., Zeng, C., Chen, Y. Y., & Wei, X. J. (2014). Global research on soil contamination from 1999 to 2012: A bibliometric analysis. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, V. 64(5), 377–391.

Harter, R.D.; Naidu, R. (2001) An Assessment of Environmental and Solution Parameter Impact on Trace-Metal Sorption by Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 597-612.

JIANG, H.; LI, T.; HAN, X.; YANG, X.; HE, Z. Effects of pH and low molecular weight organic acids on competitive adsorption and desorption of cadmium and lead in paddy soils. *Environmental Monitoring and Assessment*, V.184(10), p.6325-6335, 2012.

LIMA, L. C. C. Isotermas de adsorção no estudo do comportamento de cobre e chumbo em solos originais e tratados para remoção de matéria orgânica. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Química da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química. Brasília, 2013.

LINHARES, L. A. Avaliação da vulnerabilidade de solos representativos de minas gerais à contaminação por metais pesados baseada em estudos de adsorção e processos de extração. Tese apresentada ao Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciências - Química. Belo Horizonte, 2009.

LU, S. G.; XU, Q. F. Competitive adsorption of Cd, Cu, Pb and Zn by different soils of eastern China. *Environmental Geology*, V.57, p.685-693, 2009.

MANDZHIEVA, S.; MINKINA, T.; PINSKIY, D.; BAUER, T.; SUSHKOVA, S. The role of soil's particle-size fractions in the adsorption of heavy metals. *Eurasian Journal of Soil Science*, V.3(3), p.197-205, 2014.

MAO, G.; SHI, T. Zhang, S.; Crittenden, J.; Guo, S.; Du, H. Bibliometric analysis of insights into soil remediation. *Journal of Soils and Sediments*, V.18(7), p.2520-2534, 2018.

MATTOS, A. G.; SOBRINHO, N. M. B. A.; LIMA, E. S. A.; GUEDES, J. N.; SOUSA, F. F. Sorção de Cd e Pb nos solos da região do Médio Rio Paraíba - RJ, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 1, p. 1-12, jan-mar, 2016.

McBRIDE, M. B., "Reactions Controlling Heavy Metals Solubility in Soils". In: Stewart, B.A. (ed), **Advances in Soil Science**, 10 ed., capítulo 1, New York, US, Springer-Verlag, 1994.

MINAS GERAIS. Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – CERH-MG. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 02, de 08 de setembro de 2010. Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas. Belo Horizonte, MG: Diário do Executivo – Minas Gerais, 2010.

MINAS GERAIS. Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais – COPAM Deliberação Normativa Conjunta COPAM nº 116, de 27 de junho de 2008. Dispõe sobre a declaração de informações relativas à identificação de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG: Diário do Executivo – Minas Gerais, 2008

MONDELLI, G. Integração de diferentes técnicas de investigação para avaliação da poluição e contaminação de uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Geotecnia. São Carlos, 2008.

MORENO, A. M.; QUINTANA, J. R.; PÉREZ, L.; PARRA, L. G. Factors influencing lead sorption-desorption at variable added metal concentrations in Rhodoxeralfs. *Chemosphere*, v. 64, p. 758-763, 2006.

MOUTA, E. R., 2007, Adsorção e Coeficientes de Distribuição de Selênio em Solos do Estado de São Paulo. Dissertação* de M.Sc., Unesp, Jaboticabal, SP, Brasil.

MU'AZU, N. D. ; JARRAH, N. Influence of Bentonite Proportion in Natural Clay on Pb²⁺ ions Sorption: Response Surface Methodology, Kinetics and Equilibrium Studies. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, Vol.26(7-8), p.691-708, 2017.

OLIVEIRA, S. A.; TAVARES, S. R. L.; BARBOSA, M. C. Pb Adsorption on Soil Typical to an Ammunition Destruction Site. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, V.101(3), p.365-371, 2018.

PARANAVITHANA, G. ; KAWAMOTO, K. ; INOUE, Y. ; SAITO, T. ; VITHANAGE, M. ; KALPAGE, C. ; HERATH, G. Adsorption of Cd²⁺ and Pb²⁺ onto coconut shell biochar and biochar-mixed soil. *Environmental Earth Sciences*, V.75(6), p.1-12, 2016

QUEVEDO-SILVA, F.; SANTOS, E. B. A.; BRANDÃO, M. M.; VILS, L. Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. *Revista Brasileira de Marketing*, v.15, n.2, 2016.

RAMOS, M.; AMARAL-ROSA, M. P. Contribuições do software IRAMUTEQ para a Análise Textual Discursiva. *Investigação Qualitativa em Educação*, V. 1, 2018.

Ratinaud, P. (2014). IRAMUTEQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires - 0.7 alpha 2. Recuperado de: <http://www.iramuteq.org>.

ROCHA, N. S. Análise de sorção/dessorção de cádmio e chumbo em solos da Amazônia legal. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2016.

SAHRAOUI, H. ; ANDRADE, M.L. ; HACHICHA, M. ; VEGA, F.A. Competitive sorption and desorption of trace elements by Tunisian Aridisols Calcorthids. *Environmental Science and Pollution Research*, V.22(14), p.10861-10872, 2015.

SANTOS, S. N. Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2011.

SERRANO, S. ; GARRIDO, F. ; CAMPBELL, C.G. ; GARCÍA-GONZÁLEZ, M.T. Competitive sorption of cadmium and lead in acid soils of Central Spain. *Geoderma*, V.124(1), pp.91-104, 2005.

SHAHEEN, Sabry Mohamed. Sorption and lability of cadmium and lead in different soils from Egypt and Greece. *Geoderma*, V.153(1), p.61-68, 2009.

SHAHEEN, S. M. ; TSADILAS, C. D. ; RINKLEBE, J. A review of the distribution coefficients of trace elements in soils: Influence of sorption system, element characteristics, and soil colloidal properties. *Advances in Colloid and Interface Science*, V.201-202, p.43-56, 2013.

SILVA, B. C. M. Estudo da Adsorção de Chumbo (Pb) por Ensaios de Equilíbrio em Lote em Materiais Inconsolidados: Município de Eldorado Paulista (Vale do Ribeira - SP). Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós- Graduação em Geotecnia. São Carlos, 2013.

SOARES, M. R. Coeficiente de distribuição (KD) de metais pesados em solos do estado de São Paulo. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, 2004.

SOARES M. R.; CASAGRANDE J. C. Adsorção e Modelos. In: Ribeiro MR, Nascimento CWA, Cantalice JRB, Ribeiro Filho MR (eds) Tópicos em Ciência do Solo. SBCS, Viçosa, pp 71–201; 2009

SOUZA, M. A. R.; WALL, M. L.; THULER, A. C. M. C.; O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. Revista da Escola de Enfermagem da USP, V. 52, 2018.

SPOSITO, G. The Chemistry of soils. 1 ed. New York, Oxford University Press, 1989.

TEODORO, J. C. Determinação do valor de prevenção para o chumbo em solos: testes fitotoxicológicos. 2016. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

USEPA. Batch -Type Procedures for Estimating Soil Adsorption of Chemicals. 1992, EPA/530/SW-87/006-F. 101p.

VEGA, F.A. ; COVELO, E.F. ; ANDRADE, M.L. A versatile parameter for comparing the capacities of soils for sorption and retention of heavy metals dumped individually or together: Results for cadmium, copper and lead in twenty soil horizons. Journal of Colloid And Interface Science, v.327(2), p.275-286, 2008.

WANG, MINGZE ; LIU, DIANFENG ; JIA, JINGLEI ; ZHANG, XIAOYI. Global trends in soil monitoring research from 1999–2013: a bibliometric analysis. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, p.1-13, 2015.

YOUNG, R. N. Geoenvironmental engineering: contaminated soils, pollutant fate and mitigation. CRC Press LLC. 2001. 307 P.

ZHANG, S.; MAO, G.; CRITTENDEN, J.; LIU, X.; DU, H. Groundwater remediation from the past to the future: A bibliometric analysis. Water Research, V.119, p.114-125, 2017.

APÊNDICE A – Lista de periódicos, respectivos códigos e número de artigos

Código	Periódicos	Quantidade
ABC	Analytical and Bioanalytical Chemistry	1
AESS	Applied and Environmental Soil Science	1
AG	Applied Geochemistry	1
ASE	Applied Soil Ecology	1
AR	Atmospheric Research	1
BFS	Biology and Fertility of Soils	1
BT	Bioresource Technology	1
BWHO	Bulletin of the World Health Organization	1
Che	Chemosphere	10
CPE	Contemporary Problems of Ecology	1
CB	Current Biology	1
Des	Desalination	1
EI	Ecological Indicators	2
EESa	Ecotoxicology and Environmental Safety	4
EES	Environmental Earth Sciences	6
EGH	Environmental Geochemistry and Health	6
EM	Environmental Management	1
EMA	Environmental Monitoring and Assessment	16
EP	Environmental Pollution	20
EPNR	Environmental Protection and Natural Resources	1
ER	Environmental Research	1
ESPR	Environmental Science and Pollution Research	2
EST	Environmental Science and Technology	3
ESR	Environmental Systems Research	1
ESJ	European Scientific Journal	1
Fue	Fuel	1
GEEA	Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis	1

Código	Periódicos	Quantidade
GCA	Geochimica et Cosmochimica Acta	1
Geo	Geoderma	2
GJ	Geosciences Journal	1
HERA	Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal	3
IJE	International Journal of Ecology	1
IJER	International Journal of Environmental Research and Public Health	1
IJES	International Journal of Environmental Studie	1
IJMR	International Journal of Mining, Reclamation and Environment	1
JES	Journal of Environmental Sciences	1
JPNS	Jornal of Plant Nutrition and Soil Science	1
JSCS	Jornal of Serbian Chemical Society	1
JAFQ	Journal of agricultural and food chemistry	1
JCP	Journal of Cleaner Production	1
JEHS	Journal of Environmental Health Science & Engineering	1
JEM	Journal of Environmental Management	7
JGE	Journal of Geochemical Exploration	6
JHM	Journal of Hazardous Materials	12
JHP	Journal of Health & Pollution	1
JMCW	Journal of Material Cycles and Waste Management	1
JSFA	Journal of the Science of Food and Agriculture	1
JSS	Journal of Soils and Sediments	3
NCA	Neural Computing & Applications	1
Ped	Pedosphere	1
OS	Plant Soil	1
PO	PLoS ONE	7
PJES	Polish Journal Of Environmental Studies	1
STE	Science of the Total Environment	14
SSCI	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	6
SBB	Soil Biology & Biochemistry	1
Sus	Sustainability	1

Código	Periódicos	Quantidade
TEJR	The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences	1
TEC	Toxicological & Environmental Chemistry	1
WASP	Water, Air, & Soil Pollution	10

**APÊNDICE B – Lista de periódicos ordenados contendo Título, Periódico, Ano de
Publicação, Autores e Palavras –Chave**

Nº	Título	Ano	Autores	Periódico	Palavras-chave	País da pesquisa
1	Soil pollution at outdoor shooting ranges: Health effects,	2016	A.O. Fayiga, U.K. Saha	Environmental Pollution	Shooting ranges; Bullets; Best management practices; Pb; Pollution	EUA
2	Heavy metal soil pollution cartography in northern France	1997	J.-P. Frangi, D. Richard	Science of the Total Environment	Soil pollution; Heavy metals; Lead; Cadmium; Spatial interpolation; Mapmaking	França
3	A multi-stage sampling strategy for the delineation of soil pollution in a contaminated brownfield	2008	S. Verstraete, M. Van Meirvenne	Environmental Pollution	Geostatistics; Lead pollution; Sequential Gaussian simulations	Belgium
4	"Soil Pollution Hazardous to Environment": A case study on the chemical composition and correlation to automobile traffic of the roadside soil of Jeddah city, Saudi Arabia	2009	MohammadW. Kadi	Journal of Hazardous Materials	Traffic-related elements; Soil pollution; Roadside dust; Inductively coupled plasma-mass spectrometry; Lead and zinc	Saudi Arabia
5	Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient	2005	M.J.M. Notten, A.J.P. Oosthoek, J. Rozema, R. Aerts	Environmental Pollution	Transfer; Heavy metals; Floodplains; Urtica dioica; Cepaea nemoralis	Netherlands
6	Mesopedobiont Based Bioindication of Soil Pollution in the Lower Priamurye	2012	G. N. Ganin	Contemporary Problems of Ecology	mesopedobionts, heavy metals, bioindication, soil pollution, oligochaetes, gastropods, millipedes, the Far East	Russia
7	Soil pollution by a pyrite mine spill in Spain: evolution in time	2004	J. Aguilar, C. Dorronsoro, E. Fernández, J. Fernández, I. García, F. Martín, M. Simón	Environmental Pollution	Pyrite; Soil pollution; Heavy metals; Solubility; Bioavailability	Spain
8	Effects of heavy metal soil pollution and acid rain on growth and water use efficiency of a young model forest ecosystem	2007	Manoj Menon, Sandra Hermle, Madeleine S. Günthardt-Goerg, Rainer Schulin	Plant Soil	Acid rain, Acidic subsoil, Biomass, Calcareous subsoil, Forest ecosystem, Heavy metals, Lysimeters, Soil pollution, Water use efficiency	Suíça
9	Comparison of soil pollution concentrations determined using AAS and portable XRF techniques	2009	Tanja Radu, Dermot Diamond	Journal of Hazardous Materials	Soil pollution; Heavy metals; Portable XRF; Real-time pollution detection	Ireland
10	The effects of the Qinghai-Tibet railway on heavy metals enrichment in soils	2012	Hua Zhang, Zhaofeng Wang, Yili Zhang, Zhongjun Hu	Science of the Total Environment	Soil pollution; Railway; Tibetan Plateau; Heavy metal	China
11	Combination of geo- pedo- and technogenic magnetic and geochemical signals in soil profiles e Diversification and its interpretation: A new approach	2016	Marcin Szuszkiewicz , Adam Łukasik, Tadeusz Magiera, Maria Mendakiewicz	Environmental Pollution	Environmental magnetism; Heavy metals; Magneto-geochemical enhancement; Soil pollution; Genetic soil horizons; Iron oxides	Polónia
12	Simultaneous and continuous stabilization of As and Pb in contaminated solution and soil by a ferrihydrite-gypsum sorbent	2017	Kentaro Kameda, Yohey Hashimoto, Shan-Li Wang, Yasumasa Hirai, Hidetaka Miyahara	Journal of Hazardous Materials	Soil, pollution, Metal immobilization, Sorption, XAFS	Japão
13	Is soil basal respiration a good indicator of soil pollution?	2016	A. Romero-Freire, M. Sierra Aragón, F.J. Martínez Garzón, F.J. Martín Peinado	Geoderma	Soil properties; Soil basal respiration; Soil pollution; Toxicity; Metal(loids)	Espanha
14	High intensity magnetic separation for the clean-up of a site polluted by lead metallurgy	2013	C. Sierra, J. Martínez, J.M. Menéndez-Aguado, E. Afif, J.R. Gallego	Journal of Hazardous Materials	Soil pollution; Lead; Slag; Magnetic separation; Soil washing	Espanha
15	Lithological and land-use based assessment of heavy metal pollution in soils surrounding a cement plant in SW Europe	2016	Laura Cutillas-Barreiro, Paula Pérez-Rodríguez, Antía Gómez-Armesto, María José Fernández-Sanjurjo, Esperanza Álvarez-Rodríguez, Avelino Núñez-Delgado, Manuel Arias-Estévez, Juan Carlos Nóvoa-Muñoz	Science of the Total Environment	Mercury; Lead; Soil; Prairie; Forest; Enrichment factors; Soil pollution	Espanha
16	Evaluation of the role of risk perception in stakeholder engagement to prevent lead exposure in an urban setting	2016	Melissa A. Harclerode, Pankaj Lal, Neeraj Vedwan, Bernabas Wolde, Michael E. Miller	Journal of Environmental Management	Sustainable remediation; Risk perception; Stakeholder engagement; Risk attenuation; Optimism bias; Lead exposure	EUA
17	Long-term efficiency of soil stabilization with apatite and Slovakite: The impact of two earthworm species (Lumbricus terrestris and Dendrobaena veneta) on lead bioaccessibility and soil functioning	2013	D. Tica, M. Udovic, D. Lestan	Chemosphere	Pb; Stabilization; Earthworms; Soil pollution; Soil functioning; Enzyme activity	Eslovênia
18	Stabilization of arsenic and lead by magnesium oxide (MgO) in different seawater concentrations	2018	Kentaro Kameda, Yohey Hashimoto, Yong Sik Ok	Environmental Pollution	Periclase; Heavy metals; XAFS; Soil pollution; Sea level rise	Japão
19	Lead and PAHs contamination of an old shooting range: A case study with a holistic approach	2017	A. Rodríguez-Seijo, A. Cachada, A. Gavina, A.C. Duarte, F.A. Vega, M.L. Andrade, R. Pereira	Science of the Total Environment	Bioaccumulation; Contaminated soil; Ecotoxicological tests; Earthworms; Risk assessment; Tiers 1 and 2	Espanha
20	Assessment of the Spatial Distribution of Metal(Oid)s in Soils Around an Abandoned Pb-Smelter Plant	2017	Nielson Machado dos Santos, Clístenes Williams Araújo do Nascimento, Jörg Matschullat, Ricardo Alves de Olinda	Environmental Management	Soil pollution; Soil quality; Trace elements; Lead; arsenic	Brasil
21	The contribution of polyphenols to plant resistance to Pb soil pollution	2018	Pavel V. Maslennikov , Galina N. Chupakhina, Liubov N. Skrypnik , Pavel V. Feduraev and Anastasiya S. Melnik	International Journal of Environmental Studie	Pollution; Pb; polyphenols; antioxidants; phytobiofilms; phytoindication	Rússia
22	Physiological impacts of soil pollution and arsenic uptake in three plant species: Agrostiscapillaris, Solanum nigrum and Vicia faba	2013	A. Austruy, N.Wanat, C.Moussard, P.Vernay, E.Joussein, G.Ledoigt, A.Hitmi	Ecotoxicology and Environmental Safety	Contaminated soil; Leaf gas exchanges; Chlorophyll fluorescence; Lipid peroxidation; Arsenic uptake	França
23	Advances in long-term soil-pollution monitoring of Switzerland	2010	André Desaulles, Stefan Ammann, and Peter Schwab	Jornal of Plant Nutrition and Soil Science	soil monitoring; temporal change; time series; soil pollution; inorganic pollutants; trace metals	Suíça
24	Effects of historic metal(loids) pollution on earthworm communities	2015	Thibaut Lévêque, Yvan Capowiez, Eva Schreck, StéphaneMombo, Christophe Mazzia, Yann Foucault, Camille Dumat	Science of the Total Environment	Lead; Metal(loids) bioavailability; Aporectodea longa; Soil pollution; Soil physico-chemical properties	França
25	Entomopathogenic nematode food webs in an ancient, mining pollution gradient in Spain	2016	Raquel Campos-Herrera, José Antonio Rodríguez Martín, Miguel Escuer, María Teresa García-González, LarryW. Duncan, Carmen Gutiérrez	Science of the Total Environment	Entomopathogenic nematodes; Iron; Lead; Soil food web; Soil pollution; Zinc	Espanha

26	Relationship Between Total and Bioaccessible Lead on Children's Blood Lead Levels in Urban Residential Philadelphia Soils	2017	Karen D. Bradham, Clay M. Nelson, Jack Kelly, Ana Pomales, Karen Scruton, Tim Dignam, John C. Misenheimer, Kevin Li, Daniel R. Obenour, and David J. Thomas	Environmental Science and Technology	NÃO TEM	EUA
27	Estimating the Possibility of Surface Soil Pollution with Atmospheric Lead Deposits Using the ADMER Model	2018	Binh Nguyen Thi Lan, Takeshi Kobayashi, Atsushi Suetsugu, Xiaowei Tian and Takashi Kameya	Sustainability	atmospheric lead deposition; surface soil pollution; Pb particles; ADMER model; PRTR	Japão
28	Lead contamination and transfer in urban environmental compartments analyzed by lead levels and isotopic compositions	2014	Xin Hua, Yuanyuan Sun, Zhuhong Ding, Yun Zhang, Jichun Wu, Hongzhen Lian, Tijian Wang	Environmental Pollution	Lead; Atmospheric particles; Street dust; Surface soil; Source identification	China
29	Support vector machine and artificial neural network to model soil pollution: a case study in Semnan Province, Iran	2017	Mohamad Sakizadeh, Rouhollah Mirzaei, Hadi Ghorbani	Neural Computing & Applications	Heavy metals; Soil pollution index; Support vector machines; Artificial neural network	Irã
30	Monte Carlo Simulation-Based Health Risk Assessment of Heavy Metal Soil Pollution: A Case Study in the Qixia Mining Area, China	2012	Changsheng Qu, Kai Sun, Surong Wang, Lei Huang, Jun Bi	Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal	heavy metal, environmental exposure, health risk assessment, Monte Carlo simulation.	China
31	Legacy lead arsenate soil contamination at childcare centers in the Yakima Valley, Central Washington, USA	2017	Jenna Durkee, Casey Bartrem, Gregory Moller	Chemosphere	Risk assessment; Lead; Arsenic; Pesticide; Children's health; Childcare centers	EUA
32	Tracing Sources and Contamination Assessments of Heavy Metals in Road and Foliar Dusts in a Typical Mining City, China	2016	Jie Yang, Yanguo Teng, Liuting Song, Rui Zuo	PLoS ONE	NÃO TEM	China
33	Long-Term Dynamics of Urban Soil Pollution with Heavy Metals in Moscow	2016	N. E. Kosheleva; E. M. Nikiforova	Applied and Environmental Soil Science	NÃO TEM	Rússia
34	Metal and metalloid contamination in roadside soil and wild rats around a PbZn mine in Kabwe, Zambia	2011	Shouta M.M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Kyohei Hamada, Kaampwe Muzandu, Kennedy Choongo, Hiroki Teraoka, Naoharu Mizuno, Mayumi Ishizuka	Environmental Pollution	Metal; Metalloid; Soil pollution; GIS; Wild rat	Japão
35	Determination of lead accumulation by leaves of different vegetation, grow in soil pollution	2014	Mirela Alushllari; Nikolla Civici	European Scientific Journal	Lead, soil and vegetation samples, BFA, atomic absorption spectrometry	Albania
36	Mapping soil pollution by spatial analysis and fuzzy classification	2010	Roberto Wagner Lourenc, Paulo M. Barbosa Landim, Andre Henrique Rosa, Jose Arnaldo F. Roveda, Antonio Ce'sar Germano Martins, Leonardo Fernandes Fraceto	Environmental Earth Sciences	Soil pollution; Geostatistics; Fuzzy classification; Risk analysis	Brasil
37	Quantifying Diffuse Contamination: Method and Application to Pb in Soil	2017	Karl Fabian, Clemens Reimann, Patrice de Caritat	Environmental Science and Technology	NÃO TEM	Noruega
38	Auxin effects on Pb phytoextraction from polluted soils by Tegetes minuta L. and Bidens pilosa L.: Extractive power of their root exudates	2016	María Julieta Salazar, Judith Hebelén Rodríguez, Carolina Vergara Cid, María Luisa Pignata	Journal of Hazardous Materials	Lead soil pollution; Bidens pilosa; Tagetes minuta; Phytohormones; Root exudates	Argentina
39	Metal soil pollution differentially affects both the behaviour and exposure of A. caliginosa and L. terrestris: a mesocosm study	2018	Stéphane Mombo, Christophe Laplanche, Philippe Besson, Stéphane Sammartino, Eva Schreck, Camille Dumat, Yvan Capowiez	Biology and Fertility of Soils	Pb; Cd; Avoidance behaviour; Burrow; X-ray tomography; Water infiltration	França
40	Microscopic evidence for humic acid induced changes in lead immobilization by phosphate in a counterdiffusion system	2017	Mei Wanga, Zhuo Zhanga, Jie Rena, Chao Zhang, Chunping Li, Guanlin Guo, Fasheng Li	Journal of Hazardous Materials	Lead; Phosphates; Counterdiffusion system; Humic acid; Immobilization	China
41	Antimony, arsenic and lead distribution in soils and plants of an agricultural area impacted by former mining activities	2012	E. Álvarez-Ayuso, V. Otones, A. Murciego, A. García-Sánchez, I. Santa Regina	Science of the Total Environment	Toxic elements; Agricultural soil pollution; Mobilization; Phytoavailability; Environmental and health risks	Espanha
42	The origin of lead in the organic horizon of tundra soils: Atmospheric deposition, plant translocation from the mineral soil or soil mineral mixing?	2011	Jonatan Klaminder, John G. Farmer, Angus B. MacKenzie	Science of the Total Environment	Pb isotopes; Tundra soil; Contamination; Cryoturbation	Suécia
43	Detection of bioavailable cadmium, lead, and arsenic in polluted soil by tailored multiple Escherichia coli whole-cell sensor set	2015	Qihui Hou; Anzhou Ma; Thanh Wang; Jianqiang Lin; Hailin Wang; Binghai Du; Xuliang Zhuang; Guoqiang Zhuang	Analytical and Bioanalytical Chemistry	Heavy metals, Bioavailability, Specificity, Whole-cell sensor set, Cross-mixed induction, Binary linear regression	China
44	Cryptogamic communities as a useful bioindication tool for estimating the degree of soil pollution with heavy metals	2018	Kaja Rola, Piotr Osyczka	Ecological Indicators	Lichens, Bryophytes, Cryptogamic biota structure, Zn-Pb ores, Post-industrial areas, Environmental assessment	Polónia
45	Soil Pollution by Toxic Metals near E-waste Recycling Operations in Ibadan, Nigeria	2016	Michael D. Adesokan, Gilbert U. Adie, Oladele Osibanjo	Journal of Health & Pollution	E-waste, recycling, soil, toxic metals, speciation	Nigéria
46	Lead Speciation and Association with Organic Matter in Various Particle-Size Fractions of Contaminated Soils	2018	Gautier Landrot, Saengdao Khaokaew	Environmental Science and Technology	NÃO TEM	França
47	Lead Transformation to Pyromorphite by Fungi	2012	Young Joon Rhee, Stephen Hillier, Geoffrey Michael Gadd	Current Biology	NÃO TEM	Escócia
48	Spatial distribution, mobility and bioavailability of arsenic, lead, copper and zinc in low polluted forest ecosystem in North-western Mexico	2018	Isela Roque-Alvarez, Fabiola S. Sosa-Rodríguez, Jorge Vazquez-Arenas, Miguel A. Escobedo-Bretado, Israel Labastida, Jose Javier Corral-Rivas, Antonio Aragon-Pi, Ma. Aurora Armienta, Patricia Ponce-Pena, Rene H. Lara	Chemosphere	Forest health response, Forest stands, Mobile fraction, Santiago Papasquiari, Forest structure	México
49	Multi-criteria analysis of soil pollution by heavy metals in the vicinity of the Copper Smelting Plant in Bor (Serbia)	2011	DJORDJE NIKOLIĆ1, NOVICA MILOŠEVIĆ, ŽIVAN ŽIVKOVIĆ, IVAN MIHAJLOVIĆ, RENATA KOVAČEVIĆ, NEVENKA PETROVIĆ	Journal of Serbian Chemical Society	heavy metals; soil; pollution; multi-criteria; PROMETHEE /GAIA	Sérvia
50	Metals in European roadside soils and soil solution e A review	2014	Moritz Werkenthin, Björn Kluge, Gerd Wessolek	Environmental Pollution	Soil solution concentration; Heavy metal pattern; Highway; Roadside soils; Europe	Alemanha
51	Bioaccessibility of metals and human health risk assessment in community urban gardens	2015	M. Izquierdo, E. De Miguel, M.F. Ortega, J. Mingot	Chemosphere	Bioaccessibility; Metals; Risk assessment; Soil pollution; Urban garden	Espanha

52	Phosphate effects on copper(II) and lead(II) sorption to ferrihydrite	2013	Charlotta Tiberg, Carin Sjöstedt, Ingmar Persson, Jon Petter Gustafsson	Geochimica et Cosmochimica Acta	NÃO TEM	Suécia
53	Soil pollution by mining activities in Andalusia (South Spain)—the role of Mineralogy and Geochemistry in three case studies	2018	Antonio J. Romero-Baena, Isabel González, Emilio Galán	Journal of Soils and Sediments	Acid mine drainage; Availability; Iberian Pyrite Belt; Mining areas; Soil pollution; Trace element mobility	Espanha
54	Groundwater hydrochemistry and soil pollution in a catchment affected by an abandoned lead–zinc mine: functioning of a diffuse pollution source	2012	Urszula Aleksander-Kwaterczak; Dariusz Ciszewski	Environmental Earth Sciences	Heavy metals; Groundwater; Metal mining; Pollution; Alluvial soils	Polónia
55	Incorporating life cycle assessment with health risk assessment to select the 'greenest' cleanup level for Pb contaminated soil	2017	Deyi Hou, Shengqi Qi, Bin Zhao, Mark Rigby, David O'Connor	Journal of Cleaner Production	Green remediation; Sustainable remediation; Human health risk assessment; Life cycle assessment; Soil contamination	China
56	Soil Pollution by Trace Metals Derived from Animal Feed and Manure in the Bursa Region of Turkey	2015	Ilker Kilica, Seyit Uguza; Baris Bulent Asikb	Toxicological & Environmental Chemistry	trace metals, manure, feed, dairy cattle, poultry	Turquia
57	Soil pollution related to mercury-mining activities in the proximity of Usagre (Badajoz, SW Spain)	2014	P. Higuera, S. Lorenzo, J.M. Esbría, E.M. García-Nogueroa, L. Reyes-Bozob	International Journal of Mining, Reclamation and Environment	mercury mining; atmospheric mercury; soils; kriging; soil-plant transfer	Espanha
58	Effects of mining-associated lead and zinc soil contamination on native floristic quality	2013	Matthew A. Struckhoff, Esther D. Stroh, Keith W. Grabner	Journal of Environmental Management	Lead; Zinc; Floristic quality; Mining; Soil contamination; Plant communities	EUA
59	Technogenic magnetic particles in soils as evidence of historical mining and smelting activity: A case of the Brynica River Valley, Poland	2016	Tadeusz Magiera, Maria Mendakiewicz, Marcin Szuszkiewicz, Mariola Jabłońska, Leszek Chróst	Science of the Total Environment	Magnetic susceptibility; Technogenic magnetic particles; Historical soil pollution; Heavy metals; Peat bogs	Polónia
60	Elevated CO2 increases glomalin-related soil protein (GRSP) in the rhizosphere of Robinia pseudoacacia L. seedlings in Pb- and Cdcontaminated soils	2016	Xia Jia a, Yonghua Zhao, Tuo Liu, Shuping Huang, Yafei Chang	Environmental Pollution	Elevated atmospheric CO2; Cd-contaminated soils; Pb-contaminated soils; Glomalin-related soil protein; Robinia pseudoacacia L. seedlings; Rhizosphere	China
61	Field sampling of soil pore water to evaluate trace element mobility and associated environmental risk	2011	Eduardo Moreno-Jiménez, Luke Beesley, Nicholas W. Lepp, Nicholas M. Dickinson, William Hartley, Rafael Clemente	Environmental Pollution	Polluted soils; Metals; Arsenic; Soluble fraction; Monitoring	Espanha
62	Evaluation of different amendments to stabilize antimony in mining polluted soils	2013	E. Álvarez-Ayuso, V. Otones, A. Murciego, A. García-Sánchez	Chemosphere	Soil pollution; Mining areas; Immobilization; Fe and Al oxides and oxyhydroxides	Espanha
63	Risk assessment of heavy metal soil pollution through principal components analysis and false color composition in Hamadan Province, Iran	2014	Alireza Soffianian, Elham Sadat Madani, Mahnaz Arabi	Environmental Systems Research	Kriging; Correlation analysis; Principal components analysis; False color composition; Inverse overlay method; Weighted linear combination	Irã
64	Risk-based assessment of multimetallic soil pollution in the industrialized peri-urban area of Huelva, Spain	2012	J. C. FernándeZ-Caliani	Environmental Geochemistry and Health	Soil pollution; Trace elements; Risk-based assessment; Peri-urban area; Huelva	Espanha
65	Linking trace metals and agricultural land use in volcanic soils — A multivariate approach	2014	C. Parelho, A.S. Rodrigues, J.V. Cruz, P. Garcia	Science of the Total Environment	Andosols; Agricultural land use; Trace metals; Soil pollution; Enrichment factor	Portugal
66	Total and available heavy metal concentrations in soils of the Thriassio plain (Greece) and assessment of soil pollution indexes	2013	Ioannis Massas, Dionisios Kalivas, Constantions Ehaliotis, Dionisios Gasparatos	Environmental Monitoring and Assessment	Soil; Heavy metal; Soil pollution; Enrichment factor; Geoaccumulation index; Metal availability	Grécia
67	Assessment of metals contamination of soils in Ulaanbaatar, Mongolia	2010	Tsereniyam Batjargal, Enktur Otgonjargal, Kitae Baeka, Jung-Seok Yang	Journal of Hazardous Materials	Mongolia; Ulaanbaatar; Heavy metals; Urbanization; Soil pollution; Sequential extraction	Coréia do Sul
68	Effects of Pulp and Na-Bentonite Amendments on the Mobility of Trace Elements, Soil Enzymes Activity and Microbial Parameters under Ex Situ Aided Phytostabilization	2017	Daniel Wasilkowski, Anna Nowak, Grażyna Plaza, Agnieszka Mroziak	PLoS ONE	NÃO TEM	Polónia
69	Soil pollution with copper, lead and zinc in the surroundings of large copper ore tailings impoundment	2014	Elżbieta Muszyńska, Cezary Kabata, Agata Urszula Bielińska, Mateusz Cuske, Bernard Galka	Environmental Protection and Natural Resources	copper, lead, zinc, soil contamination, monitoring, industrial wastes	Polónia
70	The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on glomalin-related soil protein distribution, aggregate stability and their relationships with soil properties at different soil depths in lead-zinc contaminated area	2017	Yurong Yang, Chuangjun He, Li Huang, Yihui Ban, Ming Tang	PLoS ONE	NÃO TEM	China
71	Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health	2018	Gevorg Tepanosyan, Lilit Sahakyan, Olga Belyaeva, Shushanik Asmaryan, Armen Saghatelian	Science of the Total Environment	Geochemical survey; Heavy metals; Soil pollution; Multivariate geostatistical analysis; Mining area; Health risk assessment	Armênia
72	Environmental hazard of oil shale combustion fly ash	2012	Irina Blinova, Liidia Bitukova, Kaja Kasemets, Angela Ivask, Aleksandr Käkinen, Imbi Kurvet, Olesja Bondarenko, Liina Kanarbik, Mariliis Sihtmäe, Villem Aruoja, Hedi Schvede, Anne Kahru	Journal of Hazardous Materials	Oil shale combustion; Fly ash; Toxicity; Heavy metals; Soil pollution	Estónia
73	In vitro and in vivo approaches for the measurement of oral bioavailability of lead (Pb) in contaminated soils: A review	2011	Munir Hussain Zia, Eton E. Codling, Kirk G. Scheckel, Rufus L. Chaney	Environmental Pollution	Risk assessment; Urban; Bioaccessibility; Soil; Metals	EUA
74	Citric acid-assisted phytoextraction of lead: A field experiment	2013	Eriberto Vagner Freitas, Clístenes Williams Nascimento, Adailson Souza, Fernando Bruno Silva	Chemosphere	Phytoremediation; Organic chelants; Heavy metal; Soil contamination	Brasil
75	Response of Oxidative Stress Variables, Proteins, and Chlorophyll in Three Plant Species Caused by Moderate Soil Pollution with Toxic Elements	2015	Adinuța Păun, Aurora Neagoe, Mihaela Păun, Ion Baciuc, Virgil Iordache	Polish Journal Of Environmental Studies	Taraxacum officinale, Lotus corniculatus, Plantago major, polymetallic pollution, oxidative stress	Romênia
76	Elevated CO2 benefits the soil microenvironment in the rhizosphere of Robinia pseudoacacia L. seedlings in Cd- and Pb-contaminated soils	2017	Shuping Huang, Xia Jia, Yonghua Zhao, Bo Bai, Yafei Chang	Chemosphere	Elevated atmospheric CO2; Cd- and Pb-contaminated soil; Rhizosphere microenvironment; Robinia pseudoacacia L. seedlings	China
77	Assessing the combined risks of PAHs and metals in urban soils by urbanization indicators	2013	Chi Peng, Zhiyun Ouyang, Meie Wang, Weiping Chen, Xiaoma Li, John C. Crittenden	Environmental Pollution	Heavy metals; Residential area; Urban development; Population density; Multiple regression analysis; Health risk assessment; Beijing; China	China

78	Lead accumulation and tolerance characteristics of <i>Athyrium wardii</i> (Hook.) as a potential phytostabilizer	2011	Tongjing Zou, Tingxuan Li, Xizhou Zhang, Haiying Yu, Hongbing Luo	Journal of Hazardous Materials	Lead phytostabilization; <i>Athyrium wardii</i> ; Mining ecotypes; Tolerance; Biochemical response	China
79	Apatite ore mine tailings as an amendment for remediation of a lead-contaminated shooting range soil	2011	Salla H. Venäläinen	Science of the Total Environment	Remediation; Lead; Bioavailability; Tailings; Fluorapatite; Calcite	Finlândia
80	The use of a physiologically-based extraction test to assess relationships between bioaccessible metals in urban soil and neurodevelopmental conditions in children	2016	Jie Hong, Yinding Wang, Suzanne McDermott, Bo Cai, C. Marjorie Aelion, Jamie Lead	Environmental Pollution	Physiologically based extraction test; Soil pollution; Intellectual disability; Cerebral palsy; Low birth weight	EUA
81	Spatial pattern of heavy metals accumulation risk in urban soils of Beijing and its influencing factors	2016	Rui Liu, Meie Wang, Weiping Chen, Chi Peng	Environmental Pollution	Beijing; Urbanization; Soil pollution; Regression tree; Heterogeneity	China
82	Ecotoxicological diagnosis of a sealed municipal landfill	2012	A.J. Hernández, C. Bartolomé, M.I. Pérez-Leblic, J. Rodríguez, J. Álvarez, J. Pastor	Journal of Environmental Management	Soil pollution; Salinity; Heavy metals; Soil microbiology; Landfill vegetation	Espanha
83	Effects of soil type and genotype on lead concentration in rootstalk vegetables and the selection of cultivars for food safety	2013	Changfeng Ding, Taolin Zhang, Xingxiang Wang, Fen Zhou, Yiru Yang, Yunlong Yin	Journal of Environmental Management	Lead; Rootstalk vegetables; Ferralsols; Cambisols; Genotypic variation	China
84	Speciation and reactivity of lead and zinc in heavily and poorly contaminated soils: Stable isotope dilution, chemical extraction and model views	2017	Zong-ling Ren, Yann Sivry, Mickael Tharaud, Laure Cordier, Yongtao Li, Jun Dai, Marc F. Benedetti	Environmental Pollution	Lead; Zinc; Speciation; Reactivity; Stable isotopic dilution; Multi-surface modelling	França
85	Heavy metal contamination of topsoils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia	2010	Trajče Stafilov, Robert Šajin, Zlatko Pančevski, Blažo Boev, Marina V. Frontasyeva, Lyudmila P. Strelkova	Journal of Hazardous Materials	Soil; Heavy metals; Pollution; Veles; Republic of Macedonia	Macedônia
86	Lead exposure from soil in Peruvian mining towns: a national assessment supported by two contrasting examples	2012	Van Geen, Alexander ; Bravo, Carolina ; Gil, Vladimir ; Sherpa, Shaky ; Jack, Darby	Bulletin of the World Health Organization	NÃO TEM	EUA
87	Lead bioaccessibility in topsoils from lead mineralisation and urban domains, UK	2013	J.D. Appleton, M.R. Cave, B. Palumbo-Roe, J. Wragg	Environmental Pollution	Bioaccessibility; Lead; Mining; Mineral processing; Urban; Topsoil; England; UK	Reino Unido
88	Effects of lead upon the actions of sulfate-reducing bacteria in the rice rhizosphere	2010	Huirong Lin, Jiyan Shi, Xinai Chen, Jianjun Yang, Yingxu Chen, Yidong Zhao, Tiandou Hu	Soil Biology & Biochemistry	Sulfate-reducing bacteria; Rice rhizosphere; Sulfate reduction; Pb; PCR-DGGE; XANES	China
89	Expression analysis of metallothioneins and mineral contents in tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>) under heavy metal stress	2017	Dursun Kisa, Lokman Öztürk, Serhat Dokerb, İsa Gökçec	Journal of the Science of Food and Agriculture	copper; heavy metal; lead; metallothionein; mineral element; tomato	Turquia
90	Analysis of worldwide regulatory guidance values for the most commonly regulated elemental surface soil contamination	2013	Aaron A. Jennings	Journal of Environmental Management	Surface soil contamination; Regulatory guidance values; Elements; Risk models; Statistical analyses	EUA
91	Use of geostatistics for remediation planning to transcend urban political boundaries	2012	Tammy M. Milillo, Gaurav Sinha, Joseph A. Gardella Jr.	Environmental Pollution	Soil contamination; Geostatistics; Spatial interpolation; Kriging; Soil remediation	EUA
92	Soil plate bioassay: An effective method to determine ecotoxicological risks	2011	R. Boluda, L. Roca-Pérez, L. Marimón	Chemosphere	Heavy metals; Bioassays; Rice soils; Barley; Cress; Lettuce	Espanha
93	Soil Heavy Metal Pollution and Risk Assessment in Shenyang Industrial District, Northeast China	2015	Xudong Jiao, Yanguo Teng, Yanhong Zhan, Jin Wu, Xueyu Lin	PLoS ONE	NÃO TEM	China
94	Potential value of phosphate compounds in enhancing immobilization and reducing bioavailability of mixed heavy metal contaminants in shooting range soil	2017	B. Seshadri, N.S. Bolan, G. Choppala, A. Kunhikrishnan, P. Sanderson, H. Wang, L.D. Currie, Daniel C.W. Tsang, Y.S. Ok, G. Kim	Chemosphere	Heavy metals; Bioavailability; Rock phosphate; Leaching; Shooting range soil	Austrália
95	Effects of modified zeolite on the removal and stabilization of heavy metals in contaminated lake sediment using BCR sequential extraction	2016	Jia Wen, Yuanjie Yi, Guangming Zeng	Journal of Environmental Management	Sediment; Zeolite; Heavy metal; BCR sequential extraction; Speciation	China
96	Simultaneous removal of polycyclic aromatic hydrocarbon and heavy metals from an artificial clayey soil by enhanced electrokinetic method	2018	Nima Saberi, Mohammad Aghababaei, Mojtaba Ostovar, Hamid Mehrnahad	Journal of Environmental Management	Phenanthrene; Toxic metals; Electroremediation; Surfactant; Organic matter; Low permeable soil	Irã
97	Lead (Pb) and other metals in New York City community garden soils: Factors influencing contaminant distributions	2014	Rebecca G. Mitchell, Henry M. Spliethoff, Lisa N. Ribaldo, Donna M. Lopp, Hannah A. Shayler, Lydia G. Marquez-Bravo, Veronique T. Lambert, Gretchen S. Ferenz, Jonathan M. Russell-Anelli, Edie B. Stone, Murray B. McBride	Environmental Pollution	Urban agriculture; Community garden; Urban soil; Lead (Pb) exposure; Soil contaminants	EUA
98	The impact of informal irrigation practices on soil drainage condition, soil pollution and land suitability for agriculture in El Saf area of El Giza	2015	Hanan E.M. El Azab, Afify A. Afify, Mahmoud M. Soliman	The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences	Wastewater; Physiography; Soil drainage condition; Remote sensing data	Egito
99	Cross-Species Extrapolation of Prediction Model for Lead Transfer from Soil to Corn Grain under Stress of Exogenous Lead	2014	Zhaojun Li, Hua Yang, Yupeng Li, Jian Long, Yongchao Liang	PLoS ONE	NÃO TEM	China
100	Lead Retention by Broiler Litter Biochars in Small Arms Range Soil: Impact of Pyrolysis Temperature	2012	Minori Uchimiya; Desmond I. Bannon; Lynda H. Wartelle; Isabel M. Lima; K. Thomas Klasson	Journal of agricultural and food chemistry	heavy metal, bioavailability, manure, fertilizer, biomass, phosphorus	EUA
101	Effects of EDTA on phytoextraction of heavy metals (Zn, Mn and Pb) from sludge-amended soil with <i>Brassica napus</i>	2010	Hanen Zaier, Tahar Ghnaya, Kilani Ben Rejeb, Abdelbasset Lakhdar, Salwa Rejeb, Fatima Jemal	Bioresource Technology	Chelator; Phytoremediation; Plant biomass; Pollution; Sewage sludge	Tunísia
102	Trace Metal Inventories and Lead Isotopic Composition Chronicle a Forest Fire's Remobilization of Industrial Contaminants Deposited in the Angeles National Forest	2014	Kingsley O. Odigie, A. Russell Flegal	PLoS ONE	NÃO TEM	EUA
103	Soil processes and tree growth at shooting ranges in a boreal forest reflect contamination history and lead-induced changes in soil food webs	2015	Salla Selonen , Heikki Setälä	Science of the Total Environment	Coniferous forest; Ecosystem ecotoxicology; Litter decomposition; Pb; Resilience; Resistance	Finlândia

104	Source identification and apportionment of heavy metals in urban soil profiles	2015	Xiao-San Luo, Yan Xue, Yan-Ling Wang, Long Cang, Bo Xu, Jing Ding	Chemosphere	Urban environmental geochemistry; Heavy metals (HMs); Source contributions; Soil contamination; Soil layers; Atmospheric deposition	China
105	Guideline Values and Metal Contamination in Soils of an Environmentally Impacted Bay	2017	Nielson Machado dos Santos; Clístenes Williams Araújo do Nascimento; Adriana Maria de Aguiar Accioly	Water, Air, & Soil Pollution	Soil pollution; Soil quality; Geoaccumulation; Pollution index; Trace elements	Brasil
106	The Dublin SURGE Project: geochemical baseline for heavy metals in topsoils and spatial correlation with historical industry in Dublin, Ireland	2014	M. M. Glennon; P. Harris; R. T. Ottesen; R. P. Scanlon; P. J. O'Connor	Environmental Geochemistry and Health	Urban geochemistry; Heavy metals; Soil pollution; Historical industry; Human health	Irlanda
107	Pollution characteristics and source identification of trace metals in riparian soils of Miyun Reservoir, China	2017	Lanfang Han, Bo Gao, Jin Lu, Yang Zhou, Dongyu Xu, Li Gao, Ke Sun	Ecotoxicology and Environmental Safety	Trace metals; Lead isotopic ratios; Riparian soils; Miyun Reservoir	China
108	Evaluation and source identification of trace element contamination of soils in the Qixia lead-zinc mining area, Jiangsu, China	2014	Zongwei Ma; Tiantian Li; Changsheng Qu; Jun Bi; Lei Huang	Journal of Soils and Sediments	Geo-accumulation index; Multivariate statistical analysis; Qixia lead-zinc mine; Soil contamination; Source identification; Trace elements	China
109	Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: Probabilistic health risk approach	2013	Mayuri Chabukdhara, Arvind K. Nema	Ecotoxicology and Environmental Safety	Metals; Urban soil; Industrial city; Non-cancer and cancer risk; Cluster analysis	Índia
110	Lead contamination of the mining and smelting district in Mitrovica, Kosovo	2018	Lunchakorn Prathumratana; Rokho Kim; Kyoung-Woong Kim	Environmental Geochemistry and Health	Lead contamination; Mining; Smelting; Lead isotopes; Mitrovica; Kosovo	Coréia do Sul
111	Spatial distribution, mineralogy, and weathering of heavy metals in soils along zinc-concentrate ground transportation routes: implication for assessing heavy metal sources	2017	Man Jae Kwon; Ju Yeon Lee; Yun Ho Hwang; Soo-kyung Jeon; Jung-Seok Yang; Seong-Taek Yun; Seunghak Lee	Environmental Earth Sciences	Pearson correlation; Soil contamination; Source identification; Heavy metals; Zinc-concentrates	Coréia do Sul
112	Trace metal levels, sources, and ecological risk assessment in a densely agricultural area from Saudi Arabia	2017	Mohammad I. Al-Wabel; Abd El-Azeem S. Sallam; Adel R.A. Usman; Mahtab Ahmad; Ahmed Hamdy El-Naggar; Mohammed Hamza El-Saeid; Abdulelah Al-Faraj; Khaled El-azi; Fahad A. Al-Romian	Environmental Monitoring and Assessment	Pollution; Agrochemicals; Anthropogenic source; Soil quality; Principal component analysis	Arábia Saudita
113	Investigation of Past and Present Multi-metal Input along Two Highways of British Columbia, Canada, Using Lead Isotopic Signatures	2007	Humberto F. Preciado; Loretta Y. Li; Dominique Weis	Water, Air, & Soil Pollution	Anthropogenic; Atmospheric; Dust; Isotope ratios; Lead; Manganese; Metal; Road; Soil; Tracer	Canadá
114	Pollution Assessment and Potential Sources of Heavy Metals in Agricultural Soils Around Four Pb/Zn Mines of Shaoguan City, China	2014	Mi Zhou, Bin Liao, Wensheng Shu; Bing Yang	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	Agricultural soil; ecological risk; heavy metals; multivariate analysis; source	China
115	Geochemical and Pb isotopic characterization of soil, groundwater, human hair, and corn samples from the Domizio Flegreo and Agro Aversano area (Campania region, Italy)	2018	Carmela Rezza, Stefano Albanese, Robert Ayuso, Annamaria Lima, Jaana Sorvari, Benedetto De Vivo	Journal of Geochemical Exploration	Soil; Groundwater; Human hair; Toxic elements; Lead isotopes; Geochemical map; Anthropogenic; Geogenic; Contamination	Itália
116	Geochemical and Statistical Evaluation of Heavy Metal Status in the Region around Jinxi River, China	2014	Ahmed A. Abdelhafezab; Jianhua Lia	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	Heavy metals, contamination, geochemical, statistical, Jinxi River	China
117	HEAVY METALS IN FRESHLY DEPOSITED STREAM SEDIMENTS OF RIVERS ASSOCIATED WITH URBANISATION OF THE GANGA PLAIN, INDIA	2002	MUNENDRA SINGH; GERMAN MÜLLER; I. B. SINGH	Water, Air, & Soil Pollution	Ganga Plain, heavy metals, Sediment Pollution Index, stream sediments, urban geochemistry	Índia
118	Bivalves and heavy metals in polluted sediments: A chemometric approach	1997	Adami, G. ; Aleffi, F. ; Barbieri, P. ; Favretto, A. ; Predonzani, S. ; Reisenhofer, E.	Water, Air, & Soil Pollution	Near-shore sediments; heavy metals; bioindicators; bivalves; benthic populations; multivariate analysis; multiple regression analysis; predictive models	Itália
119	Anthropogenic Pb accumulation in forest soils from Lake Clair watershed: Duchesnay experimental forest (Quebec, Canada)	2006	Sabary Omer Ndzangou, Marc Richer-LaFlèche, Daniel Houle	Applied Geochemistry	NÃO TEM	Canadá
120	Site-specific natural background concentrations of metals in topsoil from the Trail region, British Columbia, Canada	2007	Hamed Sanei; Fariborz Goodarzi; Steven Hilts	Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis	background, soil, smelter, metals, environmental assessment	Canadá
121	Heavy metal contamination along a soil transect in the vicinity of the iron smelter of Kremikovtzi (Bulgaria)	2007	Rainer Schulin, Fabien Curchod, Margarita Mondeshka, Angelina Daskalova, Armin Keller	Geoderma	Iron smelter; Soil contamination; Trace element concentrations; Depth distribution; Soil type; Enrichment factor	Suiça
122	Ecological risk of heavy metal hotspots in topsoils in the Province of Golestan, Iran	2014	Rouhollah Mirzaei, Hadi Ghorbani, Naser Hafezi Moghaddas, José Antonio Rodríguez Martín	Journal of Geochemical Exploration	Trace elements; Spatial variation; Surface soil; Metal pollution assessment	Irã
123	Assessment of metals in agricultural soil of surrounding areas of Urmia Lake, northwest Iran: A preliminary ecological risk assessment and source identification	2018	Amir Mohammadi, Yaghoob Hajizadeh, Hassan Taghipour, Asghar Mosleh Arani, Mehdi Mokhtari, Hossein Fallahzadeh	Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal	Urmia Lake; agricultural soil; heavy metals and sodium; pollution index	Irã
124	Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics	2006	Celine Siu-lan Lee, Xiangdong Lia, Wenzhong Shi, Sharon Ching-nga Cheung, Iain Thornton	Science of the Total Environment	Urban soil; Heavy metals; Multivariate statistic; GIS; Pb isotope; Hong Kong	Hong Kong
125	Concentration, distribution and speciation of toxic metals in soils along a transect around a Zn/Pb smelter in the northwest of Iran	2017	Maryam Ghayoraneh, Afshin Qishlaqi	Journal of Geochemical Exploration	Toxic metals; Soil; Speciation; Zn/Pb smelter; Iran	Irã
126	The occurrence of heavy metals in irrigated and non-irrigated arable soils, NW Albania	2014	Elian Kasa; Peter Felix-Henningsen; Rolf-Alexander Duering; Fran Gjoka	Environmental Monitoring and Assessment	Ef; Heavy metal; Igeo; Irrigated soil; Non-irrigated soil; Albania	Albânia
127	The Distribution of Heavy Metals in Urban Street Dusts of Karak City, Jordan	2006	Tayel El-Hasan, Mufeed Batarseh, Hamzeh Al-Omari, Anf Ziadat, Abdullah El-Alali, Farah Al-Naser, Bruce W. Berdanier, Anwar Jiries	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	Heavy metals, street dust, traffic density	Jordânia
128	Assessment of Some Heavy Metals Pollution and Bioavailability in Roadside Soil of Alexandria-Marsa Matruh Highway, Egypt	2015	Ahmed A. Elnazer, Salman A. Salman, Elmoutser M. Seleem, Elsayed M. Abu El Ella	International Journal of Ecology	NÃO TEM	Egito
129	Geochemical baseline establishment and ecological risk evaluation of heavy metals in greenhouse soils from Dongtai, China	2017	Kang Tian, Biao Huang, Zhe Xing, Wenyou Hu	Ecological Indicators	Geochemical baseline; Ecological risk; Heavy metals; Possible sources; Greenhouse soil	China

130	A modified receptor model for source apportionment of heavy metal pollution in soil	2018	Ying Huang, Meihua Deng, Shaofu Wu, Jan Japenga, Tingqiang Li, Xiaoe Yang, Zhenli He	Journal of Hazardous Materials	Heavy metal; Source apportionment; PCA-MLRD; PMF; APCA-MLR	China
131	Assessment of heavy metal toxicants in the roadside soil along the N-5, National Highway, Pakistan	2011	M. Nasiruddin Khan; Agha Arslan Wasim; Anila Sarwar; M. Faisal Rasheed	Environmental Monitoring and Assessment	National highway; Roadside soil; Metal toxicity; Vehicular traffic	Paquistão
132	Metal contamination of surface soils of industrial city Sialkot, Pakistan: a multivariate and GIS approach	2010	Riffat Naseem Malik; Waqar Azeem Jadoon; Syed Zahoor Husain	Environmental Geochemistry and Health	Anthropogenic activities; Heavy metals; Sialkot; Spatial distribution; Tanneries	Paquistão
133	Seasonal variations and sources of various elements in the atmospheric aerosols in Qingdao, China	2007	Yunchao Hao, Zhigang Guo, Zuosheng Yang, Ming Fang, Jialiang Feng	Atmospheric Research	Aerosol; Metals; Seasonal variation; Source; Asian dust episode; Qingdao; China	China
134	Risk Assessment and Source Identification of 17 Metals and Metalloids on Soils from the Half-Century Old Tungsten Mining Areas in Lianhuashan, Southern China	2017	Li Guo, Weituo Zhao, Xiaowen Gu, Xinyun Zhao, Juan Chen; Shenggao Cheng	International Journal of Environmental Research and Public Health	abandoned tungstenmine;metals andmetalloids; risk assessment;multivariate geostatistics; chemical fractionation	China
135	Geochemical position of Pb, Zn and Cd in soils near the Olkusz mine/smelter, South Poland: effects of land use, type of contamination and distance from pollution source	2012	Vladislav Chrastrný; Aleš Vanek; Leslaw Teper; Jerzy Cabala; Jan Procházka; Libor Pechar; Petr Drahot; Vít Penížek; Michael Komárek; Martin Novák	Environmental Monitoring and Assessment	Lead; Metals; Mining and smelting; Pollution; Soils	República Checa
136	Annual and seasonal variability of metals and metalloids in urban and industrial soils in Alcaláde Henares(Spain)	2015	A.Peña-Fernández , M.C.Lobo-Bedmar, M.J.González-Muñoz	Environmental Research	Soil pollution; Metal and metalloids; Season and annual variation; Urban and industrial soil	Espanha
137	Study of contaminant transport at an open-tipping waste disposal site	2013	Muhammad Aqeel Ashraf; Ismail Yusoff; Mohamad Yusof; Yatimah Alias	Environmental Science and Pollution Research	Landfill; Leachate; Organics; Contaminant; Transport; Heavy metals; Groundwater	Malásia
138	An integrated approach to assess heavy metal source apportionment in peri-urban agricultural soils	2015	Ying Huang, Tingqiang Li, Chengxian Wu, Zhenli He, Jan Japenga, Meihua Deng, Xiaoe Yang*	Journal of Hazardous Materials	Heavy metal source apportionment; Isotope ratio analysis; Multivariate statistical analysis; GIS mapping; Peri-urban agricultural soils	China
139	Contaminants in urban runoff to Norwegian fjords	2010	Morten Jartun; Arne Pettersen	Journal of Soils and Sediments	Pollutants; Runoff; Sediment; Soils; Stormwater; Urban	Noruega
140	Spatial distribution and human contamination quantification of trace metals and phosphorus in the sediments of Chaohu Lake, a eutrophic shallow lake, China	2012	Enfeng Liu; Ji Shen; Xiangdong Yang; Enlou Zhang	Environmental Monitoring and Assessment	Sediments; Trace metals; Phosphorus; Human contamination; Source; Chaohu Lake	China
141	Vertical and Horizontal Distributions of Zn, Cd, Pb, Cu, and Hg in Uncultivated Soil in the Vicinity of a Zinc Smelter at Odda, Norway	2007	Monica Lian Svendsen , Eiliv Steinnes; Hans A. Blom	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	Anthropogenic contamination, heavy metals, mobility, pollution, organic matter, smelter emissions	Noruega
142	Urban geochemistry in Kristiansand, Norway	2018	Belinda Flema, Ola A. Eggen, Espen Torgersen, Marita Kjørnes Kongsvik, Rolf Tore Ottesen	Journal of Geochemical Exploration	Geochemical mapping; Metallurgical industry; Soil; Nickel; Legislation	Noruega
143	Toxic elements in the stream sediments of an urbanized basin, Eastern China: urbanization greatly elevates their adverse biological effects	2017	Pengbao Wu; Aijing Yin; Xiaohui Yang; Huan Zhang; Manman Fan; Chao Gao	Environmental Monitoring and Assessment	Heavy metals; Enrichment factor; Sediment quality guidelines; Pollution load index; Spatial distribution; Background reference	China
144	Metals pollution in freshly deposited sediments from river Mingoa, main tributary to the Municipal lake of Yaounde, Cameroon	2008	Ekengele Nga Léopold; Myung Chae Jung; Ombolo Auguste; Ngounou Ngatcha; Ekodeck Georges; Mbome Lape	Geosciences Journal	sediments, metals pollution, Municipal lake, Yaounde, Cameroon	Camarões
145	Soil geochemistry as a tool for the origin investigation and environmental evaluation of urban parks in Mashhad city, NE of Iran	2018	Seyed Ali Mazhari; Ali Reza Mazloumi Bajestani; Fereshteh Hatefi; Kazem Aliabadi; Faezeh Haghighi	Environmental Earth Sciences	Geochemistry · Soil · Urban parks · Mashhad · Iran	Irã
146	Application of a combined approach including contamination indexes, geographic information system and multivariate statistical models in levels, distribution and sources study of metals in soils in Northern China	2018	Kuixian Huang, Xingzhang Luo, Zheng Zheng	PLoS ONE	NÃO TEM	China
147	Distribution, pollution, bioaccumulation, and ecological risks of trace elements in soils of the northeastern Qinghai-Tibet Plateau	2018	Leiming Li, Jun Wu, Jian Lu, Xiuyun Min, Juan Xu, Long Yang	Ecotoxicology and Environmental Safety	Trace element; The Qinghai-Tibet Plateau; Soil pollution; Ecological risk; Bioaccumulation	China
148	Impact of overland traffic on heavy metal levels in highway dust and soils of Istanbul, Turkey	2010	Mert Guney · Turgut T. Onay · Nadim K. Copty	Environmental Monitoring and Assessment	Heavy metal · Soil pollution · Geostatistics · Overland traffic · Urban soils	Turquia
149	Assessment of Pb, Cd and Hg soil contamination and its potential to cause cytotoxic and genotoxic effects in human cell lines (CaCo-2 and HaCaT)	2018	Maida Slijvic Husejnovic · Martina Bergant · Sasa Jankovic · Suzana Zizek · Aida Smajlovic · Adaleta Softic · Omer Music · Biljana Antonijevec	Environmental Geochemistry and Health	Lead; Cadmium and mercury; Soil pollution; Tuzla Canton; Cytotoxicity; Genotoxicity	Bósnia e Herzegovina
150	Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils, Iran	2009	Mohsen Saeedi; Majid Hosseinzadeh; Ahmand Jamshidi; S. P. Pajooheshfar	Environmental Monitoring and Assessment	Heavy metals · Highway. Leach test · TCLP. Soil	Irã
151	Analysis of metal(loid)s contamination and their continuous input in soils around a zinc smelter: Development of methodology and a case study in South Korea	2018	Sung-Wook Yun, Philippe C. Baveye, Dong-Hyeon Kim, Dong-Hyeon Kang, Si-Young Lee, Min-Jae Kong, Chan-Gi Park, Hae-Do Kim, Jinkwan Son, Chan Yu	Environmental Pollution	Soil contamination; Smelter; Metal; GIS; Atmospheric deposition	Coréia do Sul
152	Assessment of heavy metals in agricultural soils and their source apportionment: a Turkish district survey	2015	Güler Dartan; Fatih Taşpınar; İsmail Toröz	Environmental Monitoring and Assessment	Heavymetals · Soil pollution · Phosphogypsum. Factor analysis · Enrichment factor	Turquia
153	Soil quality assessment using GIS-based chemometric approach and pollution indices: Nakhak mining district, Central Iran	2016	Farid Moore; Vahideh Sheykhi; Mohammad Salari; Adel Bagheri	Environmental Monitoring and Assessment	Integrated approach · Mining activity · Soil quality. Toxicmetal	Irã
154	Multivariate statistical analysis of heavy metals in soils of a Pb-Zn mining area, India	2012	M. Anju; D. K. Banerjee	Environmental Monitoring and Assessment	Multivariate statistics · Principal component analysis · Cluster analysis · Soil pollution · Mining area	Índia
155	Contamination of Urban Soils in an Area of Northern France Polluted by Dust Emissions of Two Smelters	2008	Francis Douay; Christelle Pruvot; Helene Roussel; Henri Ciesielski; Herve Fourier; Nicolas Proix; Christophe Waterlot	Water, Air, & Soil Pollution	Contamination · Smelter · Trace elements · Urban soil · Vertical distribution	França

156	Mercury and Selected Trace Elements from a Remote (Gosainkunda) and an Urban (Phewa) Lake Waters of Nepal	2015	Chhatra Mani Sharma; Shichang Kang; Mika Sillanpää; Qing Li; Qiangong Zhang; Jie Huang; Lekhendra Tripathie; Subodh Sharma; Rukumesh Paudyal	Water, Air, & Soil Pollution	Mercury. Trace elements . Lake Gosainkunda . Lake Phewa	Nepal
157	Application of Statistical Inference for Analysis of Heavy Metal Variability in Roadside Soil	2018	Zhuang Zhao; James Ball; Pamela Hazelton	Water, Air, & Soil Pollution	Rainfall . Heavy metals . Statistic . Roadside soil . Regionalisation . Pb isotope	Austrália
158	Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia: GIS based approach	2015	A. Mihailović, Lj. Budinski-Petković , S. Popov, J. Ninkov, J. Vasin, N.M. Ralević, M. Vučinić Vasić	Journal of Geochemical Exploration	Metals; Urban soils; Multivariate statistics; Mapping	Sérvia
159	Identification of sources of environmental lead in South Africa from surface soil geochemical maps	2010	Stephanie de Villiers • Christien Thiar • Nicholas C. Basson	Environmental Geochemistry and Health	Bioavailability; Cadmium; Lead; Mehlich-3; Surface soil	África do Sul
160	Human nail usage as a Bio-indicator in contamination monitoring of heavy metals in Dizajabaad, Zanjan province-Iran	2014	Abdolhossein Parizanganeh, Abbasali Zamani, Vahid Bijnavand; Behzad Taghilou	Journal of Environmental Health Science & Engineering	Biomonitoring, Bio-indicator, Dizajabaad village, Finger nail, Heavy metals	Irã
161	Distribution and contamination assessment of heavy metals in sediment of the Second Songhua River, China	2008	Chunye Lin; Mengchang He; Yuxiang Zhou; Wei Guo; Zhifeng Yang	Environmental Monitoring and Assessment	Trace metal . Sediment . Second Songhua River . Contamination assessment	China
162	Lead isotope ratios in a soil from a coal carbonization plant	2007	Mercedes Di´az-Somoano, Montserrat Calvo, M. Antonia Lo´pez Anto´ n, Isabel Suarez-Ruiz, Roberto Garcí a, Sabino R. Moinelo, M. Rosa Marti´ nez-Tarazona	Fuel	Lead isotope ratio; Soil; Coal carbonization plant	Espanha
163	Heavy metal pollution in soil associated with a large-scale cyanidation gold mining region in southeast of Jilin, China	2017	Mo Chen; Wenxi Lu; Zeyu Hou; Yu Zhang; Xue Jiang; Jichun Wu	Environmental Science and Pollution Research	Heavy metals . Gold mine . Cyanidation . Multivariate statistical analysis . Geochemical accumulation index . Enrichment factor . Potential ecological risk	China
164	The Spatial Distribution of Pb, Cd, Zn, and Cu in Agricultural Roadside Soils	2009	Q. M. Jaradat , A. M. Massadeh , K. A. Momani; M. A. Al Saleem	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	agricultural soil, analysis, heavy metals, size fractionation	Jordânia
165	Effect of irrigation with treated wastewater on geochemical properties (saltiness, C, N and heavy metals) of isohumic soils (Zaouit Sousse perimeter, Oriental Tunisia)	2010	Sami Klay, Abdelkrim Charef, Lamia Ayed, Boubaker Houman, Fayza Rezgui	Desalination	Wastewater reuse; Soil; Salinity; Heavy metals; Pollution	Tunísia
166	Functional Diversity and Microbial Activity of Forest Soils that Are Heavily Contaminated by Lead and Zinc	2016	Marek Pająk; Ewa Błońska; Magdalena Frąc; Karolina Oszust	Water, Air, & Soil Pollution	Soil contamination . Dehydrogenase and urease activities . Microbial functional diversity	Polónia
167	Influence of heavy metals on C and N mineralisation and microbial biomass in Zn-, Pb-, Cu-, and Cd-contaminated soils	2004	Jun Dai, Thierry Becquer, James Henri Rouiller, Georges Reversat, France Bernhard-Reversat, Patrick Lavelle	Applied Soil Ecology	Heavy metal; Total content; DTPA-extraction; Soil; Microbial characteristics	França
168	An assessment of the risk of element contamination of urban and industrial areas using Taraxacum sect. Ruderalia as a bioindicator	2018	Alena Fröhlichová; Jiřina Száková; Jana Najmanová; Pavel Tlustoš	Environmental Monitoring and Assessment	Dandelion . Risk elements . Soil . Industrial areas . Railway stations . City parks	República Checa
169	Comparison of Source Identification of Metals in Road-Dust and Soil	2009	Shih-Hsien Chang , Kai-Sung Wang , Hsuan-Fang Chang , Wan-Wen Ni, Bi-Ju Wu, Ruey-Hong Wong; Hong-Shen Lee	Soil and Sediment Contamination: An International Journal	GIS, heavy metal, multivariate analysis, road dust, soil	Taiwan
170	Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in urban soils from southwest China	2012	Guanghui Guo, Fengchang Wu, Fazhi Xie, Ruiqing Zhang	Journal of Environmental Sciences	urban soils; heavy metals; pollution assessment; spatial distribution	China
171	Spatial distribution of heavy metal accumulation in the sediments after dam construction	2015	Moo Joon Shim; Yun Mo Yang; Da Yeon Oh; Soo Hyung Lee; Yi Yong Yoon	Environmental Monitoring and Assessment	Accumulation . Dam construction . Enrichment factor . Heavy metals . River flow	Coréia do Sul
172	Distribution and Migration of Heavy Metals in Undisturbed Forest Soils: A High Resolution Sampling Method	2008	Ruan Xin-Ling, Zhang Gan-Lin, Ni Liu-Jian and He Yue	Pedosphere	distribution, heavy metals, high resolution sampling method, migration rate	China
173	Characterization of soil heavy metal contamination and potential health risk in metropolitan region of northern China	2011	Min Qiao · Chao Cai · Yizong Huang · Yunxia Liu · Aijun Lin · Yuanming Zheng	Environmental Monitoring and Assessment	Heavy metals · Soil · GIS · Health risk	China
174	Effect of postmining land use on the spatial distribution of metal(loid)s and their transport in agricultural soils: Analysis of a case study of Chungyang, South Korea	2016	Sung-Wook Yun, Philippe C. Baveye, Kweon-Bo Kim, Dong-Hyeon Kang, Si-Young Lee, Jinkwan Son, Dong-Hyeon Kim, Yong-Cheol Yoon, Chan Yud	Journal of Geochemical Exploration	Abandoned mine; Distribution; Farmland; Metal(loid)s; Transport; Paddy	Coréia do Sul
175	Lead contamination in surface soil on roads from used lead-acid battery recycling in Dong Mai, Northern Vietnam	2016	Takashi Fujimori• Akifumi Eguchi• Tetsuro Agusa• Nguyen Minh Tue•Go Suzuki• Shin Takahashi• Pham Hung Viet• Shinsuke Tanabe•Hidetaka Takigami	Journal of Material Cycles and Waste Management	Used lead-acid battery; Lead; Surface soil; Field portable X-ray fluorescence	Japão
176	Quantitative Comparison of Heavy Metals and As Accumulation in Agricultural and Forest Soils near Bowling Green, Ohio	2009	Ghanashyam Neupane; Sheila J. Roberts	Water, Air, & Soil Pollution	Heavy metal contamination . Soil chemistry. Agricultural and forest soil . Trace element in soil . Aerosol deposition	EUA
177	Assessment of trace elements in soils around Zaheerabad Town, Medak District, Andhra Pradesh, India	2015	G. Sakram • G. Machender • Ratnakar Dhakate • Praveen Raj Saxena • M. Durga Prasad	Environmental Earth Sciences	Index of geoaccumulation (Igeo); Enrichment factor (EF); Degree of contamination (Cdeg)	Índia
178	Heavy metal contamination in surface soils of the industrial district of Wuhan, China	2016	Yong Yang, Yang Mei, Chutian Zhang, Ruoxi Zhang, Xiangshen Liao; Yinyin Liu	Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal	heavy metal; soils; spatial distribution; pollution assessment; China	China
179	Contamination and potential mobility assessment of heavy metals in urban soils of Hangzhou, China: relationship with different land uses	2010	S. G. Lu; S. Q. Bai	Environmental Earth Sciences	Heavy metal; Urban soil; Land use; Mobility; Pollution index; Gastric juice simulation test (GJST)	China
180	A Geostatistical Approach to Assess Concentration and Spatial Distribution of Heavy Metals in Urban Soils	2012	Ilaria Guagliardi; Domenico Cicchella; Rosanna De Rosa	Water, Air, & Soil Pollution	Soil . Heavy metals . Pollution . Geochemistry. Multi-gaussian kriging	Itália