



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ÉVELEN DA PAIXÃO SANTANA

**QUALIDADE DE SOLOS URBANOS: TEORES DE METAIS PESADOS EM
PARQUES PÚBLICOS DE SALVADOR**

Salvador
2017

ÉVELEN DA PAIXÃO SANTANA

**QUALIDADE DE SOLOS URBANOS: TEORES DE METAIS PESADOS EM
PARQUES PÚBLICOS DE SALVADOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Geografia como requisito para
obtenção do grau de Bacharela em Geografia pela
Universidade Federal da Bahia.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Maria Eloisa Cardoso da
Rosa

Salvador
2017

ÉVELEN DA PAIXÃO SANTANA

**QUALIDADE DE SOLOS URBANOS: TEORES DE METAIS PESADOS EM
PARQUES PÚBLICOS DE SALVADOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Geografia como requisito para
obtenção do grau de Bacharela em Geografia pela
Universidade Federal da Bahia.

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Maria Eloisa Cardoso da Rosa
(orientadora)
Instituto de Geociências – UFBA

Dr^a Sarah Adriana Rocha Soares
Instituto de Geociências – UFBA

Prof. Dr. Alisson Duarte Diniz
Instituto de Geociências - UFBA

Salvador
2017

AGRADECIMENTOS

Ao Ser Superior por ter me dado tantas alegrias e força nos momentos difíceis.

À minha mãe, Maria Eliete da Paixão, que representa a melhor e maior fonte de suporte e afeto da minha vida.

A Edmilson Santana, meu pai, por todo o apoio.

À minha irmã Elide Elen Santana, minha melhor companheira, auxiliadora em todos os momentos e por quem tenho muito orgulho.

A Erick Santana, meu irmão, que sempre me traz muita alegria.

À Prof^a Maria Eloisa Cardoso da Rosa, minha orientadora e professora mais companheira que encontrei no IGEO. Sou extremamente grata pelo conhecimento, por enxergar potencial em mim desde 2013.1, por me incentivar a melhorar cada vez mais e por toda a orientação e colaboração na realização dessa monografia.

A Jacson Sena, pela imensa colaboração nos campos.

À Dra. Sarah Rocha Soares, por ter realizado as análises de metais pesados e me auxiliado, com muita atenção, nesse trabalho.

Ao Prof. Alisson Diniz, pela colaboração e compreensão nessa minha difícil aventura de conciliar mestrado com bacharelado.

Ao Prof. Dr. Clístenes Williams Nascimento por ter realizado algumas análises.

Ao Prof. André Netto pelos convites para participar de atividades de campo, pelo conhecimento compartilhado e por ter disponibilizado a estrutura do Laboratório de Pedologia para preparação das amostras.

Às pessoas maravilhosas que conheci durante meu estágio na Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia.

Às pessoas que foram fundamentais para a realização dessa monografia, como Jairo Bittencourt, motorista da UFBA; Wandson Teixeira, monitor de programação artística do Parque São Bartolomeu; Armando Menezes, gestor do Parque São Bartolomeu e Parque Joventino Silva; e Yang Silva, estagiário do INEMA no Parque Pituauçu.

Às amigas e colegas pelos momentos de alegria, em especial à Geiza Santos, Louise Nobre, Aline Nascimento, Deise Lima, Lorena Cerqueira, Ione Costa, Zenildes Protázio, Cíntia Almeida, Leidiana Almeida e Vinícius da Rós.

Aos demais professores e funcionários da Universidade Federal da Bahia pela contribuição para minha formação acadêmica.

Sagacidade é saber lapidar o que tem na mão

Mel Duarte

RESUMO

Para conhecer se determinada área possui solo contaminado e com potencial para causar risco à saúde humana e aos ecossistemas, é fundamental conhecer os teores de contaminantes e sua natureza. No presente trabalho foi analisado o teor de alumínio (Al), bário (Ba), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) em solos de nove parques públicos e duas áreas de lazer da cidade de Salvador, incluindo *playgrounds*. Para a determinação dos teores de metais pesados foi adotada a metodologia US EPA 3051A, utilizando um Espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Para associar os teores de metais pesados identificados com os parâmetros de qualidade do solo, foram utilizados os valores orientadores definidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009. O trabalho concluiu que nenhum solo analisado apresentou teores de metais pesados inseridos na classificação para valor de investigação (VI), que foi encontrada concentração de Ba acima do valor de prevenção (VP) em uma área de mata do Parque São Bartolomeu e em um gramado do Parque Joventino Silva e de Cr acima do VP em uma antiga planície de inundação do Parque São Bartolomeu e em um playground da porção leste do Parque Dique do Tororó. Também foi observada correlação positiva entre argila e metais, indicando que quanto maior for teor de argila maior a disponibilidade de alguns metais.

Palavras-chave: metais pesados; solo; parques públicos; *playgrounds*.

ABSTRACT

To establish whether a particular area has a soil with potential contamination to human health and to ecosystems, it is fundamental to know the content of contaminants and their characteristics. In the present work it was analyzed the content of Aluminium (Al), Barium (Ba), Cobalt (Co), Chromium (Cr), Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn), Nickel (Ni), Lead (Pb) and Zinc (Zn) in nine public parks and two recreation areas in the city of Salvador, Bahia, including playgrounds. To establish the content of heavy metals it was used the EPA Method 3051A and an inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP AES). To associate the heavy metal content identified with the soil quality parameters, it was used the rate guide determined by the Resolution CONAMA n° 420/2009. The analysis concluded that the soils examined did not present levels of heavy metals in the classification of Investigation Value, that was a content of Ba above the Prevention Value in a thicket at São Bartolomeu Park and in a lawn at Joventino Silva Park, and Cr above the Prevention Value in a floodplain at São Bartolomeu Park and in playground in east side of Dique do Tororó Park. It was also identified a positive correlation between clay and metals, indicating that the highest the level of clay is the biggest is the availability of some metals.

Keywords: heavy metals; soil; public parks; playgrounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo e parques selecionados.....	32
Figura 2 – Coleta no Parque “da Cidade” Joventino Silva utilizando um trado tipo holandês.....	33
Figura 3 – Local de coleta da amostra nº 1, Parque São Bartolomeu.....	39
Figura 4 – Local de coleta da amostra nº 3, Parque Metropolitano de Pituaçu.....	40
Figura 5 - Local de coleta da amostra nº 6, Parque Joventino Silva.....	41
Figura 6 - Local de coleta da amostra nº 11, Parque do Dique do Tororó.....	41
Figura 7 – Local de coleta da amostra nº 13, Parque Solar Boa Vista.....	42
Figura 8 – Local de coleta da amostra nº 14, Jardim dos Namorados.....	43
Figura 9 - Local de coleta da amostra nº 17, Parque do Costa Azul.....	43
Figura 10 - Local de coleta da amostra nº 19, Jardim de Alah.....	44
Figura 11 - Local de coleta da amostra nº 20, Parque Atlântico.....	44
Figura 12 - Local de coleta da amostra nº 22, Cristo da Barra.....	45
Figura 13 - Local de coleta da amostra nº 23, Praça das Artes da UFBA.....	45
Figura 14 - Valores de qualidade das amostras coletadas.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros instrumentais utilizados para a determinação por ICP OES no LEPETRO/NEA/IGEO/UFBA.....	35
Tabela 2 – Resultados da análise granulométrica.....	47
Tabela 3 – Resultados da análise química.....	49
Tabela 4 – Teores de metais pesados em solos e areias de parques de Salvador	52
Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson entre propriedades dos solos e metais pesados das amostras 1, 2, 4, 5 e 6.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação geoquímica dos elementos e suas ocorrências.....	23
Quadro 2 – Elementos comumente encontrados co-precipitados em minerais secundários nos solos.....	23
Quadro 3 – Características dos pontos de amostragem.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

LMQ - Limite de Quantificação do Método

SAVAM - Sistema de Áreas de Valor Urbano Ambiental e Cultural

VI – Valores de Investigação

VP – Valores de Prevenção

VR – Valores de Referência

VRQ – Valores de Referência de Qualidade

UC – Unidade de Conservação

USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

LISTA DE SÍMBOLOS

Al – Alumínio

As – Arsênio

Au – Ouro

B - Boro

Be - Berílio

Co – Cobalto

Cr – Cromo

Cs - Césio

Cu – Cobre

Fe – Ferro

Hg – Mercúrio

K - Potássio

N – Nitrogênio

Na - Sódio

Ni - Níquel

P – Fósforo

Pb – Chumbo

Pt - Platina

S- Enxofre

Se – Selênio

Si- Silício

Sr – Estrôncio

Te – Telúrio

Th - Tório

Ti – Titânio

U - Urânio

V - Vanádio

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 JUSTIFICATIVA	17
3 OBJETIVO GERAL	18
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
4.1 METAIS PESADOS	19
4.2 SOLO.....	21
4.3 TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS EM SOLOS BRASILEIROS.....	22
4.4 METAIS PESADOS DE ORIGEM ANTRÓPICA EM SOLOS URBANOS.....	25
4.5 CONTAMINAÇÃO.....	28
4.6 RISCO.....	30
5 METODOLOGIA	31
5.1 SELEÇÃO DOS PARQUES E AMOSTRAGEM.....	31
5.2 COLETA DAS AMOSTRAS.....	33
5.3 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	33
5.4 ANÁLISES FÍSICA E QUÍMICA.....	34
5.5 DIGESTÃO DAS AMOSTRAS E DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE METAIS PESADOS.....	34
6 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
6.1.1 PARQUE SÃO BARTOLOMEU.....	37
6.1.2 PARQUE METROPOLITANO DE PITUAÇU.....	39
6.1.3 PARQUE “DA CIDADE” JOVENTINO SILVA.....	40
6.1.4 PARQUE DO DIQUE DO TORORÓ.....	41
6.1.5 PARQUE SOLAR BOA VISTA.....	42
6.1.6 JARDIM DOS NAMORADOS.....	42
6.1.7 PARQUE DO COSTA AZUL	43
6.1.8 JARDIM DE ALAH.....	44
6.1.9 PARQUE JARDIM ATLÂNTICO.....	44
6.1.10 CRISTO DA BARRA.....	45
6.1.11 PRAÇA DAS ARTES (UFBA).....	45
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
7.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	47

7.2 ANÁLISE QUÍMICA.....	47
7.3 TEORES DE METAIS NOS SOLOS E AREIAS DE PARQUES PÚBLICOS DE SALVADOR	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Quando se considera que parte da população brasileira vive exposta aos mais diversos riscos ambientais, às vezes sem ter percepção da natureza e dimensão desse risco, torna-se cada vez mais necessário definir o risco e a vulnerabilidade para subsidiar a elaboração de políticas públicas que permitam mudar esse cenário (RIBEIRO, 2010).

Em diversos países foram desenvolvidos valores orientadores para avaliação do padrão de qualidade do solo como uma necessidade de investigação de áreas suspeitas de contaminação ou remediação. O objetivo da definição desses valores é bem claro: determinar ausência de contaminação ou estimar o grau da mesma em solos (RIBEIRO, 2010).

Conforme Nascimento & Biondi (2015), além de pensar sobre as estimativas, também é necessário caracterizar o indivíduo que estará em exposição ao contaminante (sua taxa de ingestão e de inalação de solo ou do contaminante, área de exposição da pele para absorção dérmica, entre outros), o cenário de exposição (residencial, industrial, agrícola, frequência e duração de contato) e, por fim, o impacto do contaminante sobre a saúde.

Segundo Accioly & Siqueira (2000), o conceito de solo contaminado se refere à concentração de determinado contaminante que afeta os componentes bióticos do ecossistema e sua funcionalidade e sustentabilidade. A definição do que seria uma concentração permissível de contaminante varia entre países, mas também deve ser considerado o potencial de risco à saúde conforme o uso da área.

Tendo como base os valores de referência definidos pela Resolução CONAMA n° 420 de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas, definiu-se como:

- Valor de Referência de Qualidade (VRQ): a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo ou das águas subterrâneas, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos;
- Valor de Prevenção (VP): a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais;
- Valor de Investigação (VI): a concentração de determinada substância no solo ou água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou

indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

Ainda considerando a resolução do CONAMA (2009), a partir desses valores orientadores são definidas as seguintes classes de qualidade dos solos, segundo a concentração de substâncias químicas:

I - Classe 1 - Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ;

II - Classe 2 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP;

III - Classe 3 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI; e

IV - Classe 4 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.

Os valores orientadores são relacionados ao uso do solo genérico, sem levar em consideração algumas condições específicas. Sendo assim, são utilizados termos como “risco potencialmente inaceitável” ou “risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente” para diferenciação do risco real, que deve ser estimado segundo o uso específico do solo e características da área, como seu tipo de solo e posição na paisagem. Geralmente são seguidas três etapas: a primeira refere-se à associação das concentrações encontradas com a lista de valores predefinidos, a segunda refere-se a uma avaliação específica para a área em questão com produção de estudos mais detalhados e, a depender do resultado, é alcançada a terceira etapa: isolamento e remediação da área (NASCIMENTO & BIONDI, 2015).

Ao buscar alcançar o objetivo da primeira etapa, essa pesquisa se propôs a analisar solos e areias de áreas de lazer de Salvador para determinar seus teores de metais pesados.

2 JUSTIFICATIVA

Quando se parte do pressuposto que a proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade, compreende-se que conhecer os teores totais de metais pesados no solo é essencial para determinar um diagnóstico de qualidade ambiental ou para definir estratégias de remediação quando necessário. Afinal, metais pesados encontrados em concentrações que causam risco à saúde humana são considerados contaminantes inorgânicos e o homem pode ser contaminado de maneira direta ao ingerir partículas de solo, ou indiretamente pelas plantas que absorvem os contaminantes (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

A proposta de estudar solos de áreas urbanas se baseia no fato de que esses locais possuem cenários diversos tais como residencial, incluindo áreas para lazer, comercial e, às vezes, industrial. Além disso, em áreas urbanas em que está concentrado um grande contingente populacional, como no município de Salvador, há 2.674.923 habitantes vivendo na área urbana (IBGE, 2010).

Já o estudo em áreas de lazer foi pensado porque esses ambientes urbanos, como parques públicos e praças, são locais sujeitos a significativos níveis de contaminação e de maior exposição de metais à população, tanto pela inalação de poeira quanto por ingestão de solo contaminado (SILVA, 2014). Para além disso, promover um estudo e debate sobre concentração de metais pesados em Salvador pode auxiliar na tomada de decisões sobre a gestão ambiental da área de estudo.

3 OBJETIVO GERAL

Objetiva-se, com esta pesquisa, determinar os teores de metais pesados em solos e areias do Parque São Bartolomeu, Parque Metropolitano de Pituaçu, Parque “da Cidade” Joventino Silva, Parque Solar Boa Vista, Parque do Dique do Tororó, Jardim dos Namorados, Parque do Costa Azul, Jardim de Alah, Parque Atlântico, Cristo da Barra e Praça das Artes da UFBA, todos localizados na cidade de Salvador, comparando seus respectivos teores de metais pesados com os valores orientadores definidos pela Resolução nº 420/2009 do CONAMA.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os parques públicos e áreas de lazer (presença de *playgrounds*, equipamentos para exercícios, corpos hídricos etc);
- Realizar a caracterização física do solo;
- Realizar a caracterização química do solo;
- Quantificar os teores de alumínio (Al) bário (Ba), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) nos solos coletados;
- Comparar os resultados obtidos com os valores de referência definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), enquadrando-os como Valores de Qualidade, Valores de Prevenção ou Valores de Investigação;
- Representar, em um mapa, a distribuição espacial das amostras coletadas e seus respectivos valores de qualidade do solo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 METAIS PESADOS

Segundo Alloway (1990) apud Accioly & Siqueira (2000), a classificação para metais pesados é baseada na densidade atômica, que deve ser maior que 6 g cm^{-3} e número atômico >20 , e engloba metais, semimetais e não-metais, inclusive alguns elementos essenciais para o desenvolvimento dos seres vivos como Cu, Zn, Fe e Co. Entretanto, metais pesados encontrados em concentrações que causam danos à saúde humana são considerados contaminantes inorgânicos, sendo as formas mais tóxicas encontradas em estado de oxidação, como Cd^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Ag^+ e As^{3+} , que reagem com as biomoléculas do corpo para formar compostos biotóxicos extremamente estáveis (HASHIM et al, 2011).

Os metais pesados, com exceção do Ni que é siderófilo, são classificados por Goldschmidt como calcófilos (tendência de separação dos elementos químicos nos líquidos sulfetados quando há segregação destes líquidos) e ocorrem principalmente na forma de sulfetos nas rochas, mas também podem ocorrer em silicatos e outros minerais. Como os calcófilos ocorrem em concentrações pequenas nas rochas da crosta e do manto superior, da ordem de mg kg^{-1} , os metais pesados são também denominados de elementos-traço. Comumente estão concentrados nos basaltos e nas rochas de composição intermediárias, como andesitos, mas são pobres em rochas ultramáficas e nos granitos com pouco Ca (ALLEONI et al, 2005).

Segundo Alleoni et al (2005), os metais pesados são liberados das rochas com a ação de processos intempéricos e, dependendo da sua eletronegatividade, raio iônico e estado de oxidação, podem ser precipitados ou co-precipitados em minerais secundários, podem ser adsorvidos por forças eletrostáticas em sítios carregados negativamente nas superfícies das argilas, óxidos de Fe, Al e Mn ou matéria orgânica, complexados ou lixiviados pela solução do solo.

No presente estudo, conhecer a biodisponibilidade do metal pesado é de grande importância para analisar o potencial de contaminação que, de maneira geral, depende da sua presença na solução do solo – fase líquida. Segundo Kabata-Pendias (2001) apud Domingues (2009), a fase líquida do solo é constantemente alterada, tanto na quantidade quanto na composição química, devido ao contato com a fase sólida e absorção de íons e água pelas raízes das plantas. Os íons presentes na fase sólida podem ser liberados para a solução e os

encontrados na solução podem ser adsorvidos nas superfícies das partículas da fase sólida, mantendo-se, assim, um permanente estado de equilíbrio entre essas duas fases.

Diversas reações ocorrem na pedosfera, como reações de ácido-base, precipitação, dissolução, oxidação, redução e sorção, que influenciam na mobilidade, toxicidade e reatividade dos metais pesados. A variação e extensão dessas reações vai depender de alguns fatores como pH, potencial Eh, complexação com outros elementos dissolvidos, adsorção e troca iônica com minerais ou material orgânico (HASHIM et al, 2011).

O processo mais importante relacionado à disponibilidade de elementos tóxicos é a adsorção, pois controla a concentração de íons e complexos na solução do solo. O processo de adsorção refere-se ao processo que retém íons e moléculas neutras nas superfícies de minerais e frações orgânicas do solo. Nele estão envolvidos três mecanismos: troca iônica (ou adsorção não específica), adsorção específica e a complexação (ALLEONI et al, 2005).

A adsorção não específica trata-se da retenção dos íons presentes na solução do solo pelas cargas de argilominerais, óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn através de forças eletrostáticas não específicas, fazendo com que o sistema permaneça eletricamente neutro. Neste tipo de reação forma-se uma nuvem catiônica ao redor da partícula sólida, assim, os íons podem ser trocados por outros presentes na solução (CARMARGO et al, 2001 *apud* DOMINGUES, 2009).

Na adsorção específica nas superfícies inorgânicas, os íons perdem parcialmente ou totalmente sua água de hidratação ao formar complexos de esfera interna com a superfície de óxidos de Fe, de Mn, de Al, aluminossilicatos não-cristalinos ou arestas quebradas de argilominerais. Esse tipo de adsorção é dependente do pH, apresenta baixa reversibilidade e é pouco influenciado pela concentração iônica do meio (ALLEONI et al, 2005).

Alguns tipos de argilominerais possuem maior capacidade adsorção do que outros. Aqueles do grupo das Esmectitas e das Vermiculitas, por apresentarem expansividade nas entrecamadas, serão capazes de adsorver mais íons trocáveis nas superfícies específicas. Enquanto que as do grupo Caulim-Serpentina, como a caulinita, possuem baixos valores de CTC (Capacidade de Troca Catiônica) (KÄMPF et al, 2012).

Os óxidos de ferro e alumínio não possuem grande quantidade de carga, seja negativa ou positiva, mas é possível a adsorção de vários metais e ânions orgânicos e inorgânicos. Os óxidos de silício, como o quartzo, também apresentam baixa capacidade de sorção de íons, com CTC em torno de 1 a 2 $cmol_c kg^{-1}$ (BRADY & WEIL, 2013; KÄMPF et al, 2012).

Na complexação, assim como na adsorção não específica, os complexos também são adsorvidos na superfície sólida. Essa ocorrência depende das propriedades do metal, do tipo e

quantidade dos ligantes presentes, das propriedades da superfície, da composição da solução do solo, do pH e das condições de oxirredução do meio.

Quanto ao processo de oxirredução, e partindo do princípio que elementos existem em mais de um estado de oxirredução e são influenciados por reações que envolvem transferência de elétrons, os índices Eh-pH é um das referências para determinar a abundância ou déficit de um ou outro metal porque os prótons H^+ neutralizam elétrons. Um fato é que quando o pH é elevado, o Eh geralmente é baixo, e vice-versa, além de que estudos sobre o efeito do pH na concentração de metais revelaram que os teores de Cu trocável e de Cd e Zn nas formas livre e trocável aumentaram com a redução dos valores de pH dos solos (ALLEONI et al, 2005).

4.2 SOLO

O solo, apesar de ser compreendido de maneiras distintas dependendo da área de conhecimento, aqui entenderemos como “Um corpo tridimensional formado na superfície terrestre, por meio da interação dos fatores ambientais (material de origem, clima, relevo, organismos) agindo ao longo do tempo” (KÄMPF & CURI, 2012, p. 2).

Além das partículas sólidas da matriz do solo, referentes aos minerais e à matéria orgânica, o solo também é constituído por poros que são preenchidos por água e sais, formando a solução do solo, e por gases, compondo o ar do solo. Considera-se também que a proporção de cada fase varia de acordo com as condições ambientais e da ação humana, pois o solo pode ser o produto de processos naturais e da intervenção antrópica que é capaz de modificar as propriedades do solo (KÄMPF & CURI, 2012).

Segundo Brady & Weil (2013), o processo de formação do solo é constituído por quatro fatores: material de origem, clima, relevo, organismos e tempo. O primeiro fator se refere aos materiais de origem residuais, formados pelo intemperismo da rocha subjacente; aos detritos coluviais, fragmentos heterogêneos de rocha que foram depositados encosta abaixo; aos depósitos aluviais, sedimentos transportados e depositados por cursos d'água; aos sedimentos marinhos; aos materiais depositados por gelo glacial e águas de degelo; aos transportados pelo vento e aos depósitos orgânicos, que se acumulam em brejos, pântanos e outros.

O fator clima, que determina a natureza e intensidade do intemperismo, tem duas principais variáveis que mais influenciam na formação do solo: a precipitação efetiva, pois a água percola e lixivia, definindo a profundidade e a diferenciação dos horizontes do solo, e a temperatura, que define as taxas das reações bioquímicas. As configurações do relevo podem

acelerar ou retardar a ação das forças climáticas, promovendo ou não a pedogênese de acordo com suas formas, e o tempo é um fator que pode ser relacionado quanto ao aspecto do estágio de desenvolvimento do solo, a datação absoluta dos horizontes e a taxa de formação do solo.

Os organismos como fator de formação do solo incluem a biota e os seres humanos. A vegetação tem as funções de fornecer matéria orgânica, produzir serapilheira, acelerar a liberação de nutrientes dos minerais por meio do intemperismo biogeoquímico, assim como extrair elementos químicos do solo. Quanto aos animais, àqueles de maior porte revolvem o solo e a ação da comunidade microbiana é capaz de influenciar na taxa de ciclagem de nutrientes e no modo de agregação das partículas minerais em grânulos estáveis. Em relação à ação humana, as intervenções que o homem faz no solo, como desmatamento, irrigação e cultivo, podem modificar a formação dos solos (BRADY & WEIL, 2013).

Na pedosfera, conjunto de solos na crosta terrestre se superpõem e interagem a litosfera, a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera. E, como os solos constituem sistemas abertos, também são alterados por esses fatores externos ao trocar energia e matéria entre si como, por exemplo, os fluxos de água que ao passar através do solo adicionam, transferem e removem elementos químicos, minerais e compostos orgânicos (KÄMPF & CURI, 2012). Também há variação na distribuição dos elementos tóxicos em perfis de solo, dependendo da capacidade de retenção dos componentes nos diferentes horizontes, aos processos pedogenéticos e à ciclagem dos elementos pelas plantas (ALLEONI et al, 2005).

4.6 TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS EM SOLOS BRASILEIROS

A ocorrência natural de metais pesados em solos depende, principalmente, do material de origem sobre o qual o solo se formou, dos processos de formação, da composição e proporção dos componentes de sua fase sólida. Solos com origem em rochas básicas, naturalmente mais ricas em metais, apresentam maiores teores desses elementos quando comparados com aqueles formados sobre granitos, gnaisses, arenitos ou siltitos (FADIGAS et al, 2002).

Algumas classes de elementos químicos são mais comuns em determinados grupos de rochas do que em outras. Minerais siderófilos, como Fe, Co e Ni, ou minerais litófilos, como Cr, As e Ba, geralmente são encontrados em rochas ultramáficas. Já os elementos calcófilos, comumente ocorrem em rochas de composição intermediária, mas pobres em rochas ultramáficas (menos teor de sílica) (Quadro 1). Metais pesados também podem ser

encontrados co-precipitados em minerais secundários dos solos. O Cr e Cu precipitam em argilominerais, enquanto que Mn e Zn em óxidos de ferro e de manganês (Quadro 2).

Quadro 1 – Classificação geoquímica dos elementos e suas ocorrências

Classificação	Elementos	Principais ocorrências	Empobrecimento
Siderófilos	Fe, Co, Ni, Au e Pt	Rochas ultramáficas	Basaltos e granitos
Calcófilos	Cu, Zn, Hg, Ag, Cd, S, As, Sb e Pb	Basaltos e rochas de composição intermediária (andesitos)	Rochas ultramáficas e granitos com pouco Ca
Litófilos	Mg e Cr	Rochas ultramáficas	Demais rochas
	Na, Al, Ca, Sc, Ti, V, Mn e Sr	Rochas basálticas e de composição intermediária	
	K, Rb, Cs, Sr, Ba, terras raras, Th, U, Li, B, Be, Si e halógenos	Granitos com pouco Ca	

Fonte: Alleoni et al, 2005.

Quadro 2 – Elementos comumente encontrados co-precipitados em minerais secundários nos solos

Mineral	Metais co-precipitados
Óxidos de Fe	Mn, Ni, Cu, Zn, Mo
Óxidos de Mn	Fe, Co, Ni, Zn, Pb
Carbonatos de Ca	Mn, Fe, Co, Cd
Argilominerais	V, Ni, Co, Cr, Zn, Cu, Pb, Ti, Mn

Fonte: Alleoni et al, 2005.

Para se avaliar a extensão de contaminação por metais pesados em uma determinada área, é comum comparar os teores totais identificados em um solo com aqueles encontrados em condições naturais (não poluídos) ou com valores de referência (padronizados). Diferentes metodologias são utilizadas para estabelecer valores de referência (VR) de metais pesados em solos. As mais comuns são: o uso de valores considerados normais, citados na literatura; o estabelecimento de faixas de referência obtidas a partir de amostras controle, tomadas em áreas sem atividade antrópica, o mais longe possível de fontes de poluição e pela separação

entre valores normais e anômalos, obtidos de uma coleção de dados que inclui solos contaminados e não contaminados. Esses valores podem ser estabelecidos a partir da determinação dos teores naturais desses elementos no solo, levando-se em consideração a variação das classes e das propriedades físicas e químicas do solo (FADIGAS et al, 2006; PAYE et al, 2010).

É fundamental que cada estado ou região possua seus próprios valores de referência baseados em teores naturais de concentração de metais pesados em solos para melhorar o gerenciamento ambiental de suas áreas a partir da determinação dos VRQ e, até mesmo, modificar os padrões estabelecidos para escala nacional. Alguns artigos, dissertações e teses propuseram valores de referência a partir da análise de concentração dessas substâncias em solos.

Fadigas et al (2006), coletou 256 amostras em 110 perfis das principais classes de solo encontradas no Brasil, especialmente Latossolos e Argissolos, sob mínima ou nenhuma atividade antrópica. As análises de metais pesados foram feitas por extração com água régia e as determinações em Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP-AES). Os autores realizaram a análise a partir de agrupamentos, que se constituiu na separação de grupos, mais ou menos uniformes, com base nas características dos solos presentes em cada grupo (silte, argila, CTC, Mn e Fe) e que possuem relação com a concentração de metais pesados no solo. Em seguida, as informações do solo foram relacionadas com a distribuição das concentrações naturais de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn.

No grupo que predominavam Latossolos e Nitossolos Vermelho Distroférico, Argissolo Vermelho Eutroférico formados sobre basalto, naturalmente ricos em metais pesados, foram encontrados os maiores teores de quase todos os metais analisados, também associados à quantidade expressiva de argila. O inverso ocorre no grupamento que predominam Latossolos e Argissolos Amarelos Distróficos, com baixa concentração de argila e de Fe, originados sobre sedimentos do Terciário e do Quaternário.

No Espírito Santo, Paye et al (2010), coletaram 56 amostras em três bacias hidrográficas que representassem as classes de solo e agrupamentos litológicos de todo o Estado. As concentrações de As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn foram analisadas pelo método da USEPA e por espectrofotometria de emissão óptica com plasma induzido (ICP-OES). Nesse estudo também foi evidenciado que solos derivados de rochas sedimentares e ígneas ácidas cristalinas apresentam teores bem menores de metais pesados, quando comparados aos solos originados de rochas básicas, especialmente as máficas. Paye et al

(2010) concluíram que, quando comparados com os valores de outros estados brasileiros, os solos do ES possuem teores de metais pesados relativamente mais baixos.

No estado de Pernambuco, Biondi (2010), analisou concentração de Cr, Pb, Ba, Cd, As, Hg, Fe, Mn, Zn, Ni, Cu e Co em 35 perfis de solos de referência do Estado, abrangendo a Zona da Mata, Agreste e Sertão. Como nesse estado os teores de metais nos materiais de origem são encontrados em pequena quantidade por predominar rochas sedimentares e sedimentos do Terciário e rochas metamórficas, é corroborada a necessidade de determinar os teores naturais em solos.

A autora concluiu que, na Zona da Mata, solos localizados em ambientes mais conservadores (como várzeas), para onde são transferidos os elementos lixiviados, tendem a manter os metais. Nessa região, os Nitossolos, Argissolos, Organossolos e Gleissolos apresentaram teores mais altos de Cu, Ni e Co, enquanto que no Agreste e no Sertão foram encontrados nos perfis de Neossolo Litólico, Neossolo Flúvico, Cambissolo e Vertissolo, localizados solos menos intemperizados por causa da baixa precipitação pluvial. Um perfil de Nitossolo (Zona da Mata) foi o mais rico em metais pesado, devido a uma ocorrência, de pequena extensão, de basalto no material de origem.

4.5 METAIS PESADOS DE ORIGEM ANTRÓPICA EM SOLOS URBANOS

Para além da compreensão sobre solo apresentada anteriormente, na última década tem se debatido o conceito sobre solos urbanos em escala mundial que, segundo Pedron et al (2004), refere-se a solos que se encontram no meio urbano. Desta forma, o termo “solos urbanos” teria a função de ressaltar o uso do solo e apontar para um conjunto de possíveis modificações nas suas propriedades, típicas do meio urbano. O mesmo autor ainda destaca que solos urbanos não devem ser confundidos com solos antrópicos, pois o segundo se refere àqueles modificados “pelo uso intenso e continuado do homem através da exploração agrícola, mineral, urbana, etc.”. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) atualmente não contempla o termo solo antrópico, apenas horizonte A antrópico (EMBRAPA, 2013).

Em diversas cidades brasileiras os solos funcionam como verdadeiros receptáculos de rejeitos por ser uma maneira fácil e barata de descartá-los. As principais funções desempenhadas pelos solos no meio urbano são: suporte e fonte de material para obras civis, sustento das agriculturas urbanas, suburbanas e de áreas verdes, filtragem de águas pluviais e meio para descarte de resíduos, portanto, solos com elevada concentração de contaminantes

são frequentemente associados a áreas com grande densidade populacional, áreas de manipulação e armazenamento de produtos químicos, mineração, testes nucleares e uso agrícola (SILVA & BOTELHO, 2014).

Segundo Wong et al (2006), estudos sobre elevadas concentrações de metais no meio urbano e suas implicações sobre a saúde humana só foram notados na década de 1960, principalmente com foco na contaminação por chumbo como resultado das atividades humanas. Ao longo dos anos foram analisadas as concentrações de outros metais e, conjuntamente, esses estudos levaram a uma revelação da contaminação de metais em áreas urbanas e abriram o caminho para o desenvolvimento da geoquímica do meio urbano como uma disciplina científica, mas foi com a emergência de centros urbanizados e industrializados que os primeiros estudos em larga escala sobre geoquímica começaram a ser realizados.

A transição do estudo de um elemento único, o chumbo, para a análise da concentração dos demais elementos potencialmente tóxicos, associado ao desenvolvimento tecnológico para realizar as análises, com destaque para o surgimento da Espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado (ICP-AES), também conhecida como Espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado (ICP-OES), permitiu avançar nos estudos. Somado ao aumento da preocupação com a qualidade ambiental do meio urbano, os estudos também foram ampliados nas análises da água, sedimentos e ar (WONG et al, 2006).

No Brasil, o fenômeno de urbanização se intensificou a partir da década de 1960, mas o Brasil ainda era considerado agrícola com taxa de urbanização de 44,7%. Somente nos anos de 1980 se atingiu a taxa de urbanização de 67,6%. Já entre 1991 e 1996, houve um acréscimo de 12,1 milhões de habitantes urbanos, o que se reflete na elevada taxa de urbanização (78,4%) (IBGE, 2016). Das grandes concentrações urbanas, 12 constituem regiões metropolitanas, incluindo a de Salvador (IBGE, 2017).

Na Região Metropolitana de Recife, Silva (2014) realizou um estudo de concentração de metais pesados em 21 *playgrounds* de parques públicos. Todos apresentaram concentrações acima do valor de referência de prevenção (VP), sendo que para As, Ba, Cd e Pb, quando 5 parques tiveram concentração superior do valor de investigação (VI) para esses metais. O autor concluiu que houve incremento de origem antrópica porque os *playgrounds* estavam localizados próximos a avenidas de intenso tráfego de veículos, apresentam potencial risco de contaminação por deposição atmosférica de poluentes. A mesma conclusão acerca da contribuição do trânsito para o incremento de metais pesados em solos foi alcançada por Wei & Yang (2010) em um estudo realizado em diversas cidades da China, e por Moura et al (2006) em Teresina, Piauí.

Santos & Sígolo (2011) analisaram solos do Parque Ibirapuera (SP), onde não foram encontrados valores acima dos limites de intervenção da CETESB, CONAMA ou Norma Holandesa. Porém, foram identificados teores de As, Ba, Cr e entre os limites de referência e alerta ou até mesmo entre os limites de alerta e intervenção, o que poderia indicar que a área sofre algum tipo de incremento por ação antrópica porque os metais se encontravam somente na parte superficial do solo. No Parque Buenos Aires, em São Paulo, Gumiero et al (2007), associaram os elevados teores de Pb, Cu, e Zn à influência do intenso tráfego de veículos, porque foi notado um padrão de crescimento das concentrações no sentido da Av. Angélica, que também representa uma área de baixada, ocasionando o transporte dos elementos químicos pela chuva.

Pereira et al (2010) concluíram que o aumento do número de veículos automotores circulando está entre os fatores de aumento de contaminação provenientes de atividade antropogênicas. Os veículos são considerados fontes substanciais de metais pesados através do desgaste de pastilhas e discos de frenagem, borracha dos pneus, derramamento de gasolina e óleos lubrificantes e partículas liberadas por emissão:

A avaliação das taxas de emissão originárias na combustão veicular em um túnel, nos Estados Unidos, detectou altos valores para os elementos cádmio, chumbo, cobre e zinco. Possivelmente, a origem do zinco, nos veículos, é resultante do desgaste de componentes dos freios, pneus e óleos lubrificantes. O cádmio e o cobre são provenientes, principalmente, do desgaste de freios, enquanto que o chumbo tem na gasolina sua principal fonte (Lough et al apud PEREIRA et al, 2010, p. 348).

Diversas pesquisas também consideraram as propriedades dos solos para relacionar com a disponibilidade dos metais. No estado de Pernambuco, Araújo et al (2015) realizaram duas pesquisas em solos sob manguezais do Rio Botafogo, qual entorno possui intensa atividade urbana, agrícola e industrial. Os autores observaram que existia uma variação na concentração que pode ser associada à distribuição do metal em superfície, pois, nos pontos onde havia maiores teores de argila e de carbono orgânico total, variáveis com afinidade para associação com metais pesados, os metais Pb, Hg e Zn apresentaram relação positiva, enquanto que o Pb e Zn teve relação inversa com areia, pela sua baixa capacidade de adsorção.

Armid et al (2014) constataram que, à medida em que o tamanho do grão diminui e de matéria orgânica aumentava, aumentava-se também o teor de metais pesados na Baía de Kendari, Indonésia. Gonçalves (2011) analisou contaminação por arsênio em solos da área urbana de Ouro Preto, localizado no Quadrilátero Ferrífero (MG). Ao relacionar a

granulometria, o teor de As encontrado e a mineralogia o autor conclui que existe maior disponibilidade As nas amostras com menores teores de óxidos de ferro, de caulinita e maior teor de sílica, pois a SiO_2 e a caulinita possuem menor área de superfície específica (ASE), reduzindo sua capacidade de reter As em suas superfícies, enquanto os óxidos tendem a adsorver o metal, diminuindo sua disponibilidade na solução do solo.

Na cidade de Chittagong, segunda maior cidade de Bangladesh, Alamgir et al (2015) analisaram as concentrações de Cu, Cd, Pb, Mn, Ni e Zn, numa tentativa de associar a influência das propriedades do solo sobre a distribuição dos metais pesados. Para tanto, foram correlacionados teores totais de matéria orgânica (M.O.), pH e os tipos de metais. Os resultados obtidos foram que Cu, Ni e Pb estavam significativamente correlacionados com a matéria orgânica, mas Cd estava mais relacionado com o pH.

Os autores concluíram que, devido a grande área de superfície específica (ASE) da matéria orgânica, a mesma pode formar complexos com metais pesados e, conseqüentemente, influenciar nas suas distribuições. Pelo coeficiente de correlação de Pearson, que mede o grau e direção (se positiva ou negativa) da correlação entre duas variáveis, em que 1 significa uma correlação perfeita positiva entre as variáveis, -1 significa uma correlação negativa perfeita e 0 que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra, os autores identificaram que as areias mostraram correlação negativa com a maioria dos metais estudados, enquanto que silte mostrou correlações positivas. Cu e Pb foram correlacionados positivamente com teores de argila.

4.3 CONTAMINAÇÃO

Contaminação refere-se a “introdução, no meio, de elementos em concentrações nocivas à saúde humana, tais como organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas” (SILVA & BOTELHO, 2014). Os contaminantes podem ser despejados diretamente no solo ou partículas e gases são liberados na atmosfera e depositados no solo, transportados para corpos d’água pela ação pluvial ou para a vegetação onde são capazes – por inalação ou ingestão – de entrar em contato com os mais diversos organismos vivos, inibindo ou os matando e, assim, afetar o equilíbrio de uma comunidade de seres (BRADY & WEIL, 2013).

Em relação à contaminação de metais pesados no solo, esta pode ser oriunda da acumulação resultante de processos biogeoquímicos ocorridos na natureza (concentração

natural do metal no material de origem e do grau de intemperização do solo) ou de atividade antrópica (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

Segundo Nascimento e Biondi (2015), a exposição de humanos a metais pesados depende, para além do cenário, das rotas de exposição. As principais rotas são ingestão de partículas de solos contaminados; inalação de vapores contaminados e poeira; consumo de vegetais contaminados e ingestão de água contaminada, sendo que a ingestão de partículas de solo e consumo de vegetais correspondem a pelo menos 90% da exposição. Como é o tipo de exposição que determina a profundidade da amostra e há o objetivo de avaliar as rotas que mais frequentemente permitem o acesso ao contaminante, os primeiros 2 cm de solos são definidos como padrão para a amostragem da USEPA exposição. No caso de Hg, por sua volatilidade, a inalação também deve ser considerada.

Quanto à ingestão de solo, a quantidade ingerida depende não somente da concentração de metal no solo, mas também da massa corpórea do receptor (15kg para crianças e 70 kg para adultos). Na Holanda, os valores orientadores para intervenção consideram que crianças ingerem em média 50 mg d^{-1} a mais de solo contaminado que adultos. Já a ingestão de alimentos leva em consideração o consumo médio de vegetais por pessoa, a quantidade média de metal ingerido e a massa corpórea do receptor (NASCIMENTO & BIONDI, 2015).

No Brasil, a primeira normativa relacionada à regulamentação de parâmetros de concentração de substâncias foi promovida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), que publicou a primeira lista de valores orientadores para Solos e Águas Subterrâneas para o Estado de São Paulo. A partir de então, se baseando na Cetesb, foi criada a Resolução N° 420 do CONAMA, em 28 de dezembro de 2009, primeira legislação nacional específica para proteção do solo e gerenciamento de áreas contaminadas por substâncias orgânicas e inorgânicas (NASCIMENTO & BIONDI, 2015).

Cerca de onze milhões de substâncias químicas são conhecidas em todo o mundo, sendo três mil produzidas em larga escala. São diversos produtos que estão presentes nos efluentes industriais, residenciais e de estações de tratamento de água e esgoto. Como somente 40 a 50 substâncias químicas são contempladas pelos padrões de potabilidade da água na maioria dos países, incluindo o Brasil, sua presença na água, no solo e no ar representa uma importante fonte de contaminação não avaliada pelos órgãos de controle de qualidade (FONTENELE et al, 2010).

4.4 RISCO

Nas relações entre o meio ambiente urbano e saúde pública, os conceitos de avaliação e exposição ao risco são importantes para melhor compreensão e enfrentamento do problema (VALENTIM, 2005). Segundo Veyret (2007), o risco significa a percepção que um agente tem sobre algo que representa um perigo para si próprio, para outros ou para seus bens. Como a percepção do perigo varia do contexto social e da cultura, logo é uma representação social. Alguns riscos implicam uma análise socioeconômica, como os riscos industriais, e devem ser integrados às decisões de gestão, às políticas de organização dos territórios e às práticas econômicas.

Segundo Sachs apud Fortunato & Fortunato Neto (2012), o pensamento econômico não consegue enxergar além de alguns anos a frente do tempo presente. Logo, a escolha das ações acaba se baseando naquilo que é financeiramente mais rentável em um curto período de tempo e a proteção ao meio ambiente fica relegado a um plano secundário. Egler apud Fortunato & Fortunato Neto (2012), apresentou a noção de risco ambiental como um conceito entre as visões da rentabilidade e da sustentabilidade. Enquanto a visão da rentabilidade defende que o lucro deve compensar o investimento produtivo, a visão da sustentabilidade defende que o uso dos recursos naturais deve ser limitado às suas capacidades de suporte e renovação.

Quanto às tomadas de medidas para proteção ambiental, existe o princípio de prevenção, que atuaria com conhecimento prévio das implicações relativas às intervenções antrópicas e seus impactos negativos ao meio ambiente, ou seja, os riscos são previsíveis. Nesse caso, a aplicação desse princípio se materializa por meio dos estudos de avaliação de impactos ambientais, que buscam identificar, prever, avaliar e mitigar os efeitos (FORTUNATO & FORTUNATO NETO, 2012). Para tanto, segundo Veyret (2007), é fundamental que o risco seja mensurável.

Na Resolução CONAMA Nº 420/2009 o risco é entendido como a probabilidade de ocorrência de efeito(s) adverso(s) em receptores expostos a contaminantes e, para mensurá-lo, é fundamental realizar uma avaliação de risco definida como um “processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou a bem de relevante interesse ambiental a ser protegido” (CONAMA, 2009). E a saúde, segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS (1946), constitui um dos direitos fundamentais de todo o ser humano, sem distinção de raça, de religião, de credo político, de condição econômica ou social.

5 METODOLOGIA

5.1 SELEÇÃO DOS PARQUES E AMOSTRAGEM

Os parques foram selecionados segundo o Sistema de Áreas de Valor Urbano Ambiental e Cultural (SAVAM) da Lei N° 9.069 de 30/06/2016, que dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador (SALVADOR, 2016). No SAVAM foram indicados 20 parques públicos nas categorias de parques urbanos, parques de bairros e parque urbano proposto (Anexo A). Para essa pesquisa foram considerados apenas os classificados como parques urbanos e parques de bairros, já que os parques propostos ainda não foram implantados na cidade.

Durante o campo de prospecção verificou-se que o Parque Socioambiental de Canabrava, o Parque da Lagoa dos Frades e o Parque da Lagoa dos Pássaros se encontram abandonados e sem manutenção pelo Poder Público responsável; que os solos expostos do Largo do Campo Grande são utilizados, exclusivamente, para ornamentação; e que apenas a calçada do Parque do Caminho das Árvores é utilizada pelos cidadãos. Como o propósito da pesquisa foi analisar parques em que existe o contato direto do visitante com o solo, esses parques foram desconsiderados para coleta de amostras. O Parque Zoo-Botânico de Ondina não foi incluso porque não houve permissão por parte da administração e o Parque do Dique do Cabrito estava em reforma durante a visita de prospecção.

Os parques selecionados para coleta das amostras foram o Parque “da Cidade” Joventino Silva, Parque Pituaçu, Parque Solar Boa Vista, Jardim dos Namorados, Parque do Costa Azul, Parque Atlântico e Parque do Dique do Tororó. Outros parques estudados foram enquadrados em outras categorias no SAVAM, como o Parque São Bartolomeu, inserido na APA Rio do Cobre/São Bartolomeu e o Jardim de Alah, área de proteção cultural e paisagística (APCP). Para além dos locais considerados pelo PDDU, foram também incluídos o Cristo da Barra e a Praça das Artes da Universidade Federal da Bahia por se tratarem de locais com intensa visitação. Em cada parque foram coletadas amostras simples que, posteriormente, foram agregadas para formar 25 amostras compostas.

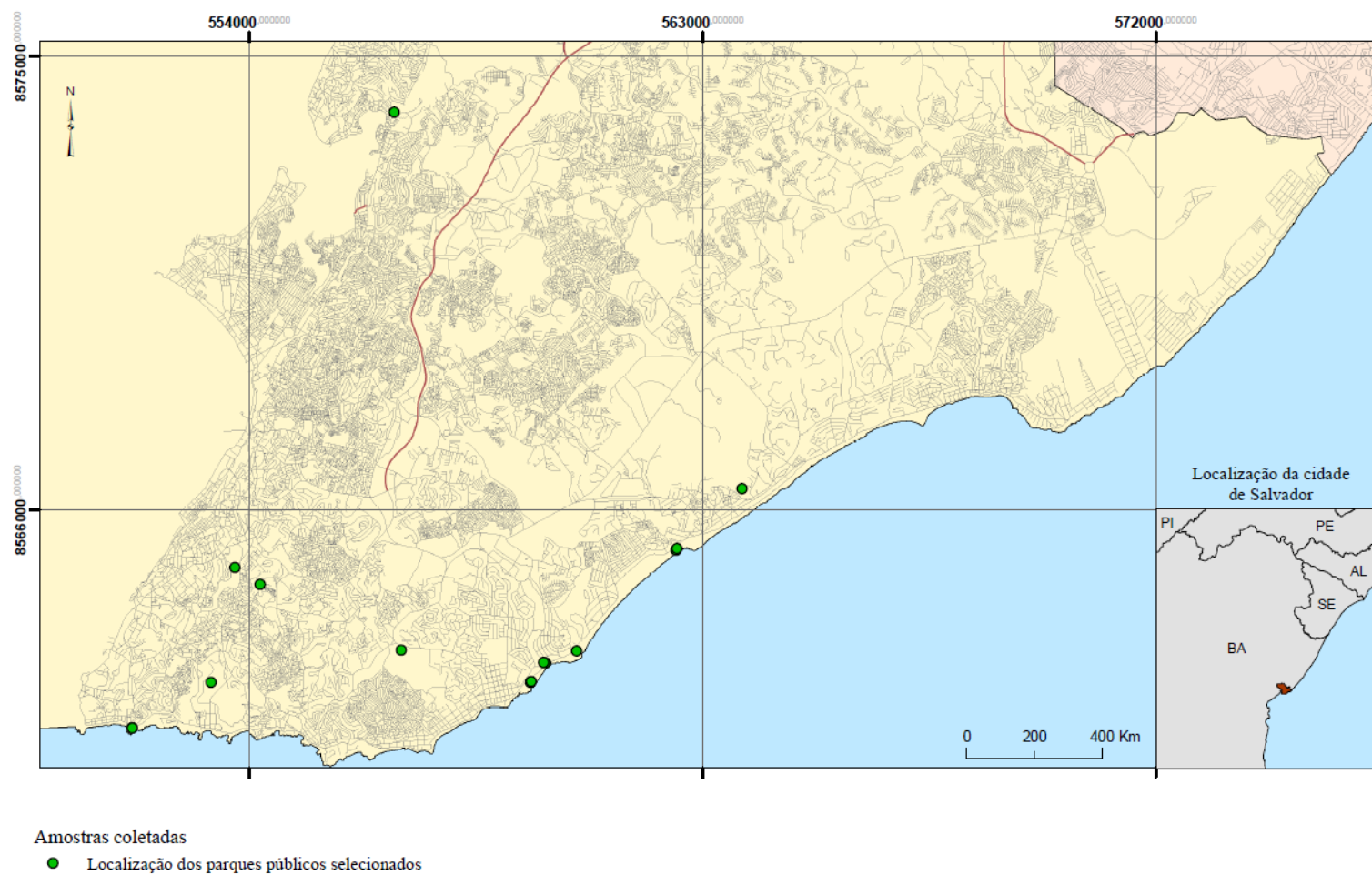


Figura 1 – Área de estudo e parques selecionados

5.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Após a seleção dos parques públicos, os procedimentos para coleta das amostras de solo seguiram a proposta de Abrahão & Marques (2013) onde, primeiramente, foi removida a serapilheira com enxadeta. Em alguns solos foi utilizado o trado holandês ou de caneco (Figura 2), mas em solos mais compactados foram abertas minitrincheiras e, sem seguida, realizada a coleta com pá. Em todas as amostras foram coletados cerca de 400 g de solo em 20 cm de profundidade.

As amostras foram armazenadas em sacolas plásticas e etiquetadas. Nos pontos de coleta foram obtidas as coordenadas UTM e geográficas com um GPS de navegação, utilizando o sistema de referência WGS84, pois não estava disponível o SIRGAS2000.



Figura 2 – Coleta no Parque “da Cidade” Joventino Silva utilizando um trado tipo holandês.

5.3 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas com rolo de madeira e peneiradas no Laboratório de Preparação de Amostras 1 e no Laboratório de Pedologia, ambos no Instituto de Geociências da UFBA. As amostras separadas para essa etapa foram do tipo composta e, a depender da quantidade das amostras simples coletadas em cada área, o número variou de três a quatro amostras simples. O peneiramento consistiu em passar as

amostras por uma peneira de aço inoxidável de 2 mm de malha, e as frações maiores do que 2 mm foram descartadas.

5.4 ANÁLISES FÍSICA E QUÍMICA

As análises de granulometria, de pH (em água e em KCl), H+Al, teores de carbono orgânico, matéria orgânica, Ca, Mg, Al, Na, K e P foram realizadas para as amostras n° 1, 2, 4, 5 e 6 no Laboratório de Química Ambiental de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Para determinação das frações de terra fina seca ao ar (TFSA) foi utilizado o método indicado pela Embrapa (2011). A quantificação do teor de argila baseia-se na velocidade de queda das partículas em suspensão numa solução composta por água e dispersante químico (hidróxido de sódio ou hexametáfosfato de sódio), tamponado com carbonato de sódio. A solução foi agitada com bastão várias vezes durante o dia e, posteriormente, mantidas por uma noite nesta solução. Com uma pipeta foi coletado um volume da suspensão para determinação da argila, posteriormente foi seca em estufa e pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) foram separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos percentuais. O teor de silte corresponde à diferença em relação às demais frações, até atingir os percentuais para 100%.

Todas as análises químicas, incluindo concentração dos cátions trocáveis, também seguiram o procedimento indicado pela Embrapa (2011). O pH foi medido pelo potenciômetro com eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido (água e KCl). Para obter o teor de carbono orgânico, o solo foi posto em solução de dicromato de potássio 0,0667 M em meio sulfúrico e registrado o volume de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr) gasto na prova em branco. A porcentagem de matéria orgânica foi calculada ao multiplicar o resultado do carbono orgânico por 1,724.

A digestão das amostras e determinação dos teores de metais pesados foram realizadas no Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO) do Núcleo de Estudos Ambientais da Universidade Federal da Bahia. Para digestão das amostras, foi utilizado o método SW-846 3051a da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA).

Primeiramente pesou-se 1,0 g de sedimento seco diretamente em camisas de teflon e, sem seguida adicionou-se 10 mL de ácido nítrico (HNO³ 1:1). Essas amostras foram deixadas na capela por 30 minutos para pré-digestão. A decomposição do sedimento foi realizada através da técnica de extração parcial, em forno microondas (Mars 6 – CEM) segundo

metodologia US EPA 3051A. Após a extração, as amostras foram filtradas em filtro quantitativo (0,80 μm), avolumadas em balão volumétrico de 50 mL com água ultra pura e armazenadas em frascos plásticos de 100 mL para posterior determinação dos teores de metais.

Para a determinação dos teores dos elementos de interesse, segundo a Resolução 420 da CONAMA, foi utilizado o espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplada (ICP-OES), modelo 720 Series (Agilent Technologies, EUA). Os limites de detecção (LD) foram calculados a partir do desvio padrão do branco analítico e do coeficiente angular da curva de calibração para cada elemento (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros instrumentais utilizados para a determinação por ICP OES no LEPETRO/NEA/IGEO/UFBA.

Parâmetros	Características
Câmara de nebulização	Ciclônica (<i>Single Pass</i>)
Nebulizador	<i>SeaSpray</i>
Potência (kW)	1.10
Vazão do gás do plasma (L min^{-1})	15
Vazão do gás auxiliar (L min^{-1})	1,5
Vazão do gás de nebulização (L min^{-1})	0,75
Comprimento de onda dos elementos	Al (237.312); Ba (455.403); Cd (228.802); Co (228.615); Cr (205.560); Cu (324.754); Fe (238.204); Mn (257.610); Ni (221.648); Pb (220.353); Zn (202.548)
LQM	Al (5,00); Ba (1,00); Cd (0,25); Co (0,25); Cr (0,25); Cu (0,25); Fe (5,00); Mn (0,50); Ni (0,25); Pb (2,00); Zn (0,25)

6 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Salvador está localizada na costa do Estado da Bahia, sendo delimitado ao sudoeste pela Baía de Todos os Santos e, a leste, pelo Oceano Atlântico. A cidade de Salvador está sobre três domínios geológicos distintos: o Alto Cristalino datado do Arqueno – Proterozóico, a Bacia Sedimentar do Recôncavo de idade Mesozóica, e a Margem Costeira Atlântica, formada por acumulações pouco espessas de sedimentos argilosos, arenosos e areno-argilosos datados do Quaternário. O Alto Cristalino de Salvador é um *horst* de rochas metamórficas, limitado pela Falha de Salvador, e separa a Bacia do Recôncavo do Oceano Atlântico (SOUZA, BARBOSA & CORREA-GOMES, 2010). Segundo Brasil (2003), há também coberturas da Formação Barreiras, com arenito, argilito e siltito.

Dentre as rochas metamórficas, predominam ortognaisse (proveniente do granito) com níveis de quartzito e gabroniorito. Os principais minerais presentes nessas rochas são: ortoclásio (feldspato potássico), plagioclásio, quartzo, biotita e piroxênio (BRASIL, 2003). Há também granulitos composto por ortopiroxênio, clinopiroxênio, Ca-plagioclásio e olivina incompatível com plagioclásio, que são cortados por corpos tabulares graníticos e máficos (SOUZA, BARBOSA & CORREA-GOMES, 2010).

Segundo classificação de Thornthwaite (BAHIA, 1998), Salvador se insere ao tipo climático superúmido (B1rA'), com excedente hídrico de 300 a 600 mm e índice pluviométrico anual superior a 2000 mm (BAHIA, 2003). O clima de umidade elevada, e com chuvas bem distribuídas durante todo o ano, favorece a alteração dos minerais primários facilmente intemperizáveis. Quanto à vegetação, o município de Salvador é composto por remanescentes de Floresta Ombrófila Densa do tipo Mata Atlântica (BAHIA, 2001).

Segundo mapeamento do projeto RadamBrasil (IBGE, 1981), que classificou a geomorfologia do território brasileiro em Unidades Geomorfológicas, Salvador se insere nos Tabuleiros Pré-Litorâneos dos Planaltos Cristalinos Rebaixados e, em menor área, sobre as Planícies Marinhas e Fluvio-marinhas. Também se trata de um ambiente que mais favorece o processo de alitização, quando ocorre a intensa dessilificação dos minerais primários facilmente intemperizáveis e a formação de óxidos, sobre tudo nas áreas mais planas porque à medida que os solos sofrem mais alteração química graças a lixiviação, são formados solos profundos, ricos em minerais do tipo 1:1 e óxidos de ferro, como os Latossolos e Argissolos.

As classes de solos que predominam na cidade são Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelho-Amarelo e Neossolos (IBGE, 1981). Os Argissolos Vermelho-Amarelo são solos com horizonte B textural, resultante de incremento no teor de argila, e forte a

moderadamente ácidos, já os Latossolos Vermelho-Amarelo são solos em estágio avançado de intemperização, com baixa capacidade de troca de cátions da fração argila e comumente são muito profundos (EMBRAPA, 2013).

Para caracterizar o uso do solo, no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Lei nº 9069/2016) foi criado um zoneamento para as áreas do município de Salvador em 12 Zonas de Uso: como o município de Salvador é bastante urbanizado, as Zonas Predominantemente Residenciais predominam e se referem às áreas destinadas aos usos uni e multiresidenciais, admitindo-se outros usos desde que compatíveis com os critérios e restrições estabelecidos pela Legislação de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo (LOUOS). Essas zonas são subclassificadas segundo a densidade construtiva e demográfica, e padrão de edificações. Em seguida estão as Zonas Especiais de Interesse Social, destinadas à regularização fundiárias e à produção, manutenção ou qualificação da Habitação de Interesse Social (HIS) e Habitação de Mercado Popular (HMP). As Zonas Especiais de Interesse Social que são mais presente no município de Salvador representam os assentamentos precários, como favelas e conjuntos habitacionais irregulares, habitados predominantemente por população de baixa renda e situados em terrenos de propriedade pública ou privada, nos quais haja interesse público em promover a regularização fundiária e produzir HIS e HMP. A terceira zona com maior abrangência se refere às Zonas de Proteção Ambiental, destinadas prioritariamente à conservação ambiental, porém são admitidos usos residenciais de baixa densidade construtiva e populacional.

6.1.1 PARQUE SÃO BARTOLOMEU

O Parque São Bartolomeu está localizado na região administrativa denominada Subúrbio Ferroviário. Os principais bairros adjacentes são: Plataforma, Ilha Amarela, Rio Sena e Pirajá. Ao norte, em uma área adjacente ao parque, corresponde à área da Represa do Cobre. O Parque São Bartolomeu (PSB) foi reconhecido a partir da publicação do Decreto Municipal 4.590 de 21 de fevereiro de 1974, desde então sua área foi modificada e ampliada e, atualmente, possui 140 hectares e está inserido na APA Bacia do Cobre/São Bartolomeu (Decreto Estadual nº 7.970 de 5 de junho de 2001) (INEMA, 2017; CONDER, 2013).

Há dois usos principais: o de lazer e o ecumênico, porque o Parque é, historicamente, um importante centro de manifestação para membros de religião de matriz africana. Há também ao uso educacional, há projetos sociais que usufruem de uma infraestrutura composta por salas de dança, música, de acesso à internet, biblioteca e um Centro de Referência, com auditório, exposição e salas de oficina de artes.

Dentro do Parque existem duas cachoeiras, a de Oxum e a de Oxumaré. As águas da primeira encontram-se completamente poluídas por efluentes porque existem ligações clandestinas na rede de esgoto que acabam por sobrecarregar a rede, fazendo com que o esgoto transborde pelos dutos da EMBASA e escoe a céu aberto para dentro do Parque, (CONDER, 2013). Também há deposição de resíduos sólidos (garrafas de vidro, lata de alumínio, plásticos) e de objetos para oferendas (fragmentos de cerâmica e tecido), inclusive na área de mata.

Na Praça de Oxum, há indícios de que houve um aplainamento mecânico no local porque durante a abertura de uma minitrincheira havia uma transição abrupta. Segundo entrevista com gestor, antes da reforma de 2014, onde atualmente está a praça já havia uma estrada pavimentada para circulação de automóveis e dezenas de casas. Inclusive, ainda estão presentes fragmentos de muros das antigas construções que havia entre os anos de 1980 e 1990.

Neste Parque há uma área de mata, mais elevada, com serapilheira e horizonte superficial preservado (Figura 3), porém com muitos resíduos sólidos. Há também uma antiga planície de inundação e que no passado havia um manguezal onde, atualmente, existem hortas e viveiro de mudas. Os locais mais frequentados pelos visitantes são a Praça d'Oxum, onde se encontra uma cacheira homônima, e o *playground* num ponto mais externo do Parque e próximo à Avenida Afrânio Peixoto.



Figura 3 – Local de coleta da amostra nº 1, no Parque São Bartolomeu.

6.1.2 PARQUE METROPOLITANO DE PITUAÇU

O Parque está localizado no bairro de Pituaçu e foi criado pelo Decreto Estadual nº 23.666 de 04 de setembro de 1973. Possui 450 hectares, sendo 200 ha correspondendo a espelhos d'água, lagoas artificiais formadas em 1906 para a construção de uma barragem. O Parque oferece diversas opções de lazer, incluindo (INEMA, 2011).

Nos finais de semana o Parque recebe cerca de 5 mil visitantes e possui ciclovia de 15km, prática de remo, píer com pedalinhas, bicicletário para aluguel de equipamentos e pista de *cooper*. Segundo informações do INEMA (2011), comumente as pessoas sentam e realizem piqueniques sobre os solos de diversos setores do Parque.



Figura 4 – Local de coleta da amostra n° 3, Parque Metropolitano de Pituaçu.

6.1.3 PARQUE “DA CIDADE” JOVENTINO SILVA

O Parque ocupa uma área de 724.000 m², com maior parte correspondente a mata do que a área antropizada, e foi criado pelo Decreto Municipal n° 4.522 de 1973, mas só foi inaugurado em 1975. Recentemente passou por uma extensa revitalização e foi reinaugurado em 04 de junho de 2016. Possui *playground*, pista para patins, espaço para prática de meditação, pista de *skate*, quadra de esportes, espaço para leitura infantil, equipamentos de exercícios físicos e o Anfiteatro Dorival Caymmi, além de preservar remanescentes de Mata Atlântica (Parque da Cidade, 2017). Na figura 6 está representado o *playground*, localizado próximo a um estacionamento, pista de patinação e da Avenida ACM.



Figura 5 – Local de coleta da amostra nº 6, Parque da Cidade.

6.1.4 PARQUE DO DIQUE DO TORORÓ

O Parque do Dique do Tororó representa uma antiga represa que, atualmente, é uma área de lazer que composta por bancos, equipamentos para exercícios físicos, *playgrounds* restaurantes e esculturas de artes. Na Figura 6 está representado o *playground* em que foi coletada a amostra nº 11.



Figura 6 - Local de coleta da amostra nº 11, Parque Dique do Tororó.

6.1.5 PARQUE SOLAR BOA VISTA

O parque está localizado no Engenho Velho de Brotas, uma localidade inserida no bairro de Brotas, ocupando uma área de cerca de 35 mil metros quadrados. Foi inaugurado no ano de 1984, no mesmo lugar que já havia sido ocupado pelo Engenho dos Machado, pelo Asylo São João de Deus e pelo Hospital Juliano Moreira (BAHIA, 2010). No parque há quadra de esportes, equipamentos para a prática de exercícios físicos (Figura 7), *playground*, um anfiteatro e um cine teatro (administrado pela Secretaria Estadual de Cultura da Bahia). Pelo estado precário de alguns equipamentos de lazer, foi evidente que no local falta manutenção, entretanto, o local é bastante frequentado pela população.



Figura 7 – Local de coleta da amostra nº 13, Parque Solar Boa Vista. Fonte: autora.

6.1.6 JARDIM DOS NAMORADOS

O Jardim dos Namorados está localizado na orla do bairro da Pituba e adjacente a Avenida Octávio Mangabeira. No Parque há um *playground* onde foi coletada a amostra nº 14 (Figura 8) e uma área de exercícios físicos.



Figura 8 - Local de coleta da amostra nº 14, Jardim dos Namorados.

6.1.7 PARQUE DO COSTA AZUL

O parque do Costa Azul está localizado no bairro do Costa Azul e às margens do rio Camarajipe, atualmente poluído de efluentes. Há um *playground* aberto, área de exercícios físicos onde foi coletada a amostra nº 17 (Figura 9) e *playground* semiaberto.



Figura 9 – Local de coleta da amostra nº 17, Parque do Costa Azul.

6. 1.8 JARDIM DE ALAH

No Jardim de Alah, localizado no bairro do Costa Azul e adjacente à Avenida Octávio Mangabeira. Todas as amostras simples foram coletadas num extenso gramado (Figura 10), sendo que há uma área de exercícios e um setor em que é oferecido serviço de massagem.



Figura 10 – Local de coleta da amostra n° 19, Jardim de Alah.

6.1.9 PARQUE ATLÂNTICO

O Parque Atlântico está localizado no bairro da Boca do Rio e na orla da Praia dos Artistas, e dispõe de quiosques (Figura 11), quadras de esportes, equipamentos para exercícios físicos e *playground*.



Figura 11 – Local de coleta da amostra n° 20, Parque Atlântico.

6.1.10 CRISTO DA BARRA

Localizado na orla do bairro da Barra, o Cristo da Barra representa uma área arborizada entre o mar e a Avenida Oceânica, sendo utilizada para lazer e por pequenos comerciantes.



Figura 12 – Local de coleta da amostra n° 22, Cristo da Barra.

6.1.11 PRAÇA DAS ARTES (UFBA)

A Praça das Artes está inserida na Universidade Federal da Bahia (UFBA), no *campus* de Ondina, foi requalificada no ano de 2012 e hoje se constitui em centro de interação, ao ar livre, entre os diversos públicos da Universidade (UFBA em Pauta, 2012).

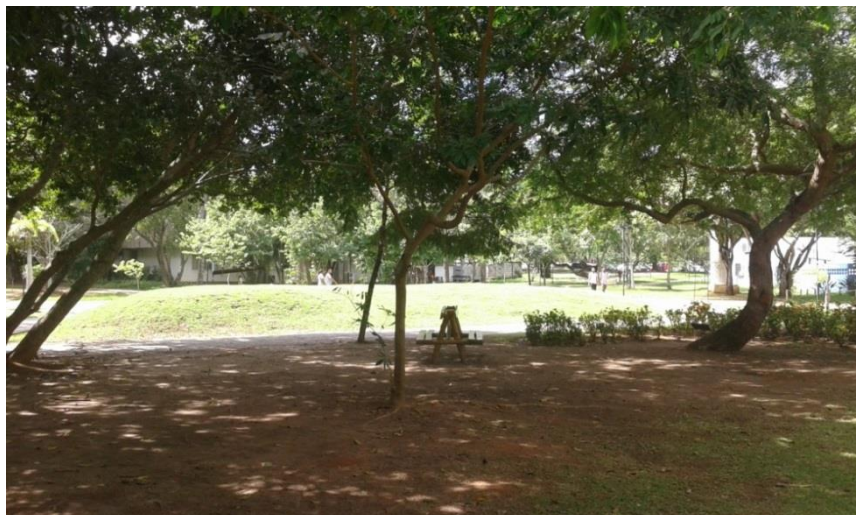


Figura 13 – Local de coleta da amostra n° 23, Praça das Artes da UFBA

No Quadro 3 estão algumas informações julgadas relevantes sobre as amostras coletadas, incluindo o número de amostras simples (quarta coluna) que foram utilizadas para formar as compostas (primeira coluna).

Quadro 3 – Informações dos pontos de amostragem

Amostra	Local	Observações	Nº de amostras simples	Data
1	P. São Bartolomeu	Mata (solo)	4	07/02/2017
2	P. São Bartolomeu	Antiga planície de inundação (solo)	4	07/02/2017
3	P. Pituaçu	Prox. lagoas e bicicletário (solo)	6	13/02/2017
4	P. Joventino Silva	Espaço de leitura infantil (solo)	2	16/02/2017
5	P. Joventino Silva	Playground (solo)	2	16/02/2017
6	P. Joventino Silva	Entrada do anfiteatro (solo)	2	16/02/2017
7	P. São Bartolomeu	Praça d'Oxum (solo)	4	12/06/2017
8	P. São Bartolomeu	Playground (areia)	2	12/06/2017
9	P. Dique do Tororó	Gramado (solo)	4	12/06/2017
10	P. Dique do Tororó	Playground oeste (areia)	2	12/06/2017
11	P. Dique do Tororó	Playground leste (areia)	2	12/06/2017
12	P. Solar Boa Vista	Playground (solo)	2	13/06/2017
13	P. Solar Boa Vista	Área de exercícios conjugada com playground (solo)	2	13/06/2017
14	Jardim dos Namorados	Playground (areia)	2	13/06/2017
15	Jardim dos Namorados	Área de exercícios (areia)	2	13/06/2017
16	P. Costa Azul	Playground leste (areia)	2	13/06/2017
17	P. Costa Azul	Área de exercícios (areia)	2	13/06/2017
18	P. Costa Azul	Playground oeste (areia)	2	13/06/2017
19	Jardim de Alah	Gramado (solo)	3	13/06/2017
20	Jardim Atlântico	Gramado (solo)	2	13/06/2017
21	Jardim Atlântico	Playground (areia)	2	13/06/2017
22	Cristo da Barra	Área plana e morro (solo)	4	01/07/2017
23	Praça das Artes	Gramado (solo)	2	01/07/2017

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Na Tabela 2 estão os resultados da análise de granulometria (Tabela 2) onde, quando convertidos os valores para porcentagem e associados com as classes texturais definidas por Santos et al (2005), temos que a amostra 1 é muito argilosa, a amostra 2 é franco arenosa, a amostra 4 é franco argilo arenosa, a amostra 5 é franco arenosa e a amostra 6 é franco argilo arenosa.

Tabela 2 – Resultados da análise granulométrica

Amostra	Areia	Silte	Argila
		g kg^{-1}	
1	318	86	596
2	48	404	548
4	565	187	248
5	676	225	100
6	537	163	300

7.2 ANÁLISE QUÍMICA

Quando analisados os resultados da análise química (Tabela 3), os elevados teores de matéria orgânica do solo na antiga planície de inundação do Parque São Bartolomeu (amostra 2), na ordem de $100,02 \text{ g Kg}^{-1}$, e de cálcio, podem ser explicados porque, segundo relato de antigos moradores, há poucas décadas havia um manguezal nessa planície. O elevado teor de matéria orgânica também pode indicar potencialidade para a formação de complexos organometálicos, assim como também serve como fonte direta de N, P, S e alguns elementos-traço, por meio da sua mineralização (Dick et al, 2009).

Ao analisar os dados de pH em água, considerando a classificação química da acidez ativa segundo Alvarez et al (1999 apud SOUSA et al, 2005), é considerada fraca para

amostras 1, 4 e 6, e elevada para a amostra 2. A amostra 5 apresenta alcalinidade elevada. Quanto ao pH em KCl, a acidez é fraca para a amostra 5, média para as amostra 1, 4 e 6, e muito elevada para a amostra 2. O balanço de pH (ΔpH) foi negativo em todas as amostras, logo, predominam cargas negativas na superfície dos coloides.

Todas as amostras apresentaram saturação por bases (V%) acima de 50%. A capacidade de troca de cátions (CTC), indicativa do número de centimoles de carga (cmol_c) positiva que pode ser adsorvido por uma unidade de massa de solo (BRADY & WEIL, 2013), foi bastante variável. Observa-se que as amostras com maiores teores de areia (4, 5 e 6) apresentaram valores de CTC mais baixos (7,01; 10,27 e 9,95, respectivamente).

Há ainda uma importante relação entre a CTC com os valores de pH, pois as cargas tendem a se tornar mais numerosas a medida que o pH aumenta. Isso ocorre porque em solos com pH baixo os cátions trocáveis são retidos somente pelas cargas permanentes das argilas do tipo 2:1 (como grupo das Esmectitas e Vermiculitas) e por um pequena porção das cargas dependentes de pH dos coloides orgânicos e de argilas do tipo 1:1 (BRADY & WEIL, 2013). A amostra 5, representativa de um solo de playground do Parque “da Cidade” Joventino Silva, apresentou valores mais elevados de pH e CTC da argila (102,7). Entretanto, na maior parte das amostras analisadas coletadas não foi observada uma relação tão significativa entre os valores de pH com os valores CTC.

Tabela 3 – Resultados da análise química

Amostra	pH (água)	pH (KCl)	ΔpH	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O.	M.O.	H+Al	S	T	V%	CTC Argila
	1:2,5	1:2,5		cmol _c dm ⁻³					mg Kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³					
1	6,3	5,2	-1,1	15,00	0,90	0,00	0,05	0,52	2	22,67	39,08	4,19	16,47	20,66	79,71	34,66
2	4,6	4,3	-0,3	10,00	2,00	0,25	1,21	0,05	33	58,02	100,02	7,75	13,26	21,01	63,11	38,33
4	6,2	5,6	-0,6	3,40	0,35	0,00	0,06	0,09	2	5,56	9,59	3,11	3,9	7,01	55,63	28,26
5	8,0	6,9	-1,1	7,25	0,85	0,00	0,05	0,11	7	10,10	17,41	2,01	8,26	10,27	80,42	102,70
6	6,2	5,6	-0,6	5,30	0,70	0,00	0,09	0,13	6	11,06	19,07	3,73	6,22	9,95	62,51	33,16

7.3 TEORES DE METAIS NOS SOLOS E AREIAS DE PARQUES PÚBLICOS DE SALVADOR

Ao comparar os resultados das análises de concentração de metais pesados nas amostras de solos analisadas (Tabelas 4) com as determinações de valores orientadores da Resolução CONAMA n° 420/2009 para cenário residencial (Anexo B), observou-se que:

- a) nenhuma amostra apresentou concentração de metais que se enquadre nos valores de investigação;
- b) com exceção de Ba e Cr, a concentração dos demais metais foi abaixo do valor de prevenção em todas as amostras.
- c) as amostras 1 e 6, representativas da área de mata do Parque São Bartolomeu e de um gramado no Parque Joventino Silva, respectivamente, apresentam Ba acima do valor de prevenção;
- d) as amostras 2 e 11, representativa de uma antiga planície de inundação do Parque São Bartolomeu e de um *playground* localizado na porção leste do Parque Dique do Tororó, apresentam Cr acima do valor de prevenção;
- e) os solos representativos das amostras 1, 2, 6 e 11 estão enquadrados na classe 3 da Resolução CONAMA N° 420/2009 por apresentarem, pelo menos, uma substância com concentração maior que o VP.
- f) em todas as amostras os teores de cádmio foram inferiores ao Limite de Quantificação do Método (LMQ) – de $0,25 \text{ mg Kg}^{-1}$. O LMQ representa a menor concentração de uma substância que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, pelo método utilizado. O que pode ser explicado porque, segundo Paye et al (2010), o Cd tem baixa ocorrência na crosta terrestre.

Vale ressaltar que, como o estado da Bahia não possui valores orientadores de qualidade de solo, aqui não foram considerados qualquer VRQ, já que a Resolução CONAMA também não determina esses valores. O mesmo é válido para VP e VI de Al, Fe e Mn.

Apesar disso, foram encontrados teores de Ba e Cr que se inserem na classe de valores de prevenção, ou seja, valor limite para que solo seja capaz de sustentar as suas funções principais. Caso o teor seja incrementado ao ponto de indicar risco à saúde humana, o bário pode causar aumento da pressão sanguínea por vasoconstrição, causando sérios efeitos tóxicos sobre o coração (Heller e Pádua, 2006 apud LIMA et al, 2010). Enquanto que cromo, sempre encontrado no solo na forma trivalente, em ambiente aquático pode afetar desde algas até organismos superiores (Nieboer, 1988 apud FREITAS, 2006), e nos seres humanos, o Cromo

III em longo prazo pode se acumular em certos tecidos especialmente no fígado e baço caso a contaminação ocorra por via oral, ou causar de irritação a pneumonia quando é absorvido por via respiratória (FREITAS, 2006).

Diferente do que foi encontrado em parques de Recife (SILVA, 2014) e São Paulo (GUMIERO et al, 2007; SANTOS & SÍGOLO, 2011), que geralmente tiveram seus elevados teores de metais pesados associados aos poluentes derivados dos automóveis, em Salvador, dos vinte e três locais amostrados, dezesseis estão localizados a menos de 50 metros de avenidas, mas apenas uma antiga planície de inundação do Parque São Bartolomeu (amostra 2) e um playground do Parque Dique do Tororó (amostra 11) apresentaram algum metal pesado acima do valor de prevenção – o cromo, e estão localizados próximos à vias. Esse elemento, inclusive, foi associado à deposição atmosférica de materiais liberados por veículos para Santos e Sígolo (2011).

Tabela 4 - Teores de metais pesados em solos e areias de parques de Salvador

Amostra	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
						mg.kg ⁻¹				
VP	-	150	25	75	60	-	-	30	72	300
VI Residencial	-	500	65	300	400	-	-	100	300	1.000
1	39589,9	225,02	11,55	33,07	72,64	34335,4	300,28	14,76	57,75	61,38
2	70509,6	92,37	3,49	79,75	41,53	47725,8	61,20	13,89	26,81	86,31
3	11306,8	11,07	1,49	14,40	14,52	26522,1	71,36	2,07	5,23	16,21
4	29000,6	32,19	3,77	53,55	14,68	39432,4	99,54	8,07	9,86	16,20
5	15486,8	24,13	2,37	29,27	22,20	28734,6	52,00	5,64	9,32	17,01
6	58201,3	220,06	3,61	33,18	8,93	32579,9	163,94	10,41	17,83	24,08
7	17589,8	41,71	3,43	27,78	53,89	17643,0	88,16	5,34	14,29	24,39
8	16557,4	24,94	1,44	15,69	10,61	11726,5	29,08	3,65	4,99	8,17
9	27751,2	20,89	1,44	41,87	8,91	18152,1	52,77	5,65	12,77	18,24
10	14523,5	22,42	1,41	24,44	7,06	19263,4	27,38	3,60	15,09	13,99
11	74739,2	31,06	5,67	208,63	30,67	58565,5	147,93	24,22	17,41	29,78
12	20617,2	21,42	0,74	27,62	20,23	11158,0	17,39	3,77	11,59	18,43
13	28255,1	31,37	1,08	49,27	6,67	25571,9	21,99	4,85	10,88	18,26

Tabela 4 - Teores de metais pesados em solos e areias de parques de Salvador (continuação)

Amostra	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
mg.kg ⁻¹										
VP	-	150	25	75	60	-	-	30	72	300
VI Residencial	-	500	65	300	400	-	-	100	300	1.000
14	6144,3	4,99	0,53	3,53	0,99	1517,3	7,54	0,40	3,78	12,54
15	9019,0	17,22	0,88	16,10	6,14	13713,7	30,17	1,97	11,12	34,54
16	681,1	2,29	< LQM	1,52	1,07	869,3	6,71	< LQM	< LQM	7,99
17	7246,4	24,93	2,53	11,21	8,66	9049,4	46,30	6,43	3,83	32,15
18	3079,3	3,79	0,29	4,79	0,97	1686,5	9,75	0,31	< LQM	6,72
19	12888,2	14,76	2,12	12,45	5,37	9296,0	66,64	3,64	6,94	16,24
20	27082,0	34,16	2,87	26,31	12,30	17492,0	134,80	8,78	6,50	16,83
21	3008,5	5,68	0,53	5,37	3,95	3249,9	37,26	0,65	< LQM	21,73
22	89978,1	42,10	14,22	76,31	24,54	64368,1	236,22	21,67	24,74	48,78
23	92145,3	105,02	15,36	67,58	33,53	52888,3	329,28	24,77	13,93	33,59

Para analisar uma correlação entre a granulometria, teor de matéria orgânica e pH dos solos com os teores de metais pesados disponíveis, foi realizada uma análise de correlação pela aplicação do Coeficiente de Pearson (Tabela 5):

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Sendo x = teor da propriedade do solo, \bar{x} = média do teor da propriedade, y = teor de cada metal pesado considerado e \bar{y} = média do teor de metal.

Ao se considerar as variáveis de teores de areia, argila, de Ba e de Cr, foi verificado que existe uma correlação positiva entre argila e todos os metais pesados, sendo muito forte para Ni (0,990) e Zn (0,889) e pouco significativa para Cr (0,425). A correlação foi negativa entre areia e todos os metais pesados, e para silte houve correlação positiva apenas com Cr (0,828). A explicação para a correlação sempre positiva entre argila e metal é que certos argilominerais adsorvem metais pesados em teores maiores que a sua capacidade de troca (SOBRINHO et al 2009).

Quanto à matéria orgânica (Tabela 3), houve correlação positiva forte com Zn (0,939) e Cr (0,782), e quase nula para Ba (0,066) e Co (0,052). Entre pH em água ou KCl e os metais pesados, houve correlação negativa forte para Cr, Ni e Zn, sugerindo que quanto menor o pH maior a concentração desses elementos na solução. Sobre essa questão, Fontes et al, 2001 apud Sobrinho et al, 2009, relataram que a elevação do pH favorece a hidrólise parcial de alguns metais e o aumento do balanço de carga negativa na superfície dos minerais e, conseqüentemente, a adsorção irreversível dos metais. Logo, o pH baixo (4,4) dos solos da antiga planície de inundação do Parque São Bartolomeu (amostra 2), pode indicar maior mobilidade de alguns metais pesados. Diferente dos solos do *playground* do Parque “da Cidade” Joventino Silva (amostra 5), onde o pH alcalino (>7,0) pode sugerir menor mobilidade dos metais pesados.

Foi observado que houve correlação positiva entre argila e todos os metais, indicando que quanto maior for teor de argila maior a disponibilidade de alguns metais, enquanto que em solos arenosos e com pH elevado a relação é inversamente proporcional. Já na antiga

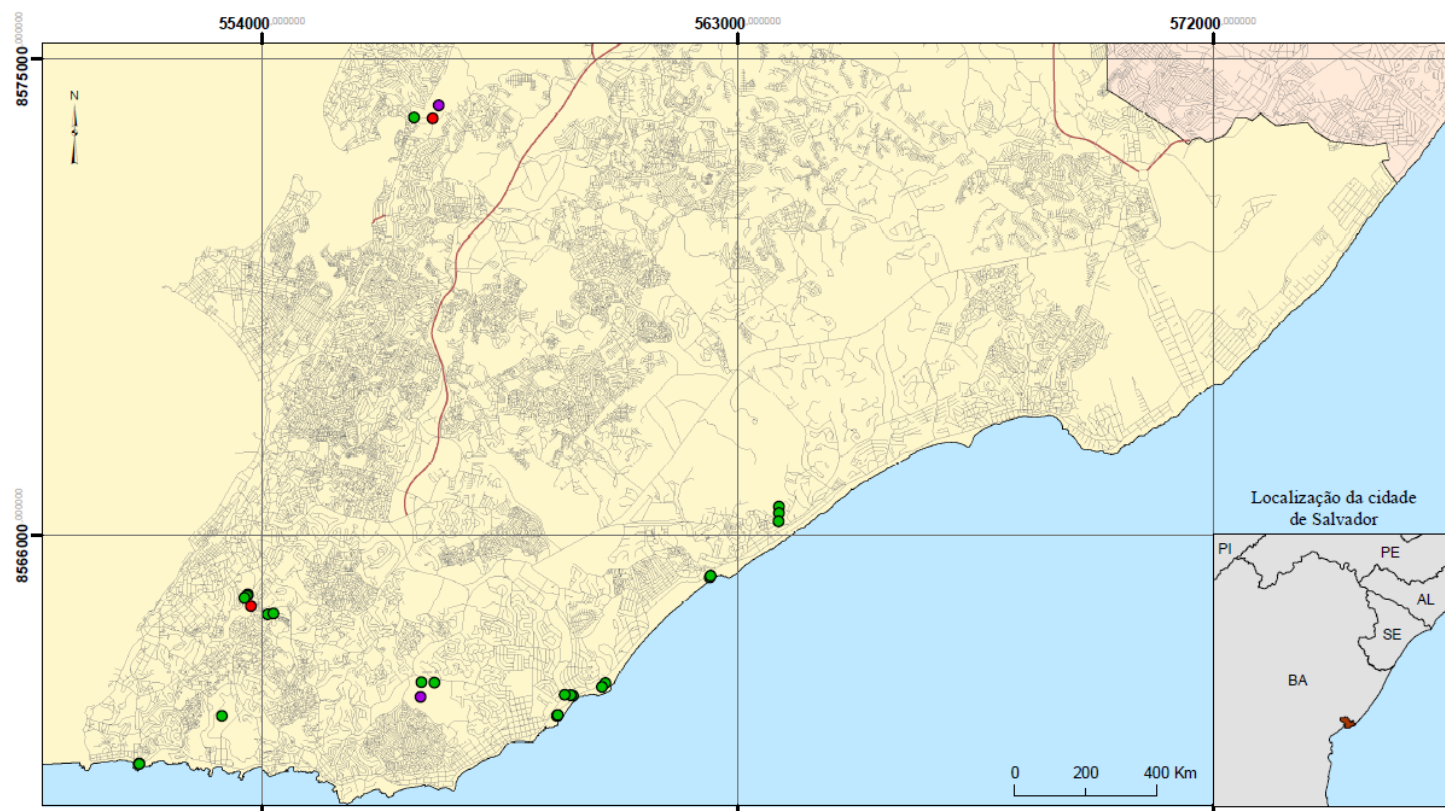
planície de inundação do Parque São Bartolomeu (amostra 2), os elevados teores de P e Ca podem favorecer a fertilidade das hortas mantidas pelos funcionários do Parque atualmente.

Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson entre propriedades dos solos e metais pesados das amostras 1, 2, 4, 5 e 6

	Ba	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Argila	0,587	0,695	0,425	0,798	0,573	0,990	0,853	0,889
Areia	-0,264	-0,301	-0,750	-0,597	-0,121	-0,861	-0,553	-0,978
Silte	-0,483	-0,595	0,828	-0,151	-0,757	0,063	-0,343	0,489
pH(água)	-0,092	-0,092	-0,834	-0,231	-0,030	-0,743	-0,287	-0,751
pH(KCl)	-0,356	-0,293	-0,760	-0,427	-0,203	-0,861	-0,482	-0,835
M.O.	0,066	0,052	0,782	0,463	-0,147	0,680	0,350	0,939

É possível levantar duas hipóteses acerca da ausência de teores de metais em valores de investigação: como as adjacências de todos os locais possuem uso residencial e/ou comercial (geralmente hotéis, restaurantes e escritórios), a ausência de uso industrial próximo pode ter influenciado nos baixos valores; e que em nove locais, geralmente *playgrounds*, as amostras coletadas são constituídas por sedimentos (areia) alóctones, e a fração areia possui baixa capacidade de adsorção de íons por sua carga ser muito baixa (KÄMPF et al, 2012), logo, também não devem ser encontrados metais pesados em elevadas concentrações na solução do solo.

Na Figura 14 está representada a localização de cada amostra coletada, assim como os valores de qualidade correspondentes.



Amostras coletadas

- Teores abaixo dos valores de prevenção (VP)
- Bário acima de VP
- Cromo acima de VP

Fonte: Logradouros - Conder, 2016;
Limites Municipais - IBGE, 2014
Elaboração: Évelen Santana, 2017

Figura 14 – Valores de qualidade das amostras coletadas

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o objetivo principal fornecer informações acerca da concentração de alguns metais pesados em solos de parques públicos e demais áreas de lazer de Salvador. Os resultados evidenciaram que não foi encontrado qualquer metal com teor que ofereça verdadeiro risco à saúde humana, segundo os parâmetros do CONAMA, portanto, é possível concluir que os solos analisados possuem boa qualidade ambiental.

Na revisão bibliográfica pode ser observado que a maioria dos trabalhos acadêmicos que trata de concentração de metais pesados em solos urbanos foi produzida nos últimos 10 anos e foca em determinar as fontes dos metais com base na interferência antrópica. Sendo assim, alguns autores já discutem sobre a origem dos metais pesados no solo como derivações das ações antrópicas. Mas, conforme relatou Ranjan (apud BOAVENTURA et al, 2011), no ambiente também deve-se considerar a contribuição natural, pois o intemperismo das rochas locais e o intemperismo estabelecem níveis de *background* de metais em solos, os quais podem variar quando comparados ambientes similares localizados em domínios geológicos diferentes.

Para locais que necessitam de remediação, existem alternativas mais indicadas para áreas urbanas. Para Wong et al (2006) a fitorremediação é preferível pelo viés econômico e de impacto visual, uma técnica que se refere ao cultivo de plantas que concentram metais pesados do solo na parte aérea, sendo posteriormente removida. E, segundo Sortino (2014), no caso de áreas pequenas, como *playgrounds*, a remoção do solo contaminado e substituição por outro salubre também seria viável.

Neste trabalho também foi considerado importante identificar, cartograficamente, os locais amostrados com suas respectivas classes de valores de concentração (Figura 1), pois, segundo Wong et al (2006) a incorporação de tecnologias que agregam Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e sistema de posicionamento global (GPS), permitem a apresentação de dados sobre a distribuição de metais pesados e constituem ferramentas importantes para disseminação de informação. E, conforme relatou Veyret (2007), esses mapeamentos têm a principal função de zonestar e classificar áreas segundo seu grau de risco à vida humana, além de modificar a percepção que uma sociedade tem sobre determinado local.

Por fim, assegurar a qualidade ambiental é também um dos objetivos reconhecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente, que busca a preservação, melhoria e recuperação da ambiental visando garantir condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses

da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938, 1981).

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Walter Antônio Pereira; MARQUES, João José. **Coleta de solos para valores de referência de qualidade no Estado de Minas Gerais**. FEAM: Belo horizonte, 2013.

ACCIOLY, Adriana Maria de Aguiar; SIQUEIRA, José Oswaldo de. Contaminação Química e Biorremediação do Solo. In: NOVAIS, Roberto F.; V, Victor Hugo Alvarez; SCHAEFER, Carlos Ernesto G. R (Orgs.). **Tópicos em Ciência do Solo** - Vol. 1, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, 2000.

ALLEONI, Luís Reynaldo Ferracciú; BORBA, Ricardo Perobelli; CAMARGO, Otávio Antônio de. Metais Pesados: da cosmogênese aos solos brasileiros. In: TORRADO-VIDAL, Pablo et al (Orgs.). **Tópicos em Ciência do Solo** - Vol. IV, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, 2005.

ANDRADE, Maria da Conceição Borges. **Implicações Socioespaciais Decorrentes da Industrialização nos Municípios de Camaçari e Dias D'Ávila**. Dissertação. Universidade Federal da Bahia, 2008.

ARAÚJO, João Batista dos Santos; FILHO, Jorge Luís de Oliveira Pinto. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi – Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 80-94, abril/junho, 2010.

ARAÚJO, Paula Renata Muniz; FERREIRA, Djennyfer Karolaine de Melo; BIONDI, Caroline Miranda; SLVA, Wildson de Moraes; CARVALHO, Isadora Barros Moura de; LUIZ, Tereza Cristina Sidrone. Teores de Cr, Cu, Hg, Pb e Zn em solos sob manguezais do Rio Botafogo, Pernambuco. Resumo Expandido. In: **XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Anais. Natal/RN, 2015.

ALAMGIR, M.; ISLAM, M.; HOSSAIN, N.; KIBRIA, M. G.; RAHMAN, M. M.. Assessment of heavy metal contamination in urban soils of Chittagong City, Bangladesh. **International Journal of Plant & Soil Science**, vol. 7, n. 6, 2015.

ARMID, Alrum; SHINJO, Ryuichi; ZAENI, Ahmad; SANI, Asrul; RUSLAN, Ruslan. The distribution of heavy metals including Pb, Cd and Cr in Kendary Bay superficial sediments. **Marine Pollution Bulletin**, n. 84, 2014. Disponível em: <http://www.uho.ac.id/karya_ilmiah/Asrul%20Sani/Journal%20The%20distribution%20of%20heavy%20metals%20including%20Pb,%20Cd%20and%20Cr%20in%20Kendari%20Bay.pdf>.

BAHIA. **Engenho de memórias**. Fundação Cultural da Bahia: 2010. Disponível em: <<https://ascomfunceb.files.wordpress.com/2010/10/2010-o-engenho-das-memorias-cine-teatro-solar-boa-vista.pdf>>.

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Pluviometria**: Estado da Bahia. Escala 1: 2.000.000. SEI: 2003. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa_pluviometria.pdf>.

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Tipologia climática - segundo Thornwaite**: pluviometria 1943-1983/temperatura 1961-1990. Escala 1:6.500.000. SEI, 1998. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto_tip_clim.pdf>.

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Vegetação**: Estado da Bahia. Escala 1:6.500.000. SEI: 2001. Disponível em:<http://www.sei.ba.gov.br/images/inf_geoambientais/cartogramas/pdf/carto_vegetacao.pdf>.

BIONDI, Caroline Miranda. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. Tese. Universidade Rural de Pernambuco, 2010. Disponível em:<<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/4965/2/Caroline%20Miranda%20Biondi.pdf>>.

BOAVENTURA, Sara Ferreira; HADLICH, Gisele Mara; CELINO, Joil José. Índices de contaminação de metais traço em encostas, manguezais e apicuns, Madre de Deus, Bahia. **Revista de Geociências**, v. 30, n. 4, 2011. Disponível em: <http://www.revistageociencias.com.br/30_4/Art_10_Boaventura_et_al.pdf>

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R.. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa geológico do estado da Bahia**. Escala 1:1.000.000. CPRM: 2003.

CAIRES, Sandro Marcelo de. **Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do Estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de valores de referência de qualidade**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, 2009. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1600/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

CONDER. **Plano de Manejo do Parque São Bartolomeu**. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia: 2013. Disponível em: <http://www.conder.ba.gov.br/arquivos/biblioteca/156/PDF_BIBLIOTECA.PDF>.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF; 2009.

Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO) – 1946. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswho.html>>. Acesso em 09/02/2017.

DICK, Deborah Pinheiro et al. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. F. & ALLEONI, L. R. F. **Química e Mineralogia do Solo: parte II - aplicações.** Viçosa: SBCS, 2009.

DOMINGUES, Thabata Costa de Godoy. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação.** 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Resíduos Agroambientais) – Pós – Graduação – IAC.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos.** 2ª ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.

FADIGAS, Francisco de S.; AMARAL-SOBRINHO, Nelson; MAZUR, Nelson; ANJOS, Lúcia H. C. dos; FREIXOS, Alessandra A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a24.pdf>>.

FRADIGAS, Francisco de S.; MARAL-SOBRINHO, Nelson; MAZUR, Nelson; ANJOS, Lúcia H. C. dos; FREIXOS, Alessandra A. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. **Bragantia**, vol.61, n. 2, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/6870/1/Fadigas%2c%20Francisco%20de%20Souza.pdf>>.

FREITAS, Tânia Christina Marchesi de. **O cromo na indústria de curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil:** aspectos ecológicos. Tese (Pós-Graduação em Ciências da Saúde). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2006.

FONTENELE, E. G. P. et al. Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 54, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abem/v54n1/v54n1a03.pdf>>.

FORTUNATO, Ivan; FORTUNATO NETO, José. Risco ambiental à luz dos princípios da precaução e da prevenção. In: GUIMARÃES, Solange T. de Lima et al (orgs.). **Gestão de Áreas de Riscos e Desastres Ambientais.** 1ªed. Rio Claro: IGCE/UNESP/Rio Claro, 2012.

GONÇALVES, José Augusto Costa. **A contaminação natural por arsênio em solos e águas subterrâneas na área urbana de Ouro Preto (MG).** Tese (doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto, 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2207/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83%20Contamina%C3%A7%C3%A3oNaturalArs%C3%AAnio.pdf>>

GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. In: FREITAS, José Roberto de (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo - Vol. IV,** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, 2005.

GUMIERO, Felipe C. Concentração de metais pesados de parques urbanos em São Paulo. 2 – Parque Buenos Aires. In: **Anais do International Nuclear Atlantic Conference – INAC**, Santos, SP: 30 de setembro – 5 de outubro, 2007.

HASHIM, M.A.; MUKHOPADHYAY, S.; SAHU, J. N.; SENGUPTA, B. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater. **Journal of Environmental Management**. v. 92, outubro de 2011.

IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: < <http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=299700>>.

IBGE. **Indicadores Sociais Mínimos: taxa de urbanização**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/nota_sindicadores.shtm>. Acesso em 25/11/2016.

IBGE. **Projeto Radambrasil Folha SD 24 Salvador**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1981. Disponível em: < <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv12783.pdf>>.

INEMA. **APA do Cobre/São Bartolomeu**. Disponível em: < <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/unidades-de-conservacao/apa/apa-bacia-do-cobre-sao-bartolomeu/>>. Acesso em 09/03/2017.

INEMA. **Parque Metropolitano de Pituacu**. Folder, 2011. Disponível em: < <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/parques-metropolitanos/parque-metropolitano-de-pituacu/>>. Acesso em 10/03/2017.

KÄMPF, Nestor; CURI, Nilton. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: CURI et al. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

KÄMPF, Nestor et al. Mineralogia de solos brasileiros: principais aspectos. In: CURI et al. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

LIMA, Adriano Cosme Pereira et al. Avaliação das concentrações de bário e chumbo em águas do aquífero freático no entorno do Centro Industrial do Subaé – Feira de Santana – BA. In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, São Luís, Maranhão, ago-set de 2010.

MACEDO, S. S. Paisagem Urbana: os espaços livres como elementos de desenho urbano. Caderno **Paisagem paisagens**. v. 1, n.1, 1996.

MOURA, Márcio Cleto Soares, et al. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Química Nova**, V. 29, N. 3, 429-435, 2006.

MOURA, Danieli Velda. Justiça Ambiental: um instrumento de cidadania. **Qualitas Revista Eletrônica**, v.9, n. 01, 2010. Disponível em: < <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/524/413>>.

NASCIMENTO, Clístenes Williams Araújo do; BIONDI, Caroline Miranda. Valores orientadores da qualidade do solo para metais. In: NASCIMENTO, Clístenes Williams Araújo do; JÚNIOR, Valdomiro Severino de Souza; FREIRE, Maria Betânia Galvão dos Santos; SOUZA, Edivan Rodrigues de. **Tópicos em Ciência do Solo** - vol. IX, 2015.

Parque da Cidade – Sobre o Parque. Disponível em:

<<http://www.parquedacidade.salvador.ba.gov.br/index.php/sobre-o-parque>>. Acesso em 10/03/2017.

PAYE, Henrique de Sá; MELLO, J. W. V; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B; FRANÇA, M. N. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 34, 2010.

PEDRON, Fabrício de Araújo; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; AZEVEDO, Antônio Carlos de; KAMINSKI, João. Solos urbanos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, 2004.

PEREIRA, Aquiria Alvarenga; BORGES, Jácomo Divino; LEANDRO, Wilson Mozena. Metais pesados e micronutrientes no solo e em folhas de *Bachiararia decumbens* às margens de rodovias. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, 2010.

Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>.

RABELO, Thaynara Santana. **Estudo da contaminação remanescente de chumbo e cádmio no município de Santo Amaro –BA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia, 2010.

RIBEIRO, Wagner Costa. Riscos e vulnerabilidade urbana no Brasil. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.** Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XIV, nº 331 (65), 2010. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-65.htm>>.

ROCHA, Olguita Geralda Ferreira; SILVA, Juscimar da; MELLO, Jaime Wilson Vargas de; ABRAHÃO, Walter Antônio Pereira. **Manual de procedimentos analíticos para determinação de VRQ de elementos-traço em solos do Estado de Minas Gerais.** FEAM: Belo Horizonte, 2013.

SALVADOR. **Lei Nº 9.069 de 30/06/2016:** Dispõe o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador. Salvador: Prefeitura Municipal de Salvador, 2016.

SANTOS, Aline Diorio dos; SÍGOLO, Joel Barbujianni. Análise de metais e caracterização de solos no Parque Ibirapuera (SP). In: **Anais do II Congresso Internacional do Meio Ambiente Subterrâneo** (Resumo Expandido), São Paulo, 2011.

SANTOS, Raphael David dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005

SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Degradação dos Solos no Estado do Rio de Janeiro. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Degradação dos Solos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

SILVA, Fernando Bruno Vieira da. **Teores de metais pesados em solos urbanos e agrícolas da região metropolitana de Recife**. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia, Recife, 2014.

SOBRINHO, Nelson. M. B. do Amaral. et al. Química dos metais pesados no solo. In: MELO, V. F. & ALLEONI, L. R. F. **Química e Mineralogia do Solo: parte II - aplicações**. Viçosa: SBCS, 2009.

SORTINO, Anna Paula Barbugli. Contaminação do solo urbano: processo de certificação no estado de São Paulo. **Revista Labverde**, n. 9, dezembro, 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/87379/92687>>.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de. Acidez e correção do solo. In: NOVAIS, Roberto Ferreira et al (orgs.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

SOUZA, Jailma Santos de; BARBOSA, Johildo S. F. & CORREA-GOMES, Luiz César. Litogeoquímica dos granulitos ortoderivados da cidade de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 40 (3), p. 339-353, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/2369/1/15526-73331-1-PB.pdf>>.

TEIXEIRA, Italo Filippi; SANTOS, Nara Rejane Zamberlan dos. **Áreas de lazer públicas: caracterização qualitativa da cidade de Veranópolis (RS)**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, vol.2, n.2, 2007. Disponível em: <http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo17.pdf>.

UFBA em Pauta. **UFBA conclui 2012 com importantes inaugurações**. 24 de dezembro de 2012. Disponível em: <<https://www.ufba.br/noticias/ufba-conclui-2012-com-importantes-inaugura%C3%A7%C3%B5es>>.

VALENTIM, Luís Sérgio Ozório. **Requalificação urbana em áreas de risco à saúde devido a contaminação do solo por substâncias perigosas: um estudo de caso na cidade de São Paulo**. 2005. 158 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

VEYRET, Yvette. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

WEI, Binggan; YANG, Linsheng. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. **Microchemical Journal**, v.94, n. 2, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222697600_A_Review_of_Heavy_Metal_Contaminations_in_Urban_Soils_Urban_Road_Dusts_and_Agricultural_Soils_From_China>.

WONG, Coby; LI, Xiang-Dong; THORNTON, Iain. Urban environmental geochemistry of trace metals. **Environmental Pollution**, v. 142, n. 1, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/7470133_Urban_Environmental_Geochemistry_of_Trace_Metals>.