



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS - SQE

**TEORES NATURAIS DE METAIS NOS SOLOS DAS BACIAS
SEDIMENTARES DO RECÔNCAVO E DO TUCANO SUL, COMO SUBSÍDIO
AO ESTABELECIMENTO DE VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE**

José João Passe

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

FEVEREIRO - 2015

**TEORES NATURAIS DE METAIS NOS SOLOS DAS BACIAS
SEDIMENTARES DO RECÔNCAVO E DO TUCANO SUL, COMO SUBSÍDIO
AO ESTABELECIMENTO DE VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE**

José João Passe

Licenciado em Ensino de Geografia

Universidade Pedagógica

2010

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Thomas Vincent Gloaguen

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA, JANEIRO - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

--

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Programa de Pós-Graduação Solos e Qualidade de Ecossistemas

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de José João Passe

Prof. Dr. Thomas Vincent Gloaguen
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Sérgio Roberto Lemos de Carvalho
Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Solos e
Qualidade de Ecossistemas em _____
Conferindo o grau de Mestre em Ciências do Solo _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, João Berequeto Passe e Teresa Jairosse pelo amor transmitido, pela minha formação e pela confiança em mim depositado.

As meus irmãos, Albertina Passe, Regina Passe, Nelson Passe, Osvaldo Passe, pelo apoio fraterno e incentivo ao longo da vida.

Com muito respeito e admiração ao meu Orientador Thomas Vincent Gloaguen, pela ajuda nunca recusada, pelos ensinamentos, confiança e amizade que sempre me transmitiu.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força concedida que me faz seguir em frente;

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Mestrado em Solo e Qualidades de Ecossistemas, pela formação científica e oportunidade para realização deste curso;

A minha mãe Teresa Jairosse, pelo amor sincero, carinho, atenção, ajuda, força e pelos tão sábios ensinamentos repassados, para eu poder enfrentar os obstáculos da vida de cabeça erguida e ao meu pai João Berequeto Passe, obrigada pela vida, educação e por tudo;

Aos meus irmãos, Albertina Passe, Regina Passe, Nelson Passe, Osvaldo Passe, pelo amor fraterno, carinho, força, atenção, alegria proporcionados em todos os momentos.

Ao Professor Thomas Vincent Gloaguen, pela orientação, confiança, paciência, respeito e incentivo durante toda realização deste trabalho, e pelo grande exemplo de profissional e cientista que é;

Ao Professor Dr. Oldair Vinhas Costa, pelo qual tive os primeiros contactos para o ingresso ao programa, o meu muito obrigado.

Ao meu eterno amigo Ringo Benjamim Victor, amigo da trincheira, colega inseparável do trabalho na UPTete (Moçambique), e de carteira na UFRB por fazer parte da minha história, tornando-se além de um amigo um irmão;

Aos estagiários e estudantes de graduação, Jenifer Alessandra, Felipe Paiva, Francisco Modesto, Daiana Souza pela amizade, ajuda em todas as etapas do presente trabalho.

À Equipe do laboratório de Metais Traços, em especial aos estagiários, Capela, Ludmila, Joseane e Edson pela amizade, apoio e companheirismo, À Marcela e Maria pela atenção nas análises e pela paciência.

A todos os professores do Programa do Mestrado em Solos e Qualidades de Ecossistemas, pelos conhecimentos transmitidos na minha formação profissional.

Agradeço de forma especial, a colega Celina Eugenio Bahule pela amizade e ajuda nunca recusada nas análises laboratoriais.

Agradeço à Cesar Augusto Falcão pela grandiosa ajuda na elaboração dos mapas.

Ao Colega Elielson Aquino por toda dedicação e preciosa ajuda no momento do trabalho árduo, porém não menos prazeroso da coleta de solos;

Aos colegas inesquecíveis, Ludmila Amorim, Inácio Jala, Angelina Pedro, Manuel Cassamo, Terezinha Lopes, Ricardo Alessandrino, Victor Brandão, Flavia Moreira, Fabiane Dias, Rivani Ferreira, Taiza Nogueira, Joise Sales, Paula Motta, Aglair Cardoso, Claudia Abreu, Vanuze Oliveira e Gorgiana Bispo pelo apoio, carinho, amizade, e pela oportunidade de compartilhar momentos de muita alegria e aprendizagem durante a formação.

A Fapesb pela concessão da bolsa para o cumprimento dessa etapa de minha vida;

Aos Membros da banca examinadora por aceitarem a participar da banca deste trabalho e pelas considerações feitas, o meu profundo agradecimento.

A todos aqueles que de forma direto ou indireta contribuíram para realização e conclusão deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentração de metais na crosta terrestre e em rochas e solos de diferentes regiões do mundo derivados de diferentes materiais de origem	28
Tabela 2: Generalidades sobre as bacias sedimentares	32
Tabela 4: Características químicas e físicas das amostras de solo das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul para cada classe de solo (PVA: Argissolo Vermelho Amarelo; RQ: Neossolos Quartzarênico; SX: Planossolo; V: Vertissolo)	46
Tabela 6: Teores pseudo total dos metais nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul (PVA: Argissolo Vermelho Amarelo; RQ: Neossolos Quartzarênico; SX: Planossolo; V: Vertissolo).....	52
Tabela 8: Teores pseudo total dos metais nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul por classe textural	54
Tabela 9: Matriz de correlação de Pearson (valores significativos em negrito; $p < 0,0001$), para atributos físico-químicos de solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul.	62
Tabela 10: Matriz de correlação de Pearson (valores significativos em negrito; $p < 0,0001$), para atributos físico-químicos de solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul, na profundidade de 0-20 cm	63
Tabela 11: Matriz de correlação de Pearson (valores significativos em negrito; $p < 0,0001$), para atributos físico-químicos de solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul, na profundidade de 60-80 cm	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa das Bacias do Recôncavo, Tucano Sul. Fonte – (CPRM – 2003)	17
Figura 2. Mapa de localização da área em estudo	33
Figura 3. Mapa de solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul. Fonte (Radam:1981)	39
Figura 4. Mapa das unidades geológicas das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul - Fonte (Radam:1981)	40
Figura 5. Influência da geologia no teor de chumbo no solo.....	57
Figura 6. Variação do teor do Zinco (Zn) nas diferentes classes de solo Erro! Indicador não definido.	
Figura 7. Variação do teor do Cobre (Cu) nas diferentes classes de solo ...	59
Figura 8. Variação do teor do Arsênio (As) nas diferentes classes de solo Erro! Indicador não definido.	
Figura 9. Correlações entre os metais das bacias do Tucano Sul e do Recôncavo	69
Figura 10. Coeficientes de correlação dos teores dos metais com o teor de argila e com o teor de silte nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)	71
Figura 11. Coeficientes de correlação dos teores dos metais com a CTC e com o teor $Ca_{troc}+Mg_{troc}$ nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)	72
Figura 12. Coeficientes de correlação dos teores dos metais com os teores de Fe, Ti, e Mn nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)..... Erro! Indicador não definido.	
Figura 13. Correlações entre teores de Pb e Ti nas profundidades 0-20 cm e 60-80 cm nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido).....	73
Figura 14. Correlações entre teores de Pb e Zn nas profundidades 0-20 cm e 60-80 cm nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido).....	74
Figura 15. Correlações entre teores de V e Mn nas profundidades 0-20 cm e 60-80 cm nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)..... Erro! Indicador não definido.	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. BACIAS SEDIMENTARES E ATIVIDADES ANTRÓPICAS	16
2.1.1. <i>Síntese da formação das bacias sedimentares do Cretáceo na Bahia</i>	16
2.1.2. <i>Atividades antrópicas</i>	17
2.2. BREVE HISTÓRICO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PROTEÇÃO DO SOLO	18
2.3. METODOLOGIAS PARA DEFINIÇÃO DOS VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE	23
2.4. DEFINIÇÃO DE TERMOS ASSOCIADOS AOS METAIS	27
2.5. OS METAIS NO SOLO.....	27
2.6. DINÂMICA DOS METAIS NO SOLO	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. DEFINIÇÃO DAS BACIAS SEDIMENTARES E DOS PONTOS DE COLETA	32
3.2. UNIDADES GEOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	34
<i>Grupo Brotas (Jb)</i>	34
<i>Grupo Santo Amaro (Ksa)</i>	35
<i>Grupo Ilhas (Ki)</i>	35
<i>Formação São Sebastião (Kss)</i>	35
<i>Formação Marizal (Km)</i>	36
<i>Depósitos Aluviais Quaternários (Qal)</i>	36
3.3. UNIDADES PEDOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO	36
3.4. PROCEDIMENTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO	37
3.1. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS AMOSTRAS DE SOLO	43
3.2. DETERMINAÇÃO DOS TEORES NATURAIS DE METAIS NOS SOLOS	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS	44
4.4. CORRELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS	61
4.4.1. CORRELAÇÃO ENTRE FERTILIDADE E METAIS	61
4.4.2. <i>Efeito da textura nos teores dos metais</i>	65
4.4.3. <i>Correlação entre metais</i>	67
5. <i>Efeito do clima nos teores dos metais</i>	70
CONCLUSÃO	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	76

TEORES NATURAIS DE METAIS EM SOLOS DAS BACIAS SEDIMENTARES DO RECÔNCAVO E DO TUCANO COMO SUBSÍDIO AO ESTABELECIMENTO DE VALORES DE REFERENCIAS DE QUALIDADE

Autor: José João Passe

Orientador: Thomas Vincent Gloaguen

RESUMO – O crescimento industrial e populacional tem influenciado os teores de metais pesados nos solos e impactado a qualidade deste recurso. A determinação dos teores naturais é o primeiro passo para definição dos valores de Referencias de Qualidade do solo, os quais são primordiais para a elaboração de uma legislação direcionada ao monitoramento de metais pesados baseados em uma realidade regional. Neste contexto, as agências de proteção ambiental vêm despendendo esforços para o estabelecimento de valores que possam identificar áreas suspeitas de contaminação. Valores de Referência de Qualidade para Solos (VRQs) refletem a concentração natural de uma determinada substância no solo, sem interferência antrópica. O objetivo deste estudo foi determinar os teores naturais de metais pesados nos solos das Bacias Sedimentares do Recôncavo e Tucano, providenciando as bases para a definição dos Valores de Referência de Qualidade desses elementos para o Estado. Foram coletadas amostras de 30 pontos de forma a abranger melhor toda a extensão, nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm em áreas de vegetação nativa (com mínima ou nenhuma intervenção antrópica). A digestão das amostras baseou-se no método EPA 3050 b, e a determinação foi efetuada em espectrofotometria de emissão óptica com plasma de acoplamento induzido (ICP- OES). Realizada as análises, foi montado um banco de geodados com variáveis qualitativas referentes às classes de solos e tipo de material de origem, e quantitativas compondo os resultados químicos e físicos e os teores de metais pesados. Os resultados obtidos indicam amplas faixas de variação para os parâmetros físicos e químicos avaliados. A análise de correlação indica que, de modo geral, os teores de metais pesados foram controlados pela CTC(t), pelos teores de Fe e Mn e pela frações silte e argila. A abundância natural dos metais pesados nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano seguiu a seguinte ordem decrescente: Ti > Fe > Mn > Cr > Cu > V > Ni > As > Zn > Pb. Estes teores variaram em função da ordem de solo, do material de origem e do clima, sendo constatados no Neossolos os teores mais baixos e, nos Vertissolos, os mais altos, para a maioria dos metais analisados.

Palavras-chave: Elementos tóxicos, Contaminação do solo, Poluição do solo, Qualidade ambiental

NATURAL LEVELS OF METALS IN SOILS OF BOWLS OF SEDIMENTARY RECÔNCAVO AND TUCANO HOW TO GRANT REFERENCES QUALITY OF SECURITIES SETTLEMENT

Author: José João Passe

Adviser: Thomas Vincent Gloaguen

ABSTRACT – The industrial and population growth has influenced the heavy metal content in soils and impacted the quality of this resource. The determination of natural levels is the first step in defining the guiding values of soil quality, which are essential for the development of legislation directed to the monitoring of heavy metals based on a regional reality. In this context, environmental protection agencies are expending efforts to establish data which can identify suspicious areas of contamination. Quality Reference Values for Soil (VRQs) reflect the natural concentration of a substance in the ground without human interference. The objective of this study was to determine the natural levels of heavy metals in soil of Sedimentary Basins of the Reconcavo and Tucano, providing the basis for the definition of Quality Benchmarks of these elements for the state. Best samples of 30 points so were collected to cover the entire length, at 0-20 cm and 60-80 cm in areas of native vegetation (with minimal or no human intervention). The digestion of the samples was based on the EPA 3050 method b, and the determination was made in optical emission spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-OES). Held cases, a geodata bank was assembled with qualitative variables related to soil classes and type of source material, and quantitative composing the chemical and physical results and heavy metal content. The results show wide variation ranges for the physical and chemical parameters evaluated. Correlation analysis indicates that, in general, the heavy metal content were controlled by pH, the CTC (t), the contents of Fe and Mn and the silt and clay fraction. The natural abundance of heavy metals in soils of the sedimentary basins of the Reconcavo and Tucano followed the following descending order: Ca> Ti> Fe> Mn> Cr> Cu> V> Ni> The> Zn> Pb These levels varied according to the order of soil, the climate and the source material being found as Neosols and lowest values in Vertissolos, higher, for most metals analyzed.

Keywords: Toxic elements, soil contamination, soil pollution, environmental quality

1. Introdução

O meio ambiente vem sendo colocado como questão internacional prioritária. Por isso, a Organização das Nações Unidas recomenda aos países a realização de ações destinadas a alertar sobre a necessidade de conservação dos recursos naturais e de difusão de tecnologias que visem a reduzir a degradação do meio ambiente. As diferentes atividades humanas provocam impactos ambientais que, em muitos casos, podem colocar em risco o meio ambiente e a própria qualidade de vida das pessoas. Os contaminantes inorgânicos de interesse ambiental que ocorrem naturalmente em solos são genericamente conhecidos por metais.

A distribuição de metais nos solos, sob condições naturais, ocorre de forma generalizada. Entretanto, as atividades antrópicas, podem adicionar materiais que contêm esses elementos nos solos, os quais podem atingir concentrações muito altas, que comprometem a qualidade dos ecossistemas (Davies & Wixson, 1978; Holmgren et al., 1993; Chen et al., 1991).

Para entender plenamente os requisitos impostos pela legislação vigente, os órgãos de monitoramento ambiental necessitam de indicadores capazes de servir como referência para a avaliação continuada dos impactos ambientais causados pelas atividades humanas. No presente caso tais indicadores revestem-se de grande importância, haja vista a influência direta ou indireta que os solos nos rios, lagos, ambientes costeiros, flora e fauna e saúde pública. Nesse sentido, as agências de proteção ambiental propõem o estabelecimento de valores orientadores que permitam identificar áreas poluídas ou contaminadas e, concomitantemente, avaliar o potencial de risco ao meio ambiente à saúde humana (Soares, 2004; CETESB, 2001).

Para que as agências de monitoramento ambiental avaliem os impactos causados pelas atividades antropogênicas com o intuito de prevenir a poluição de solos por metais, o conhecimento dos teores naturais desses elementos é primordial na construção de uma legislação voltada à identificação, monitoramento e intervenção legal de áreas contaminadas, além de dar suporte ao uso da terra, bem como identificar fatores responsáveis pelo aumento nas concentrações de metais na superfície dos solos, em averiguações posteriores (Biondi, 2010), evitando dessa forma, intervenção

inadequada que implique em prejuízos financeiros e sociais (Baize e Sterckeman, 2001). Dessa forma, o Conselho Nacional de Meio Ambiente em sua Resolução nº 420 (CONAMA, 2009) que dispõe sobre o estabelecimento de critérios e valores orientadores referentes à presença de substâncias químicas para a proteção da qualidade do solo, determina que todos os Estados da Federação devem estabelecer seus próprios Valores Orientadores de Referência de Qualidade, em virtude de suas peculiaridades geomorfológicas, pedológicas e geológicas.

O emprego de lista com valores orientadores tem sido prático usual em países que desenvolveram uma eficiente política ambiental para proteção dos recursos naturais. No Brasil, com a crescente demanda social pela melhoria e manutenção de qualidade ambiental, realizaram-se alguns estudos com vista a estabelecer alguns valores orientadores para metais em solos (CETESB, 2001). O estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade nos solos em uma determinada região é de extrema importância na proteção da qualidade dos solos, avaliação de risco, tanto para a saúde humana quanto dos ecossistemas, bem como, para fornecer subsídios e instituir políticas regionais de conservação do solo, com o propósito de auxiliar nas decisões referentes ao controle das áreas poluídas, contaminadas e, ou, suspeitas de contaminação. No entanto, diante da problemática da extensão territorial do Brasil, percebeu-se que um valor de referência de qualidade determinado na região Sudeste, não serviria para tal fim em outras regiões do Brasil, devido às peculiaridades da diversidade geológica e de solos, bem como de clima.

De acordo com o CONAMA (2009), a proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la compativelmente com os usos previstos.

Para o monitoramento de áreas suspeitas de contaminação, o conhecimento dos teores naturais de metais nos solos é essencial. Roca et al. (2008) enfatizam que a obtenção dos teores naturais de metais é primordial ao estabelecimento dos VRQs. Biondi et al. (2011a) afirmam que a determinação dos teores naturais de metais é de extrema importância na definição dos valores orientadores de situações de contaminação, além de serem indispensáveis à construção de uma legislação voltada ao monitoramento

intervenção legal compatível com a realidade local, de forma a se evitar intervenções inadequadas que acabem em prejuízos financeiros e sociais. Para isto, é necessária a coleta de um grande número de amostras de solos, de preferência em áreas de mata nativa, ou locais com mínima influência antrópica, de modo a se obter um conjunto diversificado de solos que representem os mais variados compartimentos geomorfológicos, pedológicos e geológicos da área em estudo.

No Brasil, alguns autores já propuseram alguns valores de referência para predominantemente Latossolos e Argissolos de algumas regiões (Fadigas, 2002; Fadigas, 2006, CARVALHO, 2009; Biondi, 2011; CARVALHO, et al, 2010; JÚNIOR, 2014), mas ainda existem poucos projecto sistemáticos articulados na escala regional e/ou nacional para determinação dos teores naturais de metais, conforme mencionado por Perez et al. (2005), destacando os estudos consolidados no estado de São Paulo (CETESB, 2001).

O Estado da Bahia tem passado nas últimas décadas por um processo de reestruturação de suas cadeias de produção. A intensificação do crescimento industrial, da atividade petroleira e da exploração de minas, além da expansão de áreas agrícolas, e o crescimento populacional oriundo dessas atividades fazem parte dessa reestruturação. Neste contexto, existe a necessidade de pesquisas que assegurem a qualidade ambiental para a população. A determinação dos teores naturais de metais como suporte aos valores orientadores está entre os requerimentos para a manutenção da qualidade dos ambientes. Nesse cenário, o objetivo deste estudo foi determinar os teores naturais de metais nos solos das Bacias Sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul, providenciando as bases para a definição dos Valores de Referência de Qualidade desses elementos para o Estado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bacias sedimentares e atividades antrópicas

2.1.1. Síntese da formação das bacias sedimentares do Cretáceo na Bahia

Bacias sedimentares estão presentes em todos os continentes do planeta e o registro geológico mostra que elas existem desde os primórdios da evolução da Terra. Os greenstone belts arqueanos são bons exemplos, (FEDO et al. 2001), sem contar com as suítes gnáissicas paraderivadas mais antigas, embasamento dos greenstone belts, que, de forma indireta, atestam a ocorrência de bacias sedimentares ainda mais antigas.

A origem das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul estão relacionados geneticamente ao processo de rifteamento, aos esforços distensivos responsáveis pela fragmentação do paleocontinente Gondwana durante o Eocretáceo (Neocomiano), e que foi responsável pela formação do Oceano Atlântico durante o Eoaptiano (Asmuz, 1975). É possível explicar essa tafrogênese através dos modelos de evolução tectônica do rifte Recôncavo Tucano Sul Jatobá: o modelo da microplaca, baseado em Milani (1987); o modelo do megacisalhamento, segundo Cohen; o modelo do deslocamento crustal simples, segundo Uesami et al (1986); o modelo de deslocamento crustal duplo, segundo Castro Jr. (1987) e os modelos de abertura do rifte para os Andares Meso–Rio da Serra e Jiquiá, baseado em Magnavita (1992).

Estas bacias estão situadas nos estados Bahia, Sergipe e Pernambuco, e são formadas por sistema de grábens de direção N–S (Recôncavo–Tucano Sul), que muda abruptamente de direção para E–W, constituindo a Bacia de Jatoba (Figura 1). O sistema compreende essas três bacias, separadas por altos/arcs do embasamento: a Bacia do Recôncavo é limitada a norte pelo Alto de Aporá e seguida pela de Tucano Sul, que é separada da de Jatobá pelo Alto do São Francisco.

A Bacia do Recôncavo consiste de estrutura única, formando meio gráben de direção NNE–SSW, com a borda falhada a sudeste e a flexural a oeste. O seu arcabouço tectônico consiste de falhas sintéticas e antitéticas

paralelas à falha principal (Falha de Salvador, na borda SE) e zonas de transferência NW–SE que acomodam o deslocamento lateral entre blocos crustais (ARAGÃO, 1993).

A Bacia de Tucano Sul é a continuação da Bacia do Recôncavo para norte, além do Alto de Aporá. Encontra-se dividida nas sub-bacias Tucano Sul Sul, Central e Norte, por zonas de transferência. O embasamento das bacias de Tucano Sul Central e Norte mergulham para SE e o preenchimento sedimentar da Bacia de Tucano Sul Central atinge mais de 12.000 m de espessura.



Figura 1. Mapa das Bacias do Recôncavo, Tucano Sul. Fonte – (CPRM – 2003)

2.1.2. Atividades antrópicas

O contexto geológico que deu origem às bacias sedimentares do Recôncavo e de Tucano Sul favoreceu a formação de importantes depósitos de recursos fósseis (gás, petróleo), sendo realizados os primeiros poços de petróleo na bacia do Recôncavo. Além do gás convencional e do petróleo, importantes investimentos estão sendo realizados para investigar a presença

de gás de xisto, sendo priorizadas no Brasil num primeiro momento as bacias do Recôncavo e de Tucano Sul. Essa atividade petrolífera gerou a criação de um pólo petroquímico na região metropolitana de Salvador, e provavelmente crescerá visto incentivo atual à sua ampliação.

Tais atividades, em adição as atividades comerciais e industriais das metrópoles Salvador e Feira de Santana, tornam essa região muito sensível à pressão industrial e demográfica, levando a diversos impactos ambientais, notadamente poluições metálicas (metais presentes nos recursos fósseis e oriundo das indústrias). Além disso, podem ser citadas situações mais pontuais mais de grande impacto, tal como atividades de metalurgia na cidade de Santo Amaro, onde ocorreu a maior poluição urbana de chumbo do mundo, exemplo clássico do efeito da industrialização sobre contaminação e poluição por metais por metais de ecossistemas (águas superficiais e solos).

2.2. Breve histórico das políticas públicas para proteção do solo

A procura por conforto e bem estar é uma das metas a ser atingidas por todos durante o decorrer de nossa sobrevivência. A nossa espécie, Homo sapiens, por sua vez, teve e tem a capacidade, de ao longo de sua existência criar uma série de artifícios, mecanismos e instrumentos, os quais possibilitam até hoje a sobrevivência da espécie, com conforto e bem estar. Entretanto, os artifícios, mecanismos e instrumentos por nós criados, por vezes possuem impactos globais nos ecossistemas. Fato este tem sido verificado especialmente (e de forma mais intensa) após a Revolução Industrial e no Brasil, após a Segunda Guerra Mundial, (SANTOS, 2004).

Diante dos impactos humanos ao planeta Terra principalmente após a criação do Clube de Roma até a realização da histórica Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, a sociedade se deparou com as mais diversas reações e movimentos sociais em prol da manutenção da qualidade ambiental dos ecossistemas terrestres, os quais deram origem a importantes documentos, como o Relatório Limites do Crescimento, Declaração de Estocolmo sobre Meio Ambiente, Relatório Nosso Futuro Comum, Carta da Terra, Convenção da Biodiversidade,

Agenda 21, Protocolo de Quioto, entre outros, além de diversas ações, programas e políticas nacionais e internacionais.

O processo de contaminação, iniciado concomitantemente às primeiras atividades humanas sobre o ambiente, teve um crescimento expressivo com o surgimento da indústria e conseqüente aumento no consumo de energia e matéria prima. O impacto gerado, tanto pela exploração dos recursos naturais quanto pela descarga de resíduos para o ambiente, começou a superar, em muitas regiões, a resiliência do ambiente. A construção deste cenário motivou a preocupação de diversos setores da sociedade, que reconheceram a necessidade de ações para mitigar estes impactos.

No principiar do século passado, diversas ações governamentais refletiram esta preocupação em todo o mundo, como a 1ª Conferencia Internacional sobre o Ambiente e a elaboração de um programa ambiental direcionado à proteção da água e da atmosfera (UNEP), ambos promovidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). Neste mesmo período, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA), criada em julho de 1970, publicou, em 1976, o “Resource, Recovery and Conservation Act” onde estabeleceu um sistema para manejo de resíduos sólidos de maneira ambientalmente adequada. O mesmo movimento, em direção à regulamentação ambiental, ocorreu na União Européia, em suas diretivas de 1976 e 1981, com a elaboração das listas negra e cinza de substâncias perigosas (Vázquez & Anta, 2009).

Até aquela época, o solo era visto como um sistema de elevada capacidade de recebimento de descargas e utilizado como sumidouro de resíduos. Apenas na década de 70 começa-se a perceber a importância do solo como amortizador da contaminação para outros setores da biosfera e a compreender que a resiliência é variável com o tipo de solo e contaminante, havendo a necessidade de estudos mais amplos e legislação específica para sua proteção, como as até então existentes para água e ar (Vázquez & Anta, 2009). Entretanto, apenas em meados da década de 80, surgem as primeiras políticas públicas direcionadas diretamente à preservação do solo. Este recurso passa então a ser visto como um componente primordial do ecossistema a ser preservado, e não apenas um recurso de proteção indireta por normativas para o gerenciamento da qualidade do ar e da água.

Desta forma em 1986 foi criado um dos primeiros regulamentos específicos que foi uma diretriz que regulamentou a utilização de lodos de esgoto em solos da União Européia (Vázquez & Anta, 2009). No Brasil, a criação de órgãos relacionados à defesa ambiental ocorreu na década de 80, como resposta às pressões sofridas após a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo (Suécia), em 1972 (IBAMA, 2009). Em 1981, foram criados o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e seu órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sendo de sua competência estabelecer normas e padrões nacionais de controle da poluição ambiental. Porém, antes deste período, existia um decreto de lei que regulamentava as poluições do ar, das águas e do solo, datado de 1975, entretanto, com pouca utilidade prática, visto que não estabelecia limites de emissão de contaminantes (Câmara dos Deputados, 2010). A primeira normativa do CONAMA relacionada diretamente à regulamentação da entrada de resíduos potencialmente contaminantes do solo, datada de 2002, referia-se a disposição final dos resíduos sólidos urbanos (IBAMA, 2009; CONAMA, 2009).

Atualmente, o CONAMA estabelece valores orientadores de qualidade do solo para substâncias tóxicas, baseado em dados obtidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que foi um marco na história da proteção do solo no Brasil por legitimar uma preocupação crescente da sociedade com a qualidade deste recurso.

2.2.1. Valores orientadores de qualidade de solo

A preocupação no âmbito da preservação da qualidade dos solos gerou a necessidade do estabelecimento de valores orientadores de qualidade que permitam identificar áreas contaminadas e, concomitantemente, avaliar o potencial de risco ao meio ambiente e à saúde humana (CETESB, 2001; Soares, 2004; Biondi, 2010).

Valores orientadores são valores pré-estabelecidos que permitem determinar a ausência de contaminação ou conhecer o nível desta em um solo. Em todo o mundo utilizam-se várias terminologias para este termo,

estabelecendo-se, geralmente, faixas de valores indicativos das diferentes condições do metal nos solos. A legislação brasileira estabelece três valores orientadores distintos: Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQs), de Prevenção (VP) e de Investigação (VI) (CONAMA, 2009). Estes valores são baseados na análise dos solos sob condição natural (sem nenhuma ou mínima interferência antrópica), e em análise de risco, e são conceituados abaixo.

Valor de Referência de Qualidade (VRQs): também conhecido como background geoquímico, é baseado na avaliação dos teores naturais dos metais nos solos, sem a influência de atividade humana.

Valor de Prevenção (VP): Valor intermediário entre o VRQ e o valor de investigação (VI), é o valor limite de metal no solo, que não interfere em sua capacidade de comprometer suas funções: sustentador da diversidade biológica e dos ciclos biogeoquímicos, meio para a produção de alimentos e matéria prima, regulador da dispersão de substâncias contaminantes no solo mediante sua atuação como filtro e tampão ambiental. No caso deste valor ser alcançado será requerido o monitoramento e avaliação da causa deste alto teor, tornando-se determinante para extinção de possíveis fontes de contaminação na área, ou verificação da existência de teores naturais atípicos.

Valor de Investigação (VI): refere-se ao valor acima do qual existem riscos potenciais à saúde humana e ao desenvolvimento dos demais organismos vivos. Ocorrendo valores acima ao VI, medidas emergenciais são requeridas na área, visando o gerenciamento da contaminação de forma a remediar e reduzir o risco de poluição, reduzindo assim, as vias de exposição, restringindo o acesso de pessoas à área.

O emprego dos valores orientadores tem sido prática usual em países que desenvolveram uma eficiente política ambiental para proteção dos recursos naturais. A Holanda foi o primeiro país a formalizar um programa nacional para avaliação de contaminação e estabelecimento de níveis de investigação, possuindo uma preocupação marcante com o meio ambiente como um todo e não apenas com os seres humanos, ou seja, considerava a multifuncionalidade. Após a Holanda, países como China (Chen et al., 1991), Áustria e Alemanha (Kabata-Pendias & Pendias, 2000), Polônia (Galuszka, 2007), Itália (Bini et al., 2011) e Nova Zelândia (McDowell et al, 2013) também

definiram seus valores orientadores. Grandes programas foram realizados tais como “Guia Internacional de Recomendação para Mapeamento Geoquímico” ou ainda o Atlas Geoquímico da Europa (Darnley et al., 2005; Salminen et al., 2005).

No Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB foi pioneira neste tipo de pesquisa, e após avaliação e comparação entre as metodologias para derivação de lista genérica nas várias legislações existentes, a CETESB elegeu a metodologia holandesa como base para o estabelecimento de valores orientadores para o Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

Até o momento, poucos foram os estados brasileiros a desenvolver estudos sobre os teores orientadores, a exemplo, São Paulo (CETESB, 2001), Minas Gerais (Caíres, 2009), Espírito Santo (Paye et al, 2010), Pernambuco (Biondi, 2010), proposição de valores de referência em solos brasileiros, sobretudo Argissolos e Latossolos (Fadigas, 2002; Fadigas, 2006), e solos da formação Barreiras do Terciário (Fadigas, 2011), Mato Grosso e Rondônia (Santos & Alleoni, 2013) e Rio Grande do Norte (Costa, 2013)

O uso de VRQs internacionais, ou do Estado de São Paulo, pode levar a avaliações inadequadas, pois existem diferenças nas condições climáticas, geológicas e pedogeomorfológicas de cada país e estado, justificando o desenvolvimento de listas orientadoras próprias, compatíveis com a característica de cada um deles (Alloway, 1990; Kabata-Pendias & Pendias, 2001; Alleoni et al., 2005). Por este motivo, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 420, de 29 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas, estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias, em decorrência de atividades antrópicas, exige que cada Estado da federação estabeleça seus próprios valores de referência de qualidade, em virtude das peculiaridades regionais.

2.3. Metodologias para definição dos Valores de Referência de Qualidade

A determinação dos teores naturais de um determinado elemento é o método mais simples e direto para o estabelecimento de valores orientadores e, por isso, deve ser realizado de forma criteriosa. Reconhecida a importância de estabelecer os valores de referência de qualidade para os metais, é fundamental uniformizar as metodologias de coleta, preparo de amostras, análise do solo e análises estatísticas que devem ser estabelecidas com base em uma proposta de trabalho nacional.

A legislação brasileira definiu através da resolução nº420/2009 do CONAMA, os procedimentos para o estabelecimento dos VRQs para substâncias inorgânicas de ocorrência natural no solo. No anexo 1 da referida resolução, encontra-se definidos os critérios de amostragem e métodos de extração para determinação de dos elementos químicos.

A primeira etapa para a determinação dos VRQs é a obtenção dos teores naturais, uma vez que a International Organisation for Standardisation (ISO, 2005) recomenda que o background ambiental (VRQ) de uma substância ou metal no solo seja definido como um parâmetro da distribuição de frequência dos teores usualmente encontrados, ou seja, dos teores naturais destes elementos no solo (Zhao, 2007).

A normalização de dados para a determinação de Valores de Referências e Qualidade pode ser realizada seguindo diversas metodologias (Matschullat et al. 2000). Alguns grupos de pesquisa em todo o mundo tratam seus dados a partir de percentil (Visser, 1990; CETESB, 2001; Fadigas, 2006), normalmente 90-95 quartil, ou seja, um ordenamento crescente dos dados é estabelecido, e consideram-se os 10 ou 5% dos valores superiores como anômalos, estabelecendo o valor que ocupa a posição indicada como referência de qualidade. Outro critério utilizado é o do quartil superior, ou seja, 75º percentil, onde existe a tentativa de normalizar a distribuição dos dados, pela exclusão dos 25% dos valores mais elevados, que são considerados anomalias (CETESB, 2001). Entretanto estas aplicações são apropriadas em casos onde ocorre uma avaliação de teores naturais partindo de uma amostragem aleatória, onde a variabilidade está presente nos dados e precisa ser avaliada, não sendo adequada em um caso específico: onde se utiliza um

conjunto de solos sabidamente distintos e que refletem a diversidade de uma região, como pela utilização de um conjunto de solos de referência.

As unidades amostrais para determinar os VRQs não devem considerar exclusivamente às unidades de mapeamento de solos, mas identificar os tipos de solos e material de origem representativos da região, de modo a se obter um conjunto de tipos de solos que representem os compartimentos geomorfológicos, pedológicos, geológicos mais representativos do estado em áreas de vegetação nativa com mínima ou nenhuma intervenção antrópica (CONAMA, 2009). Para isto, é necessário o conhecimento prévio dos elementos químicos e das condições ambientais prevalentes. A análise representativa da diversidade dos solos do Estado possibilita a extrapolação dos resultados obtidos sem que haja a necessidade da determinação de um grande número de amostras, nem a exclusão de amostras de teores naturais mais elevados, que seriam tratados como anomalias (Biondi, 2010). Dessa forma, deve-se coletar um número suficiente de amostras dentro de uma mesma unidade de mapeamento, de modo a abranger toda a variabilidade geoquímica das formações geológicas, informação esta, dependente do executor da pesquisa.

A amostragem exige conhecimento específico de métodos exploratórios que, preferencialmente, devem possuir baixa relação custo/área pesquisada, visto que, grande número de amostras coletadas resultaria em elevado custo, fato que resulta em desenvolvimento de métodos semi-quantitativos de rápida execução, com custo significativamente inferior. Após homogeneização e secagem, os parâmetros a serem avaliados são: pH em água, capacidade de troca de cátions (CTC), quantidade de matéria orgânica, e teores de areia, silte, argila e de óxidos de alumínio, ferro e manganês (Chen et al., 1999; CETESB, 2001; CONAMA, 2009), pois estas características afetam a retenção e mobilidade dos metais (Matos, 1995).

Outra possibilidade para determinação dos VRQs seria a determinação dos teores em horizontes mais profundos, com menor possibilidade de contaminação, como o horizonte C, associado à aplicação de correção pela análise de elementos de referência (Al, Fe, Ti e Mn), mediante a observação da variação na concentração deste elemento como um indicativo da intensidade

de atuação dos processos de gênese (Teng et al., 2001; Zhao et al., 2007, Teng et al., 2009).

A seleção adequada do procedimento de preparo e decomposição de amostras é etapa crítica dentro de um processo visando o diagnóstico ambiental. Há um consenso de que a determinação dos teores “totais” produz poucas informações úteis em relação ao potencial de contaminação destes elementos. Neste contexto, os métodos “pseudo-totais” são considerados mais adequados para determinação dos VRQs, pois refletem com maior aproximação a disponibilidade ambiental dos metais presentes no solo (Scancar et al., 2000). As metodologias analíticas mais utilizadas são as determinações em água régia e os métodos de abertura preconizados pela Agência Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA).

Atualmente, ao analisarmos a literatura nacional e internacional, observamos uma gama de digestões ácidas que vão desde a água-régia, com várias relações entre os ácidos, tempos e temperaturas de digestão, em sistema aberto até a utilização de ácido fluorídrico em sistema fechado, neste caso considerada uma digestão total, devido à destruição das matrizes silicatadas (Saldanha et al., 1997; Caires, 2009, Chen & Ma, 1998a). As mais utilizadas são as determinações em água régia e os métodos de abertura preconizados pela USEPA (3050, 3051, 3051A e 3052). Diferença sensível na recuperação dos metais é verificada com o emprego de cada um destes métodos (Akker & Delft, 1991; Saldanha et al. 1997; Chen & Ma, 1998; Tam & Yao, 1999; Scancar, 2000; Chen & Ma, 2001; Campos et al., 2003; Tigle et al., 2004; Chander et al., 2008; Caires, 2009), muitas vezes com baixa correlações entre eles, indicando uma possível dependência da recuperação do metal com a composição mineralógica do solo e natureza do metal.

Esta diversidade de métodos dificulta a comparação dos dados obtidos, sendo necessário que as agências regulamentadoras normatizem o método utilizado na determinação de teores naturais, possibilitando a comparação com os valores orientadores. O CONAMA, em sua normativa 420 de dezembro de 2009 realiza um avanço ao estabelecer os métodos 3050b e 3051a do EPA, e suas atualizações, como métodos padrões para a obtenção dos teores de metais em solos do Brasil, para comparação com os VRQs. Por estas razões, o

presente trabalho utiliza o método 3050b, em consonância com a recomendação da resolução vigente no país.

Técnicas estatísticas univariadas para estabelecimento dos VRQ apresentam algumas limitações, sendo estas relacionadas à diversidade dos atributos físicos e químicos dos solos, que são determinantes na distribuição dos metais. Portanto, a definição dos VRQs a partir das médias ou dos intervalos globais de concentração carece de significado, uma vez que há grande variabilidade desses teores entre os diferentes tipos de solo (Fadigas et al., 2006).

Muitos pesquisadores propõem o uso de técnicas de análise estatística multivariada para melhor entendimento e estratificação do ambiente. Análises como componentes principais, análise de agrupamento e análise discriminante apresentam potencial para estudos geoquímicos (Oliveira et al., 1998; Fadigas et al., 2002, CARVALHO, 2009) e de inter-relações entre atributos de solo e no estabelecimento dos valores de referência de qualidade para metais em solos (Oliveira et al., 1998; Yu et al., 2001; Fadigas et al., 2002; Yongming et al., 2005).

Segundo Demétrio (2002), as técnicas de análises multivariadas possibilitam a interpretação simultânea de um grande número de variáveis, levando-se em consideração as correlações existentes entre elas. Isto porque tais técnicas permitem a redução de dados sem comprometer a informação inicial, identificam grupos de variáveis semelhantes, além de verificarem as relações entre as variáveis.

Paye et al. (2012) estudando métodos de análise multivariada no estabelecimento dos valores de referência de qualidade de metais em solos do Espírito Santo, verificou que o uso da análise de agrupamento possibilitou a formação de quatro grupos de solos e diminuiu a variabilidade dos teores de metais pela formação de grupos homogêneos, além de evidenciar a relação dos diferentes solos em um mesmo grupo com a pedologia e o material de origem. Caires (2009) verificou que a análise das componentes principais e discriminante possibilita melhor entendimento da diferença geoquímica de metais e atributos físicos e químicos entre as classes de solos originados de rochas metamórficas/ ígneas do Estado de Minas Gerais.

2.4. Definição de termos associados aos metais

O termo “metal pesado” vem sendo bastante utilizado na literatura científica (Santos & Alleoni, 2012). Os metais pesados formam um grupo heterogêneo de elementos que englobam alguns metais (massa volumétrica = 6 g cm^{-3}), metalóides e não-metais. No entanto, não exista nenhuma definição consensual, regulamentada por entidade científica especializada, como a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).

São também utilizados os termos “elemento-traço” ou “metal-traço”, porém, de acordo com a química quantitativa também poderiam ser inadequados, considerando que, sendo o termo “traço” se referindo a concentrações muito baixas detectáveis somente por técnicas instrumentais de alta precisão, não poderiam ser enquadrados para solos que eventualmente teriam teores de metais naturalmente elevados.

Os elementos Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn são metais de transição, porém, investigações ambientais incluem geralmente outros metais, tal como o metal chumbo (pós-transição) ou ainda o elemento não-metálico ou metalóide arsênio, que podem vir a constituir uma fonte potencial para a poluição ambiental, devido às propriedades prejudiciais que estes apresentam, tais como a bioacumulação (SANTANA, 2010).

O termo “metais” será utilizado no trabalho para designar um grupo de elementos químicos potencialmente tóxicos que inclui metais de transição (Cr, Ni, Cu, Zn), outros metais (Pb).

2.5. Os metais no solo

A distribuição de metais nos solos, sob condições naturais, ocorre de forma aleatória, mas generalizada, em todos os solos. Eles, são constituintes naturais dos minerais primários. Estes elementos são incorporados na estrutura cristalina por substituição isomórfica durante a sua cristalização (Alloway, 1990). Componentes naturais de rochas e solos, os metais ocorrem normalmente em baixas concentrações, em formas pouco disponíveis, não representando riscos ao homem, animais e plantas (Zhao et al., 2007; Lu et al., 2012). Após serem liberados das rochas pelos processos intempéricos, em razão de possuírem eletronegatividades, raios iônicos e estados de oxidação

distintos, os metais podem ser: precipitados ou co-precipitados com os minerais secundários, adsorvidos à superfície destes minerais (argilas silicatadas ou óxidos de Fe, Al e Mn), à matéria orgânica presente no solo, ou, ainda, complexados e lixiviados pela solução do solo (Alleoni et al., 2005).

É consenso na comunidade científica o fato de que os teores naturais de metais no solo são reflexos dos teores do material de origem e dos processos pedogenéticos. Por isso, a influência do material de origem sobre os teores de metais tem sido relatada por diversos pesquisadores como sendo determinante para distribuição desses elementos nos solos de diversas regiões (Alloway, 1990; Kabata-Pendias & Pendias, 2001; Alleoni et al., 2005; Biondi et al., 2011) (Tabela1).

Ferreira et al. (1994) atribuem ao material de origem o componente principal na distribuição dos metais, mesmo em condições severas de intemperismo definindo níveis característicos e representativos dos materiais que deram origem ao solo.

Tabela 1: Concentração de metais na crosta terrestre e em rochas e solos de diferentes regiões do mundo derivados de diferentes materiais de origem

Metais	Rochas ígneas ⁽¹⁾			Rochas sedimentares ⁽¹⁾			Solos do mundo ⁽²⁾
	Ultramáficas	Máficas	Graníticas	Carbonato	Arenito	Pelíticas	
	-----mg kg ⁻¹ -----						
As	1	1,5	1,5	1	1	13	-
Cd	0,12	0,13	0,009	0,028	0,05	0,22	-
Co	110	35	1	0,1	0,3	19	1,4-10-27
Cr	2980	200	4	11	35	90	12-67-221
Cu	42	90	13	5,5	30	39	8-24-80
Hg	0,004	0,01	0,08	0,16	0,29	0,18	-
Mn	1040	1500	400	620	460	850	80-558-1315
Mo	0,3	1	2	0,16	0,2	2,5	-
Ni	2000	150	0,5	7	9	68	6-24-92
Pb	14	3	24	5,7	10	23	8-29-67
Zn	58	100	52	20	30	120	17-67-236

⁽¹⁾ Valores para crosta terrestre e rochas são expressos como médias (Alloway, 1990).⁽²⁾ Valores para solos do mundo são expressos como mínimo-média-máximo (Kabata Pendias & Pendias (2001).

Solos derivados de rochas máficas (ricas em minerais ferromagnesianos) apresentam, em geral, maiores teores de metais comparados com solos derivados de rochas ácidas (ricas em feldspatos e sílica) e, principalmente, em relação a solos desenvolvidos de rochas sedimentares, tais como argilitos, siltitos e arenitos (Oliveira, 1996; Oliveira et al., 2000).

Rochas ultramáficas contêm em sua composição Fe, Co, Ni, Au e Cr, os quais decrescem em abundância nos basaltos e granitos. Enquanto os demais metais (Cu, Zn, Hg, Ag, Cd, S, As, Sb, Ti, V e Pb) ocorrem principalmente nos basaltos e nas rochas de composição intermediária (andesitos), sendo empobrecidos em rochas ultramáficas e nos granitos com pouco Ca (Alleoni et al., 2005).

2.6. Dinâmica dos metais no solo

A retenção dos metais é controlada por reações de adsorção, precipitação e complexação, afetando assim, a sua solubilidade e mobilidade (Khan et al., 2000). De acordo com Alloway (1995), a adsorção é provavelmente o processo mais importante na química dos metais no solo.

Mudanças nas condições ambientais, tais como: pH, potencial redox, capacidade de troca catiônica (CTC), superfície específica, textura, quantidade e qualidade da matéria orgânica, composição mineral (conteúdo e tipos de argilas e de óxidos de Fe, Al e Mn), o tipo e a quantidade de metais e a competição iônica podem causar a mobilização dos metais da fase sólida para a fase líquida, favorecendo assim uma possível contaminação (Kabata-Pendias & Pendias, 2001; Alleoni et al., 2005; Antoniadis et al., 2008; Santos et al., 2010).

O conhecimento da dinâmica de metais nos solos possibilita a utilização de práticas preventivas e/ou mitigadoras mais eficientes de forma a gerenciar a disponibilidade destes elementos, distribuição no ambiente e transferência para a cadeia alimentar. Ao contrário dos contaminantes orgânicos, a maioria dos metais não sofre degradação microbiana ou química, e, por isso, as concentrações no solo persistem por um longo período após a sua entrada (Guo et al., 2006). O conhecimento das formas iônicas do metal presentes na

solução (especiação química) e sua reação com a superfície coloidal do solo são bons indicativos da mobilidade e toxicidade do elemento. A especiação de um elemento no solo é controlada pela atividade iônica da solução (concentração de outros íons), presença de íons e moléculas com os quais formam complexos (Alleoni et al., 2005), fase sólida contendo o elemento e em equilíbrio com a solução do solo, condição redox e pH do solo, sendo este último o fator que mais altera a especiação dos metais no solo.

Os efeitos do pH nos processos de adsorção, solubilidade e mobilidade dos metais no solo são bastante conhecidos (McBride, 1994; Chaves et al., 2008; Zhao et al., 2010). O pH do solo influencia a geração de cargas do adsorvente (cargas negativas ou positivas) e a especiação dos metais (Chaves et al., 2008). Em geral, a adsorção de metais é pequena a valores baixos de pH. A elevação do pH favorece o aumento das cargas negativas na superfície dos colóides, regulando a magnitude da adsorção nesses solos, e, conseqüentemente, sua capacidade de adsorção de metais, visto que, as cargas negativas na superfície originadas pela desprotonação dos componentes do solo tendem a ser balanceadas pelos metais (McBride, 1994; Casagrande et al., 2004; Arias et al., 2005).

O potencial redox exerce grande influência no potencial de contaminação do solo, pois, as reações de oxirredução podem influenciar na forma química de alguns metais como As, Pb, Cu, Cr, Hg e Ag (Camargo et al., 2001). Um exemplo das reações de oxirredução em ligantes inorgânicos é o caso dos óxidos de Fe e Mn, que ao sofrerem redução tornam-se mais solúveis (Souza et al., 2006). De modo geral, as formas reduzidas dos metais possuem maior solubilidade, ou seja, ocorre aumento na possibilidade de lixiviação do metal no solo e contaminação do ambiente (Alloway, 1990).

Metais em solução existem na forma de íons livres (hidratados) ou em associação com íons ou moléculas, formando pares iônicos ou complexos, menos tóxicos que os primeiros (Guilherme et al., 2005). Os metais nas formas catiônicas e em complexos de sulfato, de modo geral, são importantes em solos ácidos, enquanto carbonato e complexos de borato são predominantes em ambientes alcalinos. Os estados de oxidação indicam as principais interações a que o metal está sujeito, afetando sua estabilidade, mobilidade e risco de contaminação do ambiente.

A interação entre formas químicas dos metais presentes na solução do solo e a superfície de argilominerais e colóides orgânicos do solo, denominada adsorção, é o processo químico que mais altera a disponibilidade de metais no ambiente (Alloway,1990). Este processo de elevada seletividade garante que concentrações de metais superiores a capacidade de troca catiônica sejam adsorvidos pelo solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Definição das bacias Sedimentares e dos pontos de coleta

A área de estudo se insere nas bacias sedimentares do Recôncavo e do Tucano Sul. A Bacia do Recôncavo está situada na região nordeste do Brasil e ocupa uma área de aproximadamente 11500 km² (Tabela 2). Seu limite leste é definido pela Falha de Salvador, que apresenta forte mergulho na direção NW e rejeito de até 6000 metros. O limite oeste corresponde à Falha de Maragogipe, com um deslocamento vertical de aproximadamente 200 m. O limite norte é definido pelo Alto de Aporá, enquanto que o limite sul é marcado pela Falha da Barra. Ela corresponde à porção sul de um aulacógeno intra-continental que se estende para norte, englobando as bacias do Tucano Sul e Jatobá, formando o Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ). Em seu arcabouço estrutural, a bacia possui a forma de meio-gráben, com seu depocentro próximo a borda leste e mergulho geral das camadas para SE. Na bacia do Recôncavo, o estudo foi realizado em 10 municípios (Figura 2).

De acordo com a classificação de Koppen o clima da região do Recôncavo da Bahia é tropical quente e úmido sem estação seca, chuvas predominantes no inverno, precipitação média anual de 1900 mm e precipitações maiores em abril e agosto (Guedes & Santos, 1997). No interior da baía, os ventos são geralmente nordestes no verão e sudestes no inverno. A temperatura média anual é de 25° C, com amplitude térmica de 5,5° C, temperaturas máximas de 28° C e mínimas de 22,8° C (CRA, 2001).

Tabela 2: Generalidades sobre as bacias sedimentares

Descrição	Bacias Sedimentares	
	Recôncavo	Tucano Sul
Área	11500 km ²	7000 km ²
Clima	Tropical quente e úmido	Semiárido
Precipitação média anual	1900 mm	580 mm
Temperatura média anual	25,0 ° C	24,7 ° C
Nº de municípios coletados	10	4
Nº de pontos coletados	15	15

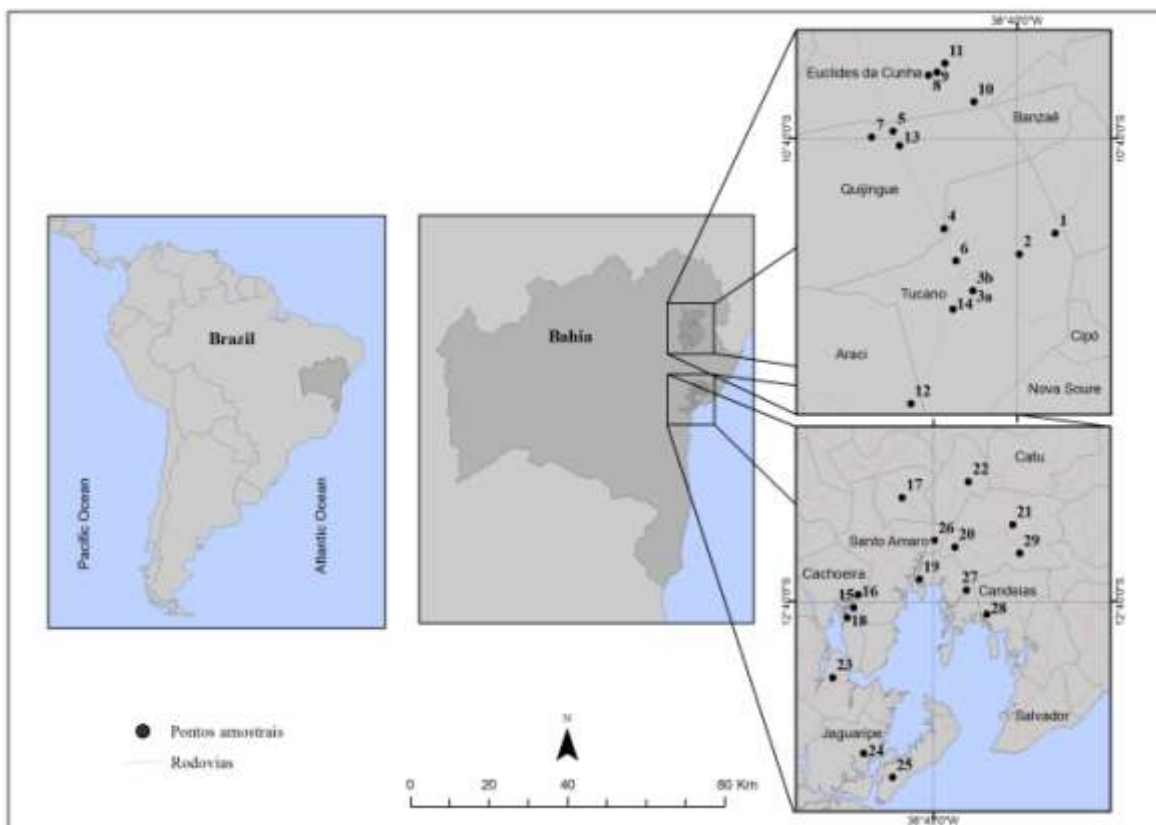


Figura 2. Mapa de localização da área em estudo

A bacia sedimentar do Recôncavo e Tucano sul possui uma ampla gama de rochas sedimentares que variam bastante do ponto de vista textural, compreendendo basicamente folhelhos, siltitos, argilitos, arenitos, calcários e conglomerados, que foram, de maneira bastante genérica, depositados em ambiente flúvio-lacustrino com ocasionais retrabalhamentos eólicos, (Freitas et al. 2002).

A geomorfologia local foi descrita por Brazão (1981) e Guedes & Santos (1997), que concluíram que as terras do Recôncavo Baiano possuem relevo relativamente plano e formam um ambiente estuarino – lagunar úmido, propício ao desenvolvimento de Mata Atlântica – Floresta Ombrófila densa e seus ecossistemas associados, entre os quais destaca-se o manguezal, que recobre cerca de 30% da extensão costeira da baía. A vegetação encontra-se fortemente degradada pelo uso intensivo a que foi exposta desde a colonização da baía.

A bacia de Tucano Sul é a continuação da bacia do Recôncavo para norte, além do Alto de Aporá e corresponde uma parte do semiárido Brasileiro.

Encontra-se dividida nas sub-bacias Tucano Sul, Central e Norte, por zonas de transferência. O embasamento das bacias de Tucano Sul Central e Norte mergulham para SE e o preenchimento sedimentar da Bacia de Tucano Sul Central atinge mais de 12.000 m de espessura. Na bacia do Tucano Sul, o estudo foi realizado em 4 Municípios (Euclides da Cunha, Quinjingue, Araci e Tucano) (Figura 2).

Os município estão incluídos no “Polígono das Secas”, apresentando um clima do tipo megatérmico semi-árido, com temperatura média anual de 24.7°C, precipitação pluviométrica média no ano de 580 mm e período chuvoso de março a maio, com intervalos de estiagem prolongados por até dois anos.

3.2. Unidades Geológicas na área de estudo

Segundo o Radam (1981), na área estudada encontram-se as seguintes unidades geológicas: Grup Brotas, Grupo Ilhas, Formação Marizal, Grupo Santo Amaro, Formação São Sebastião, e Depósitos Quaternários (Mapa 4)

Grupo Brotas (Jb)

Estratigraficamente, o Grupo Brotas foi subdividido por em duas formações: Aliança e Sergi. A Formação Aliança, unidade basal deste grupo, congrega os membros: Afligidos, Boipeba e Capianga, O Membro Afligidos compõe-se principalmente de folhelhos, lamitos e siltitos, vermelhos e marrons, localmente com lâminas estriadas de argila branca e mosqueações verdes. O Membro Boipeba é caracterizado pela comum ocorrência de arenitos cinza-esbranquiçado, vermelhos, marrons e vermelho-amarelados, finos a médios, micáceos e feldspáticos. O Membro Capianga constitui-se de folhelhos avermelhados, cinza-esbranquiçado e localmente manchados de verde, quebradiços, muito micáceos, com ocasionais intercalações de calcário microcristalino. A Formação Sergi possui extensa distribuição areal, com maiores espessuras no sul do Recôncavo, destacando-se na paisagem pelo relevo de *cuernas* que comumente apresenta, É constituída de arenitos finos a conglomeráticos, de coloração pardo-amarelada, cinza-esverdeado e avermelhada, regularmente a mal selecionados, argilosos, pouco feldspáticos, raramente micáceos e caulínicos e com freqüentes marcas de onda e

estratificações cruzadas, Abundantes são as variações laterais, mediante interdigitações e interestratificações de camadas de folhetos e siltitos vermelhos e verdes.

Grupo Santo Amaro (Ksa)

Consiste litologicamente de folhelhos e siltitos fossilíferos, esverdeados a cinza esverdeado, com delgadas camadas de calcário microcristalino um corpo de arenito fino-médio, bem selecionado, culminando a seqüência com um seção argilosa, com leitos de carbonatos impuros e bancos de siltitos e folhelhos argilosos castanhos e vermelho-escuros. Capeando toda a sequencia, ocorre um arenito de coloração cinza-esbranquiçado a esverdeada, fino a médio, quartzoso, regular a bem selecionado, localmente com estratificações cruzadas. A Formação Candeias reúne, basicamente, folhelhos e lamitos, micáceos, duros e fossilíferos, além de siltitos micáceos e arenitos finos, calcíferos, seguidos de siltitos e lamitos escuros com arenitos calcíferos subordinados, na porção superior, ocorrem camadas de folhelhos micáceos e calcíferos e arenitos maciços, finos, com bolas de argila e fragmentos de folhelho.

Grupo Ilhas (Ki)

O Grupo Ilhas, datado do Cretáceo Inferior, possui distribuição restrita. Geomorfologicamente, esta unidade é representada por tabuleiros semiplanos, com altitudes entre 100 e 120 m. Litologicamente, esta unidade compõe-se, fundamentalmente, de arenitos finos a sílticos, mal selecionados, localmente bastante argilosos, com frequentes intercalações de siltitos e folhelhos, a porção superior caracteriza-se, de uma maneira geral, por arenitos, folhelhos, siltitos e calcários criptocristalinos intercalados.

Formação São Sebastião (Kss)

Esta formação é bem caracterizada na área por arenitos bem estratificados, algumas vezes maciços, de coloração branca a amarelada. Os grãos apresentam-se, de maneira geral, subarredondados, de fração média a grossa, às vezes com alguns níveis cascalhosos que são sustentados por uma matriz siltico-argilosa algumas vezes caulim. A formação se apresenta no espaço geralmente em áreas rebaixadas planas, inclusive nos vales de fundo chato, ou naquelas com relevo suavemente ondulado.

Formação Marizal (Km)

A Formação Marizal tem como característica, um conglomerado basal e arenitos variegados, argilitos e siltitos com espessura não maior que 50 m, (SANTOS, 2010).

Os arenitos são caulíníticos maciços ou com estratificação cruzada em certos níveis. Apresentam cores variegadas, cinza-esbranquiçada e amarelo-avermelhada, são de finos a grosseiros, mal selecionados, subangulares a subarredondados, quartzosos e feldspáticos. Seus conglomerados podem ser vistos em sua parte inferior com matriz arenítica abundante (quartzo-caulínítica). São irregulares e estão intercalados aos arenitos citados anteriormente. Os fenoclástos são predominantemente de granulitos e subordinadamente de quartzitos, quartzo de veio, e litoclástos de sedimentos subjacentes, mal selecionados e arredondados. (SANTOS, 2010).

Depósitos Aluviais Quaternários (Qal)

Os sedimentos desta unidade referem-se a aluviões de idade holocênica, transportados como carga de fundo e depositados nos leitos dos rios que cortam a região. A sua constituição litológica varia principalmente em função do relevo, onde, nas áreas dos vales abertos situadas na porção central ocorrem normalmente sedimentos lamosos associados com matéria orgânica. Já nos vales de fundo chato, situados na zona que bordeja a área de estudo, coexistem areias finas e lamas com matéria orgânica.

3.3. Unidades Pedológicas na área de estudo

Com relação à pedologia, identificou-se a predominância de cinco classes de solos: Argissolos, Neossolos Quartzarenico, Vertissolos e Planossolos (Figura 3), descritos a seguir: (1) Argissolos - solos com horizonte B textural, com argila de atividade baixa ou argila de atividade alta, (2) Neossolos Quartzarenico - solos originados de arenitos ou depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade. São constituídos essencialmente de grãos de quartzo, sendo por conseguinte, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistente ao intemperismo. (3) Vertissolos - solos com teor de argila de, no mínimo, 30%

nos 20 cm superficiais, fendas verticais no período seco, com pelo menos 1 cm de largura, atingindo, no mínimo, 50 cm de profundidade, exceto no caso de solos rasos, onde o limite mínimo é de 30 cm de profundidade, e (4) Planossolo háplico eutrófico compreende solos com horizonte superficial (A) de textura arenosa, estrutura fraca, bem drenado e subsuperficial (B) argilosa com drenagem imperfeita.

3.4. Procedimentos de coleta das amostras de Solo

Pressupondo que os teores de metais são fortemente influenciadas pelo material de origem, os pontos de coleta de amostragem foram localizados nos diferentes unidades geológicas, sendo 3 locais por unidade para cada bacia em áreas de vegetação nativa, totalizando 30 pontos de coleta, repartidos nas principais classes de solos (Mapa 3)

As técnicas de amostragem, tratamento e análises das amostras do solo seguiram os protocolos internacionais padronizados na área da Geoquímica de Superfície elaborados pelos programas da International Union of Geologic Science (IUGS) e International Association of Geochemistry (IAGC), disponíveis em Darnley et al. (2005) e em Salmine et al. (2005). Para realizar o estudo, foram utilizadas amostras de solo, correspondendo aos horizontes A e B (ou C) nas áreas previamente selecionadas através de estudos cartográficos e bibliográficos. As amostras de solo foram coletadas em áreas sob mínima ou nenhuma atividade antrópica, sob vegetação natural, em dois horizontes: (1) Horizonte A, camada de 0,0 a 0,20 m, excluindo o húmus, e (2) Horizonte C, camada de 25 cm de espessura na maior profundidade alcançada entre 50 e 200 cm. Essa segunda profundidade foi padronizada neste estudo a 60-80 cm.

Para cada ponto de amostragem, foi necessário realizar uma amostra composta com 10 sub-amostras de 1kg, respeitando uma distância mínima entre sub-amostras de 5 m. A coleta foi realizada com trados de aço inox, previamente descontaminados com ácido nítrico a 10% e enxaguado com água deionizada antes cada ponto de coleta, sendo um trado para cada profundidade afim de evitar contaminação de metais entre o solo superficial e o solo sub-superficial.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno, previamente lavados com ácido nítrico a 10 % e água deionizada e conduzidas ao laboratório de solos da UFRB. O material foi submetido a secagem à temperatura ambiente 25 a 30°C (40°C), quarteado em quarteador de inox.

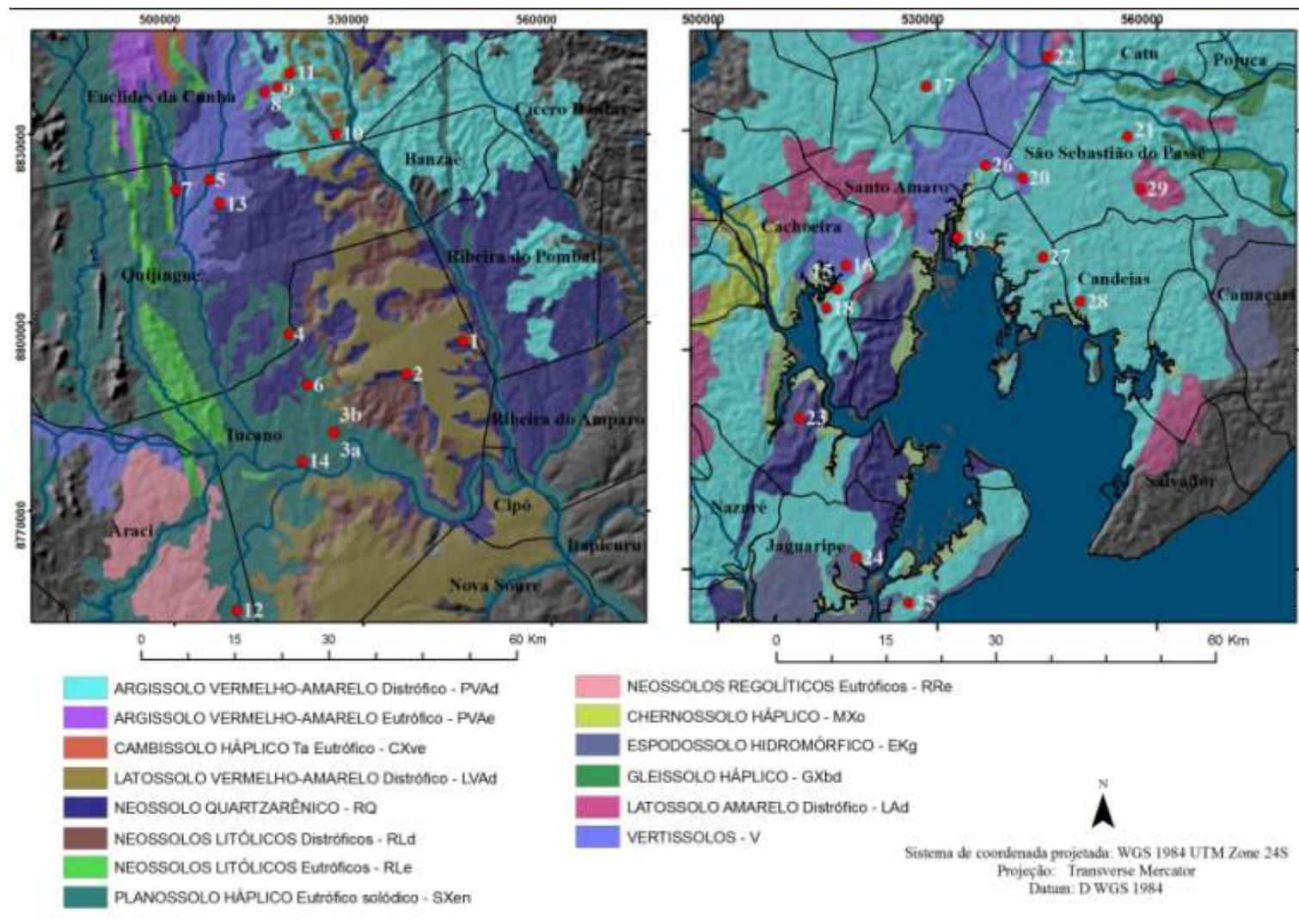


Figura 3. Mapa de solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul e localização dos pontos de coleta. Fonte (Radam:1981)

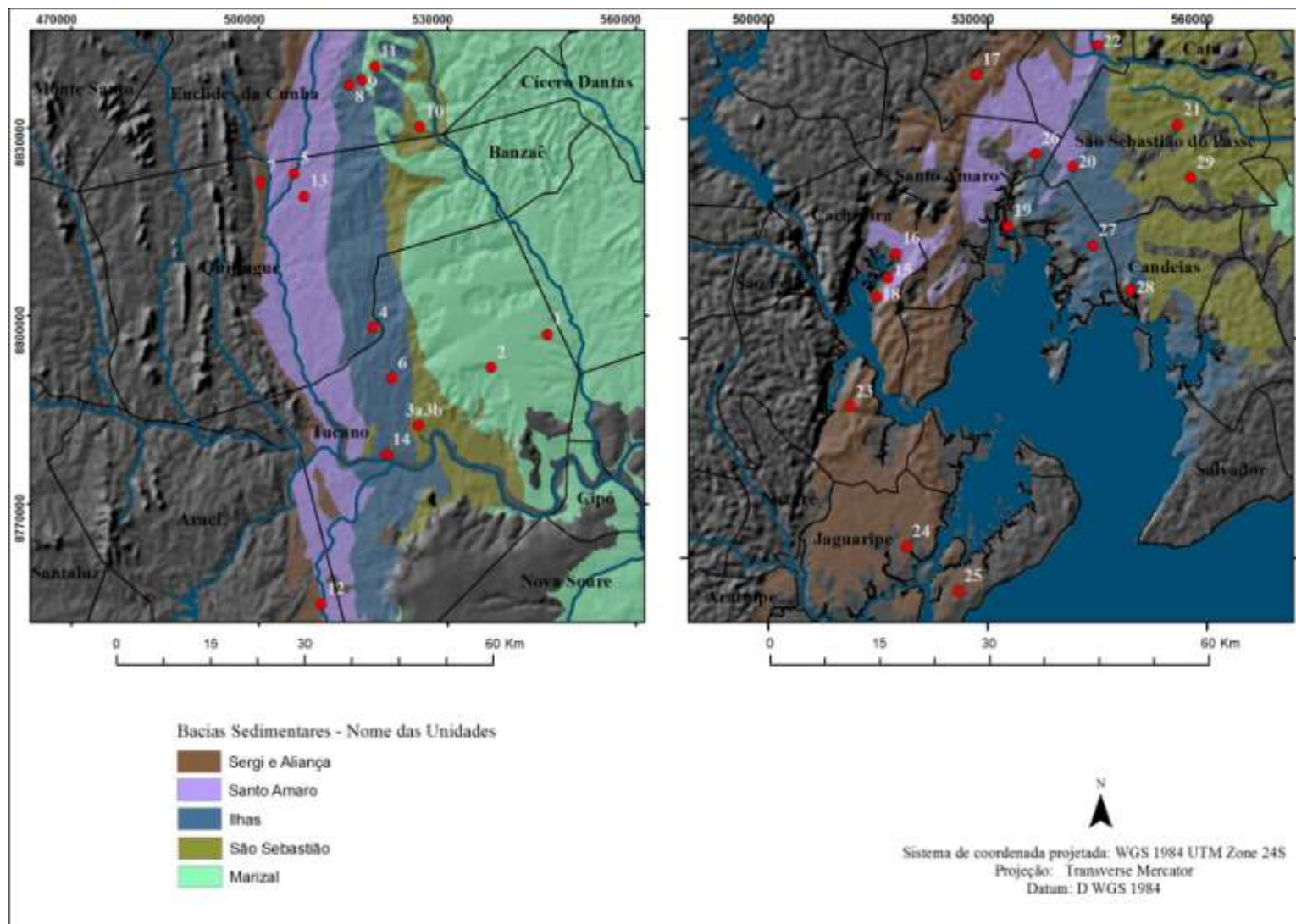


Figura 4. Mapa das unidades geológicas das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul - Fonte (Radam:1981)

Tabela 3: Identificação dos pontos amostrados: coordenadas, municípios, vegetação, classes de solo e litologia

P. Coleta	Prof.	Coordenadas		Vegetação Primária	Cidade	Classes de Solos	Litologia
1	0-20 60+	546045	8797026	Caatinga	Tucano	Argissolo Vermelho Amarelo	Formação Marizal
2	0-20 60+	537043	8791758	Caatinga	Tucano	Argissolo Vermelho Amarelo	Formação Marizal
3a	0-20 60+	525440	8782512	Caatinga	Tucano	Planossolo Háplico	Formação São Sebastião
3b	0-20 60+	525440	8782512	Caatinga	Tucano	Planossolo Háplico	Formação São Sebastião
4	0-20 60+	518188	8798166	Caatinga	Quinjingue	Planossolo Háplico	Grupo Ilhas
5	0-20 60+	505565	8822726	Caatinga	Quinjingue	Vertissolo Háplico	Grupo Santo Amaro
6	0-20 60+	521245	8790075	Caatinga	Tucano	Neossolo Quartzarênico	Grupo Ilhas
7	0-20 60+	500194	8821239	Caatinga	Tucano	Neossolo Quartzarênico	Grupo Brotas
8	0-20 60+	514382	8836840	Caatinga	Euclides da Cunha	Neossolo Quartzarênico	Grupo Ilhas
9	0-20 60+	516466	8837642	Caatinga	Euclides da Cunha	Vertissolo Háplico	Grupo Santo Amaro
10	0-20 60+	525707	8830127	Caatinga	Euclides da Cunha	Planossolo Háplico	Formação Marizal
11	0-20 60+	518485	8839858	Caatinga	Euclides da Cunha	Planossolo Háplico	Formação Marizal
12	0-20 60+	509945	8754016	Caatinga	Araci	Planossolo Háplico	Grupo Brotas
13	0-20 60+	507219	8819070	Caatinga	Quinjingue	Vertissolo Háplico	Grupo Santo Amaro
14	0-20 60+	520424	8777874	Caatinga	Tucano	Planossolo Háplico	Grupo Ilhas
15	0-20 60+	516463	8598286	Mata Atlantica	Cachoera	Neossolo Quartzarenico (litorâneo)	Depósitos quaternários
16	0-20 60+	517575	8601564	Mata Atlantica	Cachoera	Vertissolo Háplico	Grupo Santo Amaro

17	0-20 60+	528582	8626070	Mata Atlantica	Amélia Rodriques	Argissolo Vermelho Amarelo	Grupo Brotas
18	0-20 60+	514906	8595720	Mata Atlantica	Amelia Rodriques	Neossolo Quartzarênico (litorâneo)	Depósitos quaternários
19	0-20 60+	532822	8605395	Mata Atlantica	Cachoeira	Argissolo Vermelho Amarelo	Grupo Ilhas
20	0-20 60+	541711	8613548	Mata Atlantica	São Francisco do Conde	Vertissolo Háplico	Grupo Santo Amaro
21	0-20 60+	556087	8619210	Mata Atlantica	S.S. Passé	Vetissolo Háplico	Grupo Santo Amaro
22	0-20 60+	545114	8630092	Mata Atlantica	S.S. Passé	Argissolo Vermelho Amarelo	Formação São Sebastião
23	0-20 60+	511232	8580646	Mata Atlantica	Terra Nova	Vertissolo Háplico	Grupo Santo Amaro
24	0-20 60+	518995	8561552	Mata Atlantica	Maragogipe	Argissolo Vermelho Amarelo	Grupo Ilhas
25	0-20 60+	526097	8555410	Mata Atlantica	Jaguaripe	Espodossolo Hidromórfico	Grupo Brotas
26	0-20 60+	536631	8615248	Mata Atlantica	Vera Cruz	Argissolo Vermelho Amarelo	Grupo Ilhas
27	0-20 60+	544504	8602692	Mata Atlantica	S. Francisco do Conde	Argissolo Vermelho Amarelo	Grupo Ilhas
28	0-20 60+	549585	8596630	Mata Atlantica	Candeias	Argissolo Vermelho Amarelo	Grupo Ilhas
29	0-20 60+	557820	8611960	Mata Atlantica	S.S.Passé	Argissolo Vermelho Amarelo	Formação São Sebastião

3.1. Análises físicas e químicas das amostras de solo

As análises químicas de fertilidade: fósforo remanescente (P), soma de bases (SB), acidez total (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC), alumínio trocável, saturação por base (V%), carbono (C), matéria orgânica (MO) e pH, foram realizadas de acordo com os métodos propostos pela EMBRAPA (1997), no laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa.

As análises físicas granulométricas (teores de silte, areia e argila), também seguiram os métodos propostos pela EMBRAPA (1997), essas foram realizadas no laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

3.2. Determinação dos teores naturais de metais nos solos

Para extração dos teores dos metais Cd, Al, Co, Cu, Cr, Ni, Pb, Fe, Ti, V e Zn nas amostras de solo adotou-se o método de digestão 3050b (USEPA, 1996). No procedimento de digestão pelo método 3050b, além do ataque por ácido nítrico, a matéria orgânica é oxidada com água oxigenada, liberando os metais ligados à fração de óxidos e outras frações minerais, com exceção da silicatada (RAIJ, 2001).

Foi transferido 0,5 g da amostra peneirado para béquer de teflon, onde foram adicionados 10 mL de HNO₃ a 50%. A solução foi aquecida em chapa a 95°C ± 5 °C, usando um vidro de relógio com nervuras de forma a permitir que a solução evaporasse até cerca de 5 mL, sem ebulição, durante duas horas. Posteriormente, 2 mL de água deionizada e 3 mL de água oxigenada (H₂O₂) 30% foram adicionados aos béqueres. As soluções foram novamente aquecidas até diminuição da efervescência. A H₂O₂ 30% foi adicionada, em alíquotas de 1 mL, até que a efervescência fosse mínima ou a aparência da amostra não sofresse mais alterações. Depois se repetiu o procedimento de aquecimento para que a solução evaporasse até cerca de 5 mL, sem ebulição, durante duas horas. Por fim, foram adicionados 10 mL de HCl concentrado à solução, seguindo-se aquecimento em chapa (95°C ± 5°C) por 15 minutos. Filtrou-se em papel de filtro qualitativo de filtração lenta em um balão volumétrico de 50 mL. O erlenmeyer e o papel de filtro foram lavados com pequenas porções de solução de HCl 1+ 100 (v/v). As amostras foram armazenadas em frascos de HPDE até a leitura em ICP- OES.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características físicas e químicas dos solos

Foram observadas amplas faixas de variação para os parâmetros químicos e físicos avaliados, como consequência da extensa área de estudo, levando à variação geológica, pedológica e climática das Bacias. Os atributos químicos foram amplamente heterogêneos (Tabela 4 e 5). O pH variou de 4,3 a 8,2, detectando-se desde solos ácidos a alcalinos, entretanto, prevalecendo os solos ácidos em mais de 75% da área estudada (Apêndice 1). A média do pH tendo em consideração as classes do solo variou de 5 a 6,3 e 4,7 a 7,2 para os horizontes superficiais e subsuperficiais respectivamente nas classes dos Neossolos e Vertissolos (Tabela 4). No que concerne aos valores por unidade geológica (Tabela 5), os solos no grupo Brotas tiveram uma média de pH de 4,6 e 4,7 enquanto os solos no grupo Santo Amaro apresentou pH de 6,6 e 6,8, nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm, respectivamente. Portanto, nota-se aqui uma influência direta da geologia sobre a química do solo, onde litologia oriundo de ambientes fluviais e eólicos (Brotas) tendem a formar solos com menor pH. Estes resultados corroboram com Thanachit, et al, (2005), nos seus estudos sobre a pedogeneses que a composição química do solo é controlada em parte pela composição do material de origem.

É consenso na literatura nacional e internacional a importância do pH do solo sobre a solubilidade e disponibilidade de metais em solos (McBride, 1994; Chaves et al., 2008; Zeng et al., 2011). De modo geral, condições mais ácidas, favorecem a solubilização e mobilização de metais catiônicos para solução do solo (Arias et al., 2005; Guilherme et al., 2005; Du Laing et al, 2007).

As médias da CTC foram de 2,2 e 2,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nos Neossolos (0-20 cm e 60-80 cm) muito inferiores às médias nos Vertissolos, de 30,8 e 35,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (0-20 cm e 60-80 cm). A máxima CTC efetiva (44,56 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) foi obtida no Vertissolo, município de Quinjingue, desenvolvida sobre rochas calcárias e folhelhos (apêndice 1). Assim como o pH, os valores de CTC também foram influenciadas pela litologia, apresentado valores mínimos no grupo Brotas (5,5/4,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas profundidades de 0-20 e 60-80 cm)) e máximos no grupo Santo Amaro (29,8/31,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), destacando novamente a relação entre a formação geológica e as características químicas do solo. Vale ressaltar que, de modo geral,

os teores de Ca e Mg foram os principais responsáveis pela elevação da CTC efetiva, contribuindo com 50% e 35%, respectivamente. A saturação por bases (V%) variou de 6 a 100%, com valor médio de 55,5% (Apêndice 1), atribuindo a esses solos a natureza eutrófica, corroborando com Ortiz-Villajos et al. (2011), que fizeram essa mesma observação em solos do semiárido da Espanha.

Ainda quanto à análise química do solo (fertilidade), foi observado que os teores médios de matéria orgânica (M.O.) variaram de 3,2 a 28,7 g kg⁻¹, sendo as maiores médias nos Vertissolos e Argissolos, e as menores médias nos solos arenosos (Neossolos e Planossolos). É interessante ressaltar que baixos valores de M.O. foram registrados na região da bacia do Tucano Sul sob vegetação Caatinga, vegetação predominante no Estado com maior destaque nos Neossolos e na formação Brotas (Tabela 4 e 5). Salienta-se que a matéria orgânica do solo, mesmo quando em pequena quantidade, também participa ativamente na imobilização dos metais no solo (Silva et al., 2006). Os autores, afirmam que esse comportamento é resultante da geração de sítios de adsorção, presença predominantemente de cargas negativas, que atuam através de ligação iônica (troca de elétrons) e como agente quelante na solução do solo. Por isso, o papel da matéria orgânica na disponibilidade de metais tem sido amplamente investigado (Hettiarachchi et al, 2003; McCauley et al., 2009).

Tabela 4: Características químicas e físicas das amostras de solo das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul para cada classe de solo (PVA: Argissolo Vermelho Amarelo; RQ: Neossolos Quartzarênico; SX: Planossolo; V: Vertissolo)

Classe de solo	Prof. (cm)	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V
			g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³						%		
PVA	0-20	5,01 ⁽¹⁾	17,14	3,73	0,29	4,24	1,82	1,01	0,07	4,70	6,42	11,12	41,45
		(4,5 ⁽²⁾ -6,3 ⁽³⁾)	(6-31)	(1-17)	(0-3,4)	(0,2-29,3)	(0,2-9,5)	(0-3,3)	(0-0,3)	(1,4-8,6)	(0,4-39,5)	(3,1-44,3)	(7-89)
RQ1	0-20	5,18	7,75	10,63	0,13	0,62	0,32	0,43	0,02	2,06	1,09	3,15	37,38
		(4,5-7)	(5-12)	(1-36)	(0,1-0,3)	(0,2-1,6)	(0,2-0,8)	(0-0,9)	(0-0)	(0-3,4)	(0,4-2,6)	(2-4,1)	(12-100)
SX	0-20	6,33	9,67	25,83	0,44	4,60	3,01	0,27	1,13	1,61	9,18	10,79	71,50
		(4,3-8)	(4-21)	(3-62)	(0,1-0,8)	(0,4-12,4)	(0,2-8,9)	(0-0,9)	(0-5,2)	(0-5,7)	(0,8-27)	(3,6-27)	(13-100)
V	0-20	6,82	28,67	17,33	0,54	20,30	9,13	0,16	0,82	2,95	30,79	33,74	91,17
		(5-8,2)	(13-38)	(2-51)	(0,3-1,1)	(7-37,6)	(5,5-17)	(0-1)	(0,2-3,3)	(0-9,9)	(24-46,5)	(25,7-46,5)	(73-100)
RQ2	0-20	5,03	7,00	2,50	0,04	0,18	0,12	0,50	0,02	1,95	0,36	2,31	15,50
		(4,8-5,3)	(6-8)	(2-3)	(0-0)	(0,1-0,3)	(0,1-0,2)	(0,3-0,7)	(0-0)	(1,9-2,2)	(0,3-0,5)	(2,2-2,5)	(11-20)
PVA	60-80	5,01	10,50	1,41	0,23	4,72	2,45	1,85	0,09	3,88	7,49	11,37	36,95
		(4,2-7,6)	(4-25)	(0-6)	(0-3,7)	(0,1-32,4)	(0,1-14,7)	(0-6,7)	(0-0,6)	(0-11,6)	(0,2-41,9)	(1,7-41,9)	(4-100)
RQ1	60-80	5,38	5,13	3,50	0,10	0,55	0,29	0,53	0,03	1,97	0,97	2,94	32,63
		(4,5-8)	(3-7)	(1-11)	(0-0,3)	(0,1-1,9)	(0,1-0,9)	(0-0,8)	(0-0,1)	(0-3,2)	(0,2-3,2)	(1,7-3,5)	(7-100)
SX	60-80	6,65	3,17	26,67	0,47	4,80	5,93	0,37	5,13	0,76	16,34	17,10	73,17
		(4,5-8,2)	(2-4)	(1-67)	(0,1-0,8)	(0,2-9,9)	(0,1-17,4)	(0-1,4)	(0-20,4)	(0-2,6)	(0,4-42,9)	(2,2-42,9)	(16-100)
V	60-80	7,23	12,75	20,67	0,31	19,54	11,44	0,76	1,45	2,94	32,74	35,68	92,42
		(5,3-8,1)	(8-23)	(1-58)	(0-0,7)	(9,6-32,6)	(4-18,8)	(0-4,6)	(0,6-3,4)	(0-10,8)	(17,7-48,7)	(17,7-48,7)	(71-100)
RQ2	60-80	4,90	6,50	2,00	0,02	0,09	0,06	0,70	0,02	1,95	0,18	2,13	8,75
		(4,9-4,9)	(5-9)	(1-3)	(0-0)	(0,1-0,1)	(0,1-0,1)	(0,6-0,8)	(0-0)	(1,4-2,3)	(0,2-0,2)	(1,6-2,5)	(8-11)

⁽¹⁾ Média; ⁽²⁾ Mínimo; ⁽³⁾ Máximo

Classe de solo	Prof. (cm)	Areia	Argila	Silte
		g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
PVA	0-20	597	219	184
		(38-859)	(70-593)	(11-407)
RQ1	0-20	918	35	47
		(883-955)	(10-70)	(4-107)
SX	0-20	680	142	178
		(323,5-891)	(40-300)	(14,5-433)
V	0-20	176	425	399
		(47-388)	(330-540)	(232-596)
RQ2	0-20	876	30	94
		(804-914)	(20-38)	(56-166)
PVA	60-80	534	281	185,18
		(42-816)	(90-514)	(54-486)
RQ1	60-80	909	49	42,19
		(883-929)	(20-80)	(6,5-90)
SX	60-80	603	251	145,75
		(48,5-877)	(70-680)	(33-323)
V	60-80	206	485	309,08
		(32-353)	(280-870)	(0-383)
RQ2	60-80	904	33	63,50
		(895-913)	(20-50)	(37-77)

Tabela 5: Características químicas e físicas das amostras de solo das bacias do Recôncavo e Tucano Sul para cada unidade geológica

Classe de solo	Prof. (cm)	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V
			g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³						%		
Jb	0-20	4,60	12,4	2,1	0,1	0,3	0,4	0,7	1,8	0	4,7	0,8	5,5
		(4,5-4,8)	(3-17)	(1-1)	(0-0,2)	(0,1-0,7)	(0,1-0,2)	(0,2-0,8)	(0,7-3,4)	(0-0)	(2,5-5,7)	(0,2-0,9)	(3,3-6,3)
Ki	0-20	5,70	11,4	12,1	0,3	6,2	2,5	8,7	0,3	0,1	2,5	9	11,5
		(4,5-8)	(3-23)	(1-20)	(0-0,4)	(0,1-32,4)	(0,1-14,7)	(0,2-41,2)	(0-2,8)	(0-0,6)	(0-5,7)	(0,2-41,9)	(1,7-41,9)
Km	0-20	5,10	12,3	2,8	0,6	1,2	0,8	2	0,3	0,1	3,1	2,6	5,7
		(4,5-5,8)	(2-16)	(0-8)	(0-3,7)	(0,1-3)	(0,1-7,2)	(0,2-10,1)	(0-0,8)	(0-1,1)	(1-2,2)	(0,2-11,6)	(1,7-12,7)
Ksa	0-20	6,60	27,5	15,4	0,5	17,5	7,9	25,5	0,2	0,7	3,1	26,7	29,8
		(4,5-8,1)	(8-23)	(1-58)	(0-0,7)	(0,4-32,6)	(0,2-18,8)	(0,6-47,4)	(0-4,6)	(0-3,4)	(0-10,8)	(0,7-48,7)	(4,7-48,7)
Kss	0-20	6,10	15,2	24,8	0,4	4,7	3,3	8	0,7	1,3	3,4	9,7	13,1
		(4,2-8,2)	(2-25)	(1-67)	(0-0,8)	(0,1-9,9)	(0,2-17,4)	(0,4-27,1)	(0-6,7)	(0-20,4)	(0-11,6)	(0,4-42,9)	(5,3-42,9)
Qa	0-20	5,00	7	2,5	0	0,2	0,1	0,3	0,5	0	2	0,4	2,3
		(4,9-4,9)	(5-9)	(1-3)	(0-0)	(0,1-0,1)	(0,1-0,1)	(0,1-0,2)	(0,6-0,8)	(0-0)	(1,4-2,3)	(0,2-0,2)	(1,6-2,5)
Jb	60-80	4,70	7,4	1	0,1	0,3	0,2	0,4	2,1	0	3,8	0,5	4,3
		(4,5-4,7)	(6-22)	(1-3)	(0-0,2)	(0,2-0,6)	(0,2-0,8)	(0,3-1,2)	(0,7-2,9)	(0-0)	(2,6-7,9)	(0,4-1,3)	(3,5-9,1)
Ki	60-80	5,90	7,3	5,3	0,1	6,9	3,6	10,5	0,6	0,1	2	10,8	12,8
		(4,5-7,7)	(5-26)	(1-36)	(0,1-0,8)	(0,4-29,3)	(0,2-9,5)	(0,5-38,8)	(0-0,8)	(0-0,3)	(0-6,6)	(0,6-39,5)	(2-44,3)
Km	60-80	5,00	6	2,3	0,6	0,8	1,8	2,6	0,5	0,3	1,8	3,5	5,3
		(4,3-6)	(7-21)	(1-6)	(0-3,4)	(0,4-3,3)	(0,2-2,6)	(0,7-5,9)	(0-0,9)	(0-0,1)	(1,9-5,7)	(0,8-6,5)	(3,1-8,4)
Ksa	60-80	6,80	12,2	17,9	0,3	16,8	9,8	26,6	0,9	1,2	3,1	28,2	31,3
		(5-8,2)	(13-38)	(2-51)	(0,3-1,1)	(1-37,6)	(0,6-17)	(1,6-45,6)	(0-1)	(0-3,3)	(0-9,9)	(2-46,5)	(5,9-46,5)
Kss	60-80	6,40	7,7	28,3	0,4	5,1	6,8	11,9	1,6	6,1	2,8	18,5	21,3
		(4,5-8)	(4-31)	(2-62)	(0,1-0,8)	(0,3-12,4)	(0,5-8,9)	(0,9-21,3)	(0-3,3)	(0-5,2)	(0-8,6)	(1-27)	(7,2-27)
Qa	60-80	4,90	6,5	2	0	0,1	0,1	0,2	0,7	0	2	0,2	2,1
		(4,8-5,3)	(6-8)	(2-3)	(0-0)	(0,1-0,3)	(0,1-0,2)	(0,2-0,4)	(0,3-0,7)	(0-0)	(1,9-2,2)	(0,3-0,5)	(2,2-2,5)

Classe de solo	Prof. (cm)	Areia	Argila	Silte
		g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Jb	0-20	829	92	78
		(674-890)	(20-230)	(33-122)
Ki	0-20	688	151	161
		(42-929)	(20-492)	(6,5-486)
Km	0-20	806	106	88
		(693-833,5)	(90-180)	(41,5-127)
Ksa	0-20	238	401	361
		(31,5-418)	(280-870)	(0-383)
Kss	0-20	467	252	281
		(48,5-679,5)	(230-680)	(60,5-340)
Qa	0-20	875	30	95
		(895-913)	(20-50)	(37-77)
Jb	60-80	804	115	81
		(731-890,5)	(10-170)	(19,5-109)
Ki	60-80	671	164	165
		(38-954,5)	(10-593)	(4-376)
Km	60-80	783	130	87
		(656-859)	(70-140)	(11-234)
Ksa	60-80	236	487	277
		(47-638)	(257-540)	(105-595,5)
Kss	60-80	341	434	225
		(283-643)	(130-362)	(165-433)
Qa	60-80	904	33	63
		(804-914)	(20-38)	(56-166)

Deve-se ressaltar que, as maiores quantidades de MO foram observados nos Vertissolos concretamente na Bacia Sedimentar do Recôncavo, na formação Santo Amaro (Tabela 4 e Apêndice 1). Este maior aporte de MO se deve a maior quantidade de biomassa vegetal presente na região. Todavia, nesta região, o maior aporte de MO não foi suficiente para predizer os teores de metais e a fertilidade natural dos referidos solos, visto que, possuem menores teores de metais e de P, Na, K, Ca e Mg comparativamente a do semi árido, evidenciando assim, a preponderância do efeito sinérgico da litologia e das condições climáticas sobre as características dos solos de determinada região.

A partir da análise granulométrica foi verificado que amostras de solos apresentaram texturas arenosa a muito argilosa. As amostras possuem teores médios de 578, 189 e 233 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Solos com textura grossa e material com baixa capacidade de adsorção possibilitam maior lixiviação dos metais (Fernandez et al., 2007). Por outro lado, a presença de cargas negativas permanente na fração argila (Alloway, 1995) apresenta grande capacidade de adsorção de metais.

4.3. Concentrações de metais dos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul

A quantidade de metais presentes no solo varia bastante em função do material de origem, do clima, textura, características e o sistema de manejo a que ele foi submetido, do tipo de metal, de outros elementos presentes no solo, entre outros. A determinação dos teores pseudo totais de elementos em solo é uma importante ferramenta para monitorar a poluição ambiental, inclusive a CETESB utiliza esta quantificação para definir os valores orientadores para solo e água, com relação aos elementos presente nos mesmos.

Considerando o conjunto de metais analisados, os teores mais baixos foram observados nos Neossolos e Planossolos, exceto para o, Mn, Fe, Ti, Cu (Tabela 6). Os solos provêm de rochas quartzosas, arenitos ou sedimentos arenosos, o que justifica tais teores, e assemelha-se ao descrito por Clemente et al. (2009).

Os teores naturais dos metais encontrados nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul, de forma geral, foram altos aos reportados para solos de outros Estados da Federação. Os baixos teores naturais

obtidos podem estar relacionados com o material de origem, pedogênese e as características físicas e químicas dos solos da região.

Os resultados obtidos indicam que os solos formados sobre as rochas do quaternário apresentam menores teores de metais quando comparado às demais mesorregiões (Tabela 7). Estes valores inferiores devem-se provavelmente a natureza do material de origem, composta essencialmente por sedimentos arenosos inconsolidados. É interessante lembrar que as condições climáticas, e mais especificamente, o alto índice pluviométrico da região da bacia do Recôncavo, possui papel importante na distribuição dos metais nos solos, visto que, favorece a perda por lixiviação desses elementos no ambiente.

A abundância natural dos metais nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo seguiu a seguinte ordem decrescente: $Mn > Ti > Fe > Cr > Cu > Ni > Zn > Pb$. A mesma ordem verificou-se na bacia sedimentar de Tucano (Tabelas 6,7 e 8).

Tabela 6: Teores pseudo total dos metais nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul (PVA: Argissolo Vermelho Amarelo; RQ: Neossolos Quartzarênico; SX: Planossolo; V: Vertissolo)

Classe de Solo	Prof. (cm)	Fe	Ti	Mn
		%	%	mg kg ⁻¹
PVA	0-20 cm	2,7 ⁽¹⁾ (1,1 ⁽²⁾ -7,6 ⁽³⁾)	4,1 (1,4-10,2)	238 (111-1258)
RQ1	0-20 cm	1 (0,9-1,2)	1,1 (0,8-1,4)	114 (80-194)
RX	0-20 cm	2,1 (1,2-3,9)	2,4 (1,4-3,7)	298 (107-897)
V	0-20 cm	5,7 (4,6-7,8)	6,4 (5-9,3)	1335 (834-2488)
RQ2	0-20 cm	0,8 (0,8-0,8)	1,1 (0,8-1,5)	100 (85-116)
PVA	60-80 cm	3,1 (1,2-6,6)	4,4 (0,9-12,1)	200 (87-796)
RQ1	60-80 cm	1,2 (0,9-2)	1,4 (0,9-2,5)	123 (84-241)
RX	60-80 cm	2,2 (1,2-5,3)	2,4 (1,2-5,1)	254 (86-677)
V	60-80 cm	5,7 (3,9-8,3)	6,2 (5,3-9,2)	1020 (814-1377)
RQ2	60-80 cm	0,8 (0,8-0,9)	1,5 (1,1-1,9)	102 (88-117)

Classe de Solo	Prof. (cm)	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu
		mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
PVA	0-20 cm	6,35 ⁽¹⁾ (2 ⁽²⁾ -12,9 ⁽³⁾)	5,22 (0,5-51,2)	16,03 (1,9-57)	2,27 (0,5-30,8)	5,15 (0,8-50)
RQ1	0-20 cm	1,01 (0,8-1,7)	0,67 (0,5-1,7)	3,02 (2,2-4,52)	0,56 (0,5-0,9)	1,7 (0,8-3,2)
RX	0-20 cm	2,2 (0,8-4,5)	9,07 (2,4-24)	15,32(5,5-40,4)	4,82 (0,6-21,9)	6,09 (0,8-26,6)
V	0-20 cm	8,38 (3-16,6)	45,9(32-73,6)	43,3 (35,4-53)	24,98(19,4-31,3)	31,45 (27,4-34,7)
RQ2	0-20 cm	1,91 (0,8-4,8)	0,54 (0,5-0,9)	0,82 (0,1-4)	0,69 (0,5-2,31)	1,63 (0,8-4)
PVA	60-80 cm	7,76 (3,6-35,5)	5,53 (0,5-46,2)	20,34 (3,5-76,2)	2,23 (0,5-30,8)	3,46 (0,8-43,6)
RQ1	60-80 cm	1,26 (0,8-2,3)	1,33 (0,5-4,3)	4,11 (1,8-9)	0,65 (0,5-1,3)	1,50 (0,8-3,8)
RX	60-80 cm	2,2 (0,8-5,8)	8,48 (0,4-29,4)	16,61 (4,16-53,7)	5,93 (0,6-32,1)	8,05(30-1,2)
V	60-80 cm	5,94 (1,8-13,3)	42,7(33,2-68,1)	43,9 (27,3-61,6)	24,85 (18-30)	32,21 (23,8-40,7)
RQ2	60-80 cm	3,41 (1,1-7,5)	0,67 (0,5-1,1)	2,17 (0,9-4,84)	1,13 (0,5-2,3)	1,21 (0,8-2,8)

⁽¹⁾ Média; ⁽²⁾ Mínimo; ⁽³⁾ Máximo

Tabela 7: Teores pseudo total dos metais nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul por unidade geológica

Unidade geológica	Prof. (cm)	Fe	Ti	Mn
		%	%	mg kg ⁻¹
Brotas	0-20 cm	1,4 ⁽¹⁾ (0,9 ⁽²⁾ -3,1 ⁽³⁾)	1,6 (1,1-2,9)	119 (111-133)
Ilhas	0-20 cm	2 (1-7,6)	2,5 (0,8-7,5)	241 (80-1258)
Marizal	0-20 cm	2,1 (1,9-2,6)	2,1 (1,9-2,7)	200 (107-707)
Santo Amaro	0-20 cm	5 (2,4-7,8)	6,9 (5-10,2)	1092 (322-2488)
São Sebastião	0-20 cm	3,1 (2,2-4)	4,6 (2,5-9,5)	393 (165-897)
Quaternário	0-20 cm	0,8 (0,8-0,8)	1,1 (0,8-1,5)	100 (85-116)
Brotas	60-80 cm	1,6 (0,9-4)	1,7 (0,9-3,9)	106 (87-138)
Ilhas	60-80 cm	2,1 (1-6,4)	2,7 (0,9-6,2)	214 (84-796)
Marizal	60-80 cm	2 (1,2-2,7)	2,1 (1,2-3)	179 (86-585)
Santo Amaro	60-80 cm	5,3 (3,5-8,3)	6,9 (5,3-12,1)	838 (253-1377)
São Sebastião	60-80 cm	4,1 (2,2-6,6)	5,5 (2,5-10,4)	347 (178-677)
Quaternário	60-80 cm	0,8 (0,8-0,9)	1,5 (1,1-1,9)	102 (88-117)

Unidade geológica	Prof. (cm)	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu
Brotas	0-20 cm	2,51 ⁽¹⁾ (0,76 ⁽²⁾ - 12,85 ⁽³⁾)	0,91 (0,46 -2,82)	5,02 (1,91-19,39)	0,73 (0,46-1,38)	1,37 (0,75-3,62)
Ilhas	0-20 cm	2,65 (0,76 - 11,92)	4,63 (0,46-51,02)	10,34 (2,18-57,01)	2,75 (0,46-30,81)	6,40 (0,99-50,02)
Marizal	0-20 cm	3,35 (0,76-8,62)	6,53 (0,95-32,55)	10,23 (5,30-14,75)	1,36 (0,46-11,89)	1,77 (0,75-10,82)
Santo Amaro	0-20 cm	8,61 (2,97- 16,64)	34,35 (5,49-73,61)	36,08 (11,81-52,97)	17,36 (1,49-31,27)	24,90 (4,04-34,72)
São Sebastião	0-20 cm	3,97 (2,52-6,74)	11,08 (4,27-24,03)	29,63 (21,25-40,42)	7,15 (1,56-21,92)	12,37 (6,13-26,60)
Quaternário	0-20 cm	1,91 (0,76-4,80)	0,54 (0,46-0,85)	0,82 (0,11-3,94)	0,69 (0,46-2,31)	1,63 (0,75-3,95)
Brotas	60-80 cm	2,92 (0,76-19,65)	1,07 (0,46-5,30)	6,06 (1,83-25,08)	0,83 (0,46-1,81)	1,34 (0,75-4,44)
Ilhas	60-80 cm	3,39 (0,76-35,46)	6,80 (0,46-46,24)	12,09 (3,29-50,37)	2,40 (0,46-30,84)	5,68 (0,75-43,62)
Marizal	60-80 cm	3,15 (0,76 -5,97)	1,90 (0,46-30,61)	5,32 (0,11-18,01)	0,87 (0,46-12,21)	1,25 (0,75-13,14)
Santo Amaro	60-80 cm	6,27 (1,76-13,31)	35,08 (7,24-68,14)	38,72 (18,19-61,56)	17,85 (2,08-29,97)	21,46 (1,30-40,72)
São Sebastião	60-80 cm	4,89 (2,44- 8,25)	14,95 (4,23-29,38)	47,09 (28,42-76,16)	11,13 (2,68-32,07)	11,83 (2,42-43,47)
Quaternário	60-80 cm	3,41 (1,14-7,51)	0,67 (0,46-1,10)	2,17 (0,90-4,84)	1,13 (0,46-2,29)	1,27 (0,75-2,82)

⁽¹⁾ Média; ⁽²⁾ Mínimo; ⁽³⁾ Máximo

Tabela 8: Teores pseudo total dos metais nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul por classe textural

Classe textural	Fe	Ti	Mn
	%	%	mg kg ⁻¹
Muito argilosa	5,7 ⁽¹⁾ (3 ⁽²⁾ - 8,1) ⁽³⁾	7,1 (4,4 - 12)	0,1 (0 - 0,2)
Argilosa	5,7 (3 - 8,1)	7,1 (4,4 - 12)	0,1 (0 - 0,2)
Siltosa	4 (2,8 - 5,3)	5,4 (3,5 - 6,8)	0,1 (0 - 0,1)
Média	2,4 (1,2 - 5,3)	3,5 (1 - 10,1)	0 (0 - 0,1)
Arenosa	1,1 (0,8 - 2,7)	1,4 (0,8 - 2,6)	0 (0 - 0)

⁽¹⁾ Média; ⁽²⁾ Mínimo; ⁽³⁾ Máximo

Classe textural	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu
	Muito argilosa	7,4 ⁽¹⁾ (2,1 ⁽²⁾ - 15,7 ⁽³⁾)	35,9 (4,7 - 71,9)	48,4 (18,2 - 65,7)	47,4 (4,2 - 425,7)
Argilosa	7,4 (2,1 - 15,7)	35,9 (4,7 - 71,9)	48,4 (18,2 - 65,7)	47,4 (4,2 - 425,7)	30,9 (2 - 47,6)
Siltosa	5,3 (2,7 - 10,2)	24,9 (8,6 - 66,9)	30,4 (21,8 - 48)	16 (3,2 - 29,1)	19,5 (13,6 - 37,3)
Média	4,9 (1 - 18,7)	12,9 (0,5 - 38,1)	17,7 (3,7 - 52,2)	5,8 (0,5 - 31,8)	8 (0,8 - 42,7)
Arenosa	1,4 (0,8 - 7,1)	1,6 (0,5 - 12,2)	4,6 (0,3 - 15)	0,7 (0,3 - 4,2)	1,4 (0,8 - 4,6)

⁽¹⁾ Média; ⁽²⁾ Mínimo; ⁽³⁾ Máximo

4.3.1. Ferro (Fe) e Manganês (Mn) e Titânio (Ti)

Apesar do Fe, Mn e Ti não serem diretamente referenciados em legislações ambientais, é importante o conhecimento dos teores naturais nos solos do Recôncavo da Bahia e Tucano Sul, pois, além de se tratar de micronutrientes vegetais, a presença destes elementos como constituintes principais de rocha faz com que tenham importância no estudo da geoquímica dos solos, inclusive indicando, indiretamente, os teores de outros metais.

O ferro é o metal mais abundantes na litosfera (Jones & Jacobsen, 2009). Os teores médio de Fe variaram entre 0,8-5,7 g kg⁻¹, valores que situam-se dentro da faixa (0,003 e 227 g kg⁻¹) apresentada por Burt et al. (2003) para solos dos EUA. Esses teores são consistentemente inferiores aos reportados por Junior (2014) que analisou solos do Estrado da Paraíba.

Burt et al. (2003), comparando teores de Mn em solos com e sem atividade antrópica, constaram não haver diferença no teor deste elemento em função da atividade humana, considerando-se este fato reflexo da relativa abundância e intensa dinâmica deste elemento, que possui diversos estados de oxidação no solo e cuja especiação é dependente do pH e potencial de oxi-redução. Estas considerações podem ser estendidas para o Fe, devido às similaridades entre esses elementos. Este fato pode explicar a inexistência de valores orientadores destes metais em solos definidos por órgãos ambientais.

Os teores Mn variaram entre 100,8 e 1334,83 mg kg⁻¹. Estes valores encontra-se dentro da faixa (0,55 e 2608,75 mg kg⁻¹) reportada para solos do Estado de Paraíba (Júnior, 2014).

Os maiores teores de Fe e Mn foram encontrados nos Vertissolos (1334,83 mg kg⁻¹) Planossolos Háplicos eutróficos (297,57 mg kg⁻¹), Argissolos Vermelho Amarelo (237,57 mg kg⁻¹) (Tabela 6). Estes valores devem-se, a natureza do material de origem,(Tabela 7).

Os teores médios de Ti, nos horizontes superficiais e subsuperficial, foram de 3,03 e 3,21 mg kg⁻¹, respectivamente. Esses valores são inferiores aos das concentrações encontradas nos solos não contaminados da Florida variam de 1.000 a 10.000 mg kg⁻¹, com concentração média de 5.000 mg kg⁻¹ (Kabata & Pendias 1992).

Ficou nítido a influencia da textura associada à litologia nos teores dos metais maiores, os Neossolos quartzarenicos apresentando claramente as menores médias de Fe, Ti e Mn, (Tabela 6 e 7).

4.3.2. Chumbo (Pb), zinco (Zn), cromo (Cr) e cobre (Cu)

Os teores de Pb e Zn variaram de 1,01-8,38 mg kg⁻¹ para Pb e 0,67- 45,9 mg kg⁻¹ para o Zn (Tabela 9). Os teores de Pb e Zn foram considerados baixos em comparação aos resultados obtidos para solos de Pernambuco (Biondi 2010) e para os solos do Rio Grande do Norte (Costa, 2013).

O Pb foi encontrado em maior concentração nos Vertissolos, com valores variando de 8,38 a 7,76 mg kg⁻¹ nas profundidades superficiais e sub superficiais respectivamente (Figura 8). É interessante observar que o *menor* valor nesse solo foi superior aos *maiores* valores encontrados nos Neossolos e Planossolos. Esse elevado teor provem do chumbo adsorvido nas argilas formando os folhelhos da grupo Santo Amaro (Figura 5). No entanto, todos os solos possuem teores abaixo do valor prevenção (72 mg kg⁻¹) definido pelo CONAMA (2009).

GjoKa et al (2011) avaliando os teores naturais de metais em solos da Tirana, obtiveram valores médios de 36,7 mg kg⁻¹ de Pb e 122,1 mg g⁻¹ de Zn, valores estes superiores aos encontrados nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul. Huguen et al. (2013), estudando os teores naturais de Zn em solos de Santa Catarina observaram que solos desenvolvidos sobre granito e micaxisto possuem 13,7 e 20,6 mgkg⁻¹ respectivamente, valores estes que se assemelham aos valores obtidos neste estudo. Esses resultados refletem os baixos teores desses elementos nos materiais de origem dos solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul, indicando a importância de estudos regionalizados para determinação dos valores naturais desses metais.

Para a ordem dos Vertissolos (Tabela 6), o teor médio de Zn observado foi de 0,67 – 45,9 mg kg⁻¹. Este valor é superior ao encontrado por Biondi et al. (2011) para um exemplar de solo da mesma ordem.

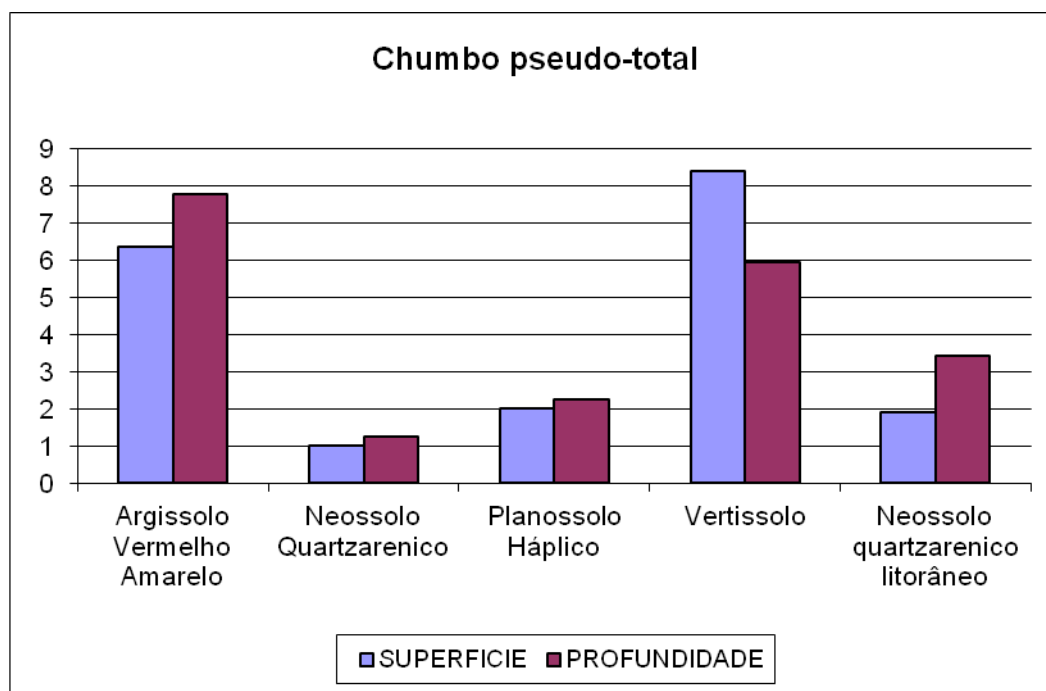
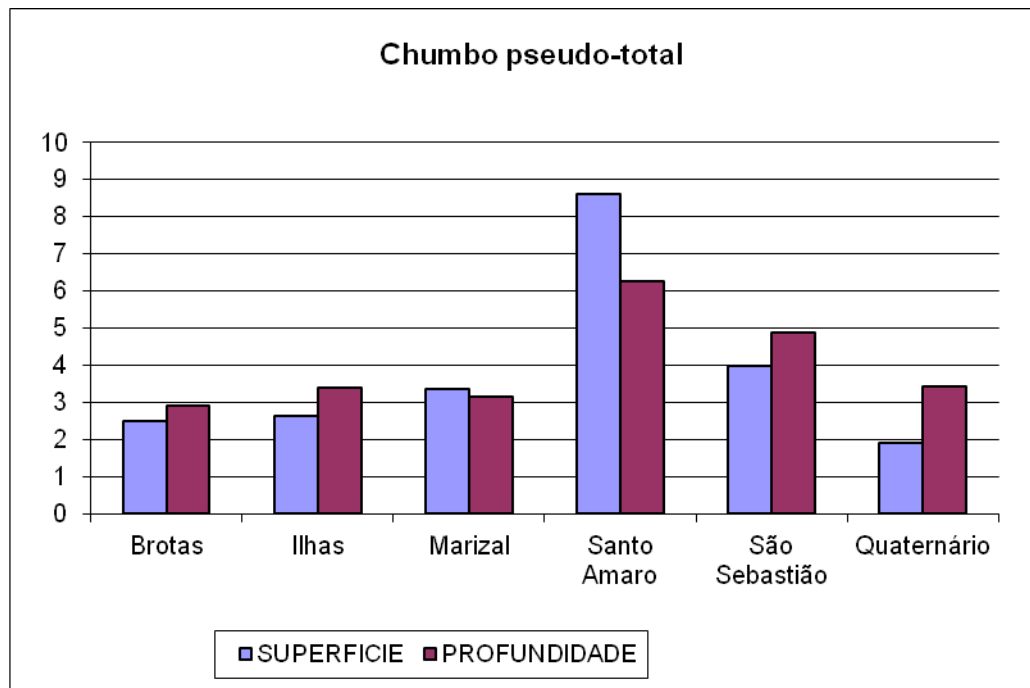


Figura 5: Influencia da geologia no teor de chumbo no solo

Os teores naturais de Cr variaram de 0,82 a 43,3 mg kg⁻¹ no horizonte superficial e 2,17 a 43,9 mg kg⁻¹ nos horizontes subsuperficial (Tabela 9). Tais valores são relativamente inferiores a faixa estabelecida por Biondi et al. (2011) para Solos de Referência de Pernambuco (1,45 – 120,00 mg kg⁻¹).

Os teores mais elevados foram observados nos perfis de Vertissolos, derivado de folhelhos, com 43,3 e 43,9 mg kg⁻¹, nos horizontes superficial e subsuperficial, respectivamente, seguido pelo Argissolo Vermelho Amarelo, com 16,03 e 20,34 mg kg⁻¹, e Planossolo Aplico, com teores de 15,32 e 16,61 mg kg⁻¹. Estes resultados corroboram a expectativa de se observarem maiores teores de Cr associados a solos derivados de rochas sedimentares argilosas (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007) (Tabela 6).

O teor natural médio (16,6 mg kg⁻¹) foi inferior ao relatados por Costa (2013), (26,55 mg kg⁻¹), Fadigas et. (2010) (26,8 mg kg⁻¹) e por Biondi (2010)(27,14 mg kg⁻¹), por Junior (2014) (28,14 mg kg⁻¹).

Os solos apresentaram teores médios de Cu (10,26 mg kg⁻¹) superiores aos valores determinados para o Estado de Pernambuco (7,15 mg kg⁻¹) (Biondi et al., 2011), superiores aos valores para o estado de Paraíba (10,25 mg kg⁻¹). Estes resultados refletem o teor elevado deste metal nos materiais de origem dos solos das bacias sedimentares de Recôncavo e Tucano Sul. Além disso, é notável a ausência da influencia da litologia no teor de cobre nos solos, pois solos formados a partir de rochas de diferentes formações geológicas apresentaram teores muito semelhantes (Tabela 7).

Campos et al. (2003), avaliando Latossolos de diferentes regiões do País e desenvolvidos a partir de vários materiais de origem, observaram teores de Cu variando entre 3 e 238 mg kg⁻¹, atribuindo os maiores teores a solos provenientes de rochas máficas.

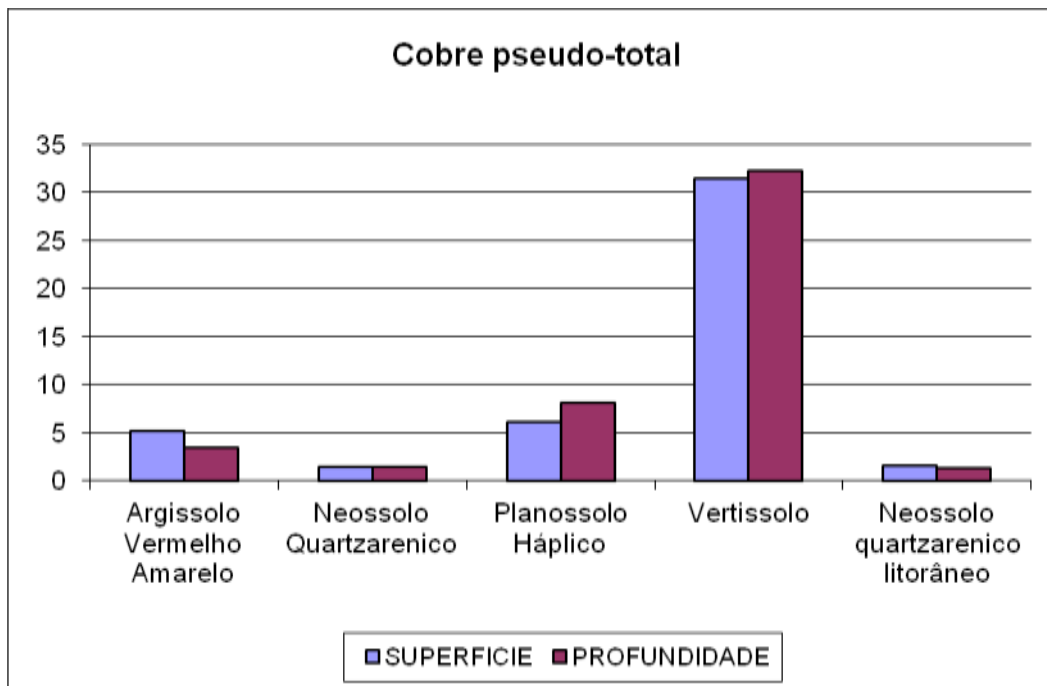
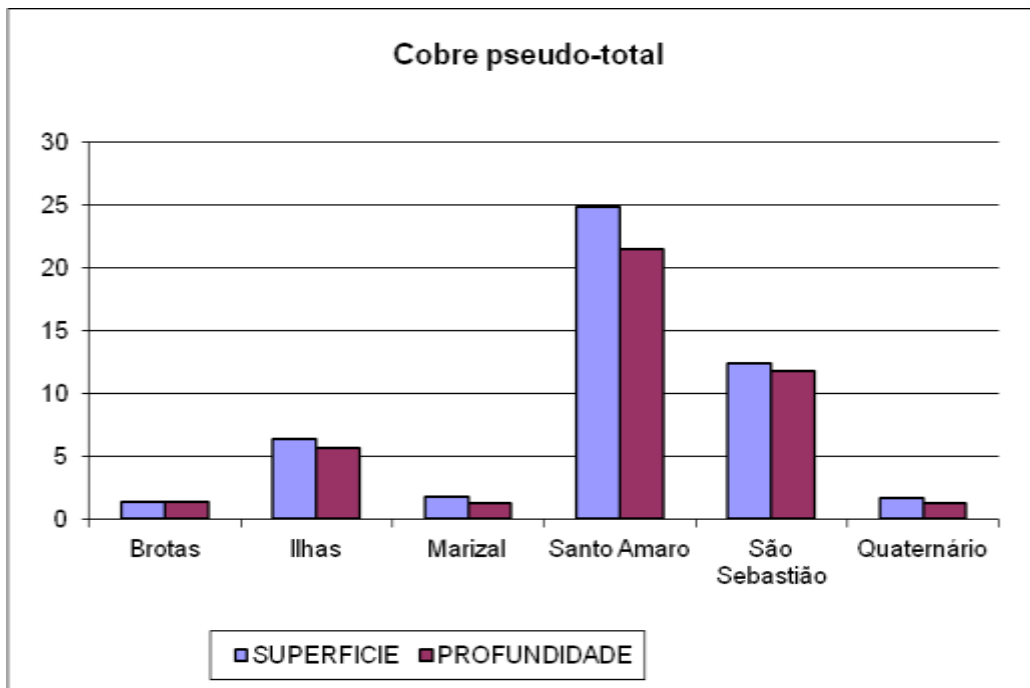


Figura 7: Influencia da geologia no teor de Cobre (Cu) chumno solo

4.3.3. Níquel (Ni)

Os solos das bacias sedimentares do Reconcavo e Tucano apresentaram teores naturais de Ni de 0,69 a 17,36 e 0,83 a 17,85 mg kg⁻¹ nos horizontes superficiais e subsuperficiais respectivamente com uma média de 6,81, estes valores foram relativamente superiores aos determinados para o Estado da Pernambuco (6mg kg⁻¹) (Biondi et al., 2011) e inferiores aos valores determinados para o Estado de Paraíba ((10,25 mg kg⁻¹) (Junior, 2014) . Os baixos teores de Ni são reflexos do material de origem, composto essencialmente por rochas sedimentares. Elevados teores de Ni foram relatados para solos desenvolvidos sobre rochas máficas e ultra-máficas (Gasser et al, 1995; D'Amico et al., 2008; Fabricio Neta, 2012). O teor mais elevado de Ni (17,85 e 17,36 mg kg⁻¹) foram encontrado nos Vertissolos, indicando maior abundância deste elemento nos solos derivados de derivado de folhelhos.

4.4. Correlação entre atributos físico-químicos dos solos

4.4.1. Correlação entre fertilidade e metais

Os resultados indicam que as variações nos teores naturais de metais, de modo geral, podem ser atribuídas às alterações nos atributos físicos e químicos do solo.

Foram estabelecidas correlações positivas entre os valores de pH e a maioria dos metais, evidenciando a importância deste parâmetro nos estudos de poluição de solo (Tabela 6) e corroborando as informações obtidas por Costa (2013). Salienta-se que, em solos pH dependentes, o aumento do pH favorece a dissociação de íons H^+ dos grupos OH dos óxidos, aumentando a capacidade de adsorção de metais, bem como, propiciam a sua precipitação na forma de hidróxidos e carbonatos, tornando-os menos solúveis e disponíveis. A adsorção de ânions ao contrário do que ocorre com os cátions, é geralmente estimulada em ambientes ácidos (McBride, 1994). Adicionalmente, o Al correlacionou-se negativamente com Cu, Ni, Mn, Pb, Na, V e Zn, e positivamente com o MO (Tabela 6). Isto se deve, sobretudo, à superfície do solo sofrer protonação e ficar positivamente carregada, contribuindo para a capacidade de troca de ânion. Ressalta-se que este elemento não se correlacionou com nenhum outro atributo do solo.

Santos & Alleoni (2013), avaliando os teores naturais de metais em solos de Mato Grosso e Rondônia, também reconhecem a importância do pH sobre a quantidade de metais nos solos, atribuindo aos solos ácidos (pH variando entre 4,3-6,2) os baixos níveis de metais.

O pH é considerado o atributo mais importante do solo que afeta a disponibilidade dos metais (McBRIDE, 1994). Segundo ALLOWAY (1995), em geral, os metais são mais móveis em condições ácidas. Isso ocorre, pois segundo Impellitteri et al. (2001), com a diminuição do pH o íon H^+ compete com os metais pelos sítios de troca. Ainda segundo os mesmos autores, o aumento do pH normalmente reduz sua disponibilidade, pois as cargas negativas originadas pela desprotonação dos componentes do solo tendem a ser balanceadas pelos metais.

Tabela 9: Matriz de correlação de Pearson (valores significativos em negrito; $p < 0,0001$), para atributos físico-químicos de solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul.

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	SB	CTC	V	MO	Areia	Argil	Silte	Fe	Ti	Mn	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu	
pH	1,00																						
P	0,66	1,00																					
K	0,30	0,32	1,00																				
Ca	0,61	0,31	0,10	1,00																			
Mg	0,66	0,43	0,14	0,67	1,00																		
Al	-0,49	-0,36	-0,23	-0,29	-0,26	1,00																	
Na	0,46	0,51	0,16	0,15	0,54	-0,17	1,00																
SB	0,72	0,46	0,18	0,91	0,89	-0,32	0,49	1,00															
CTC	0,62	0,41	0,14	0,91	0,88	-0,19	0,45	0,98	1,00														
V	0,87	0,58	0,39	0,66	0,70	-0,52	0,34	0,75	0,68	1,00													
MO	-0,04	-0,05	0,02	0,39	0,13	0,04	-0,19	0,26	0,35	0,06	1,00												
Areia	-0,47	-0,28	-0,11	-0,75	-0,70	-0,07	-0,34	-0,80	-0,85	-0,51	-0,49	1,00											
Argila	0,35	0,27	0,05	0,66	0,65	0,12	0,37	0,72	0,80	0,40	0,42	-0,93	1,00										
Silte	0,52	0,24	0,15	0,71	0,60	-0,02	0,23	0,72	0,75	0,55	0,48	-0,88	0,64	1,00									
Fe	0,39	0,26	0,11	0,76	0,66	0,15	0,21	0,77	0,85	0,46	0,50	-0,92	0,89	0,76	1,00								
Ti	0,10	0,07	0,00	0,43	0,39	0,20	0,07	0,43	0,52	0,20	0,53	-0,77	0,80	0,56	0,74	1,00							
Mn	0,46	0,31	0,16	0,73	0,62	-0,18	0,16	0,72	0,77	0,58	0,56	-0,74	0,66	0,69	0,77	0,51	1,00						
Pb	0,17	0,11	0,00	0,56	0,42	0,20	0,04	0,51	0,60	0,29	0,57	-0,73	0,71	0,60	0,77	0,76	0,59	1,00					
Zn	0,57	0,34	0,16	0,88	0,62	-0,22	0,19	0,83	0,84	0,63	0,48	-0,81	0,72	0,76	0,80	0,57	0,82	0,68	1,00				
Cr	0,05	0,11	0,02	0,42	0,26	0,29	-0,02	0,36	0,45	0,16	0,52	-0,58	0,57	0,47	0,66	0,55	0,52	0,68	0,47	1,00			
Ni	0,41	0,20	0,04	0,65	0,41	-0,20	0,36	0,63	0,63	0,38	0,29	-0,50	0,46	0,46	0,46	0,23	0,43	0,29	0,56	0,12	1,00		
Cu	0,44	0,35	0,13	0,73	0,67	-0,10	0,20	0,75	0,79	0,52	0,41	-0,75	0,69	0,67	0,80	0,46	0,67	0,65	0,72	0,58	0,36	1,00	

Tabela 10: Matriz de correlação de Pearson (valores significativos em negrito; $p < 0,0001$), para atributos físico-químicos de solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul, na profundidade de 0-20 cm

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	SB	CTC	V	MO	Areia	Argil	Silte	Fe	Ti	Mn	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu	
pH	1,00																						
P	0,73	1,00																					
K	0,83	0,74	1,00																				
Ca	0,58	0,34	0,50	1,00																			
Mg	0,67	0,29	0,55	0,71	1,00																		
Al	-0,61	-0,41	-0,52	-0,39	-0,37	1,00																	
Na	0,58	0,46	0,35	0,19	0,61	-0,24	1,00																
SB	0,69	0,38	0,57	0,96	0,87	-0,42	0,41	1,00															
CTC	0,56	0,29	0,49	0,95	0,86	-0,29	0,35	0,98	1,00														
V	0,87	0,62	0,77	0,66	0,71	-0,67	0,42	0,74	0,64	1,00													
MO	0,01	-0,08	0,19	0,63	0,43	0,13	-0,15	0,57	0,70	0,13	1,00												
Areia	-0,48	-0,19	-0,51	-0,78	-0,79	0,18	-0,26	-0,83	-0,88	-0,55	-0,76	1,00											
Argila	0,37	0,12	0,38	0,75	0,78	-0,11	0,25	0,80	0,88	0,46	0,80	-0,95	1,00										
Silte	0,54	0,26	0,59	0,74	0,71	-0,22	0,25	0,78	0,79	0,60	0,63	-0,95	0,81	1,00									
Fe	0,40	0,20	0,43	0,83	0,79	-0,16	0,25	0,87	0,93	0,54	0,79	-0,93	0,94	0,82	1,00								
Ti	0,15	0,04	0,28	0,51	0,49	-0,05	0,08	0,52	0,61	0,28	0,75	-0,79	0,83	0,67	0,74	1,00							
Mn	0,39	0,25	0,47	0,74	0,75	-0,28	0,25	0,79	0,84	0,57	0,68	-0,78	0,77	0,70	0,84	0,58	1,00						
Pb	0,21	0,10	0,31	0,65	0,55	0,05	0,04	0,65	0,73	0,34	0,76	-0,77	0,80	0,66	0,82	0,80	0,70	1,00					
Zn	0,58	0,31	0,59	0,94	0,73	-0,37	0,18	0,92	0,93	0,64	0,70	-0,86	0,82	0,82	0,87	0,63	0,82	0,75	1,00				
Cr	0,05	0,09	0,14	0,54	0,43	0,09	0,00	0,52	0,62	0,24	0,76	-0,64	0,69	0,53	0,72	0,60	0,61	0,71	0,55	1,00			
Ni	0,43	0,12	0,23	0,85	0,55	-0,21	0,17	0,80	0,80	0,44	0,48	-0,60	0,61	0,53	0,65	0,35	0,53	0,47	0,76	0,25	1,00		
Cu	0,38	0,20	0,37	0,79	0,74	-0,20	0,29	0,82	0,88	0,50	0,71	-0,87	0,86	0,79	0,90	0,66	0,73	0,79	0,79	0,77	0,58	1,00	

Tabela 11: Matriz de correlação de Pearson (valores significativos em negrito; $p < 0,0001$), para atributos físico-químicos de solos das Bacias do Recôncavo e Tucano Sul, na profundidade de 60-80 cm

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	SB	CTC	V	MO	Areia	Argil	Silte	Fe	Ti	Mn	Pb	Zn	V	Cr	Ni	Cu	
pH	1,00																							
P	0,68	1,00																						
K	0,75	0,82	1,00																					
Ca	0,60	0,34	0,23	1,00																				
Mg	0,64	0,62	0,49	0,64	1,00																			
Al	-0,50	-0,38	-0,40	-0,26	-0,26	1,00																		
Na	0,50	0,62	0,52	0,18	0,59	-0,21	1,00																	
SB	0,73	0,61	0,46	0,87	0,90	-0,30	0,59	1,00																
CTC	0,64	0,57	0,39	0,87	0,89	-0,16	0,55	0,98	1,00															
V	0,88	0,61	0,71	0,67	0,73	-0,48	0,39	0,77	0,71	1,00														
MO	-0,12	-0,06	-0,15	0,14	-0,02	0,24	-0,23	0,01	0,10	-0,06	1,00													
Areia	-0,42	-0,42	-0,31	-0,69	-0,62	-0,22	-0,44	-0,75	-0,83	-0,46	-0,37	1,00												
Argila	0,29	0,44	0,28	0,58	0,55	0,21	0,43	0,66	0,74	0,35	0,35	-0,94	1,00											
Silte	0,51	0,28	0,27	0,69	0,58	0,18	0,34	0,71	0,75	0,51	0,30	-0,84	0,61	1,00										
Fe	0,33	0,36	0,20	0,69	0,57	0,33	0,24	0,68	0,77	0,37	0,38	-0,92	0,87	0,77	1,00									
Ti	0,02	0,12	0,02	0,35	0,32	0,33	0,07	0,34	0,43	0,12	0,50	-0,75	0,80	0,49	0,73	1,00								
Mn	0,61	0,47	0,46	0,78	0,65	-0,09	0,27	0,77	0,80	0,66	0,30	-0,77	0,68	0,71	0,75	0,47	1,00							
Pb	0,10	0,15	0,03	0,46	0,33	0,31	0,03	0,40	0,49	0,23	0,71	-0,71	0,66	0,61	0,72	0,75	0,50	1,00						
Zn	0,57	0,40	0,37	0,86	0,58	-0,18	0,23	0,78	0,82	0,65	0,40	-0,78	0,67	0,75	0,74	0,50	0,87	0,61	1,00					
Cr	0,04	0,15	0,06	0,38	0,22	0,56	-0,03	0,30	0,41	0,09	0,49	-0,70	0,67	0,59	0,80	0,67	0,47	0,81	0,46	0,71	1,00			
Ni	0,58	0,34	0,25	0,63	0,50	-0,28	0,67	0,73	0,69	0,47	-0,04	-0,54	0,50	0,47	0,37	0,16	0,50	0,20	0,58	0,23	0,10	1,00		
Cu	0,47	0,56	0,35	0,72	0,68	-0,05	0,24	0,74	0,79	0,55	0,30	-0,69	0,60	0,67	0,77	0,33	0,74	0,57	0,72	0,43	0,57	0,29	1,00	

A Matéria Orgânica (MO) não contribuiu de forma significativa para a avaliação da variação geral dos teores de metais por não correlacionar significativamente com nenhum metal pesado analisado. Resultados semelhantes foram obtidos para os solos de Mato Grosso e Rondônia (Santos, 2011). Contudo, para solos de Pernambuco, a matéria orgânica correlacionou-se positivamente com os teores de Zn, Cu, Ba e Pb (Biondi, 2010); tendência explicada pela afinidade destes elementos com a fração matéria orgânica do solo (Melo et al., 2008, Silva & Vitti, 2008). É interessante lembrar que a influencia da matéria orgânica do solo sobre os teores naturais de metais não é apenas dependente do seu conteúdo, mas também de seus componentes. Segundo McCauley et al. (2009), a matéria orgânica pode fornecer produtos químicos orgânicos para a solução do solo que pode servir de quelatos e aumentar a disponibilidade de metais para as plantas.

A CTC correlacionou-se significativamente ($p < 0,01$) e positivamente com a maioria dos metais analisados nas duas profundidades, com a exceção do As. Vale destacar que, este elemento, não se correlacionaram com a maioria das variáveis analisadas (Tabela 6,7 e 8); possivelmente devido ao grande número de amostras com teores abaixo do limite de detecção. Neste sentido, a CTC é um parâmetro que exerce forte influência sobre a retenção e disponibilidade de metais no solo. Os dados obtidos neste trabalho estão de acordo com relatos por Jalali & Jalali (2011). Salienta-se que o Zn foi o metal que melhor se correlacionou ($r = 0,82$) com a CTC.

4.4.2 Efeito da textura nos teores dos metais

Quanto à análise granulométrica, foram obtidas correlações inversas entre os teores de metais e a fração areia (Tabela, 6,7,8), corroborando com Costa (2013), que destacou que as correlações negativas entre os metais e a fração areia deve-se a assembleia mineralógica dos solos, constituída essencialmente por feldspatos e quartzo. Em contrapartida, foram observadas correlações significativas e positivas entre os metais e as frações silte e argila do solo, exceto As.

As concentrações de metais tende a ser maior em solos com teor de argila mais elevado, devido à capacidade dos argilominerais adsorverem cátions (Rodriguez-Martín et al., 2008), este fato observou-se na Bacia do Recôncavo (Mata Atlântica) (figura8).

Alguns trabalhos como a do Zhao et al (2007) verificaram que para os solos da Inglaterra e país de Gales, a textura do solo exerce forte influência sobre a concentração de metais (Cd, Co, Cr, Cu, Ni e Zn), sendo 3,5 vezes maior em solos argilosos que arenosos. Paye et al. (2012), verificaram que a distribuição dos metais em solos do Espírito Santo foi influenciado fortemente pelos teores de Fe, Mn, Ti, silte + argila e carbono orgânico.

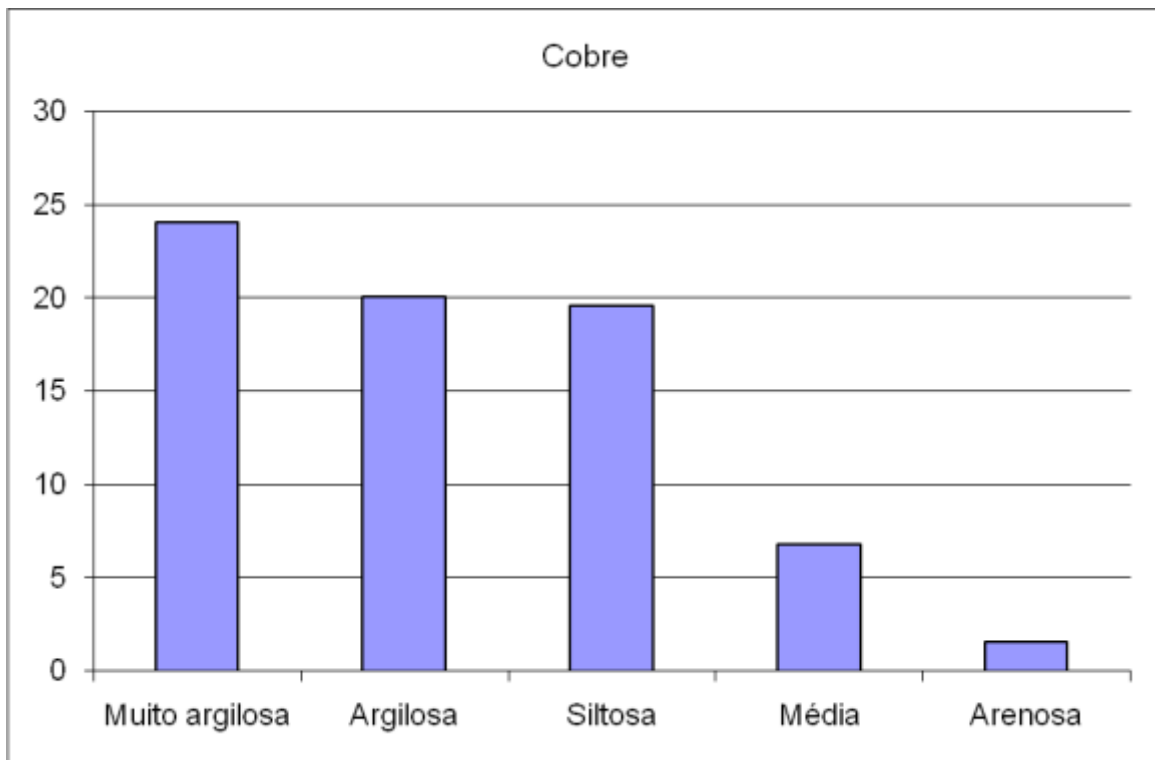


Figura 8: Efeito da textura na variação do teor do Cu

4.4.3. Correlação entre metais

A análise de correlações de Person também foi realizada entre os metais (gráfico 7). De modo geral, houve correlações significativas ($p < 0,01$) e positivas entre os metais exceto o As.

Foram observadas estreitas correlações positivas ($p < 0,01$), entre Fe e Mn com todos os metais, exceto As (Tabelas, 6,7 e 8). Correlações próximas entre Fe e Mn sugere elevada afinidade geoquímica entre ambos, podendo, inclusive, esses elementos indicarem indiretamente os teores de outros metais. Resultados similares foram obtidos por Zeng et al. (2011), Júnior (2014). Diversos trabalhos têm mostrados que os óxidos, oxi-hidróxidos e hidróxidos de Fe e Mn são considerados excelentes amenizantes e barreiras geoquímicas para metais em solos minerais (Becquer et al., 2006; Jones & Jacobsen, 2009; Friedrich et al., 2011). Análise geoquímica de solos da Inglaterra e país de Gales revelou forte associação entre Co, Cr e Ni com Al e Fe (Zhao et al., 2007).

O Cr estabeleceu correlações significativas ($p < 0,01$) com os teores de Pb ($r=0,81$) na profundidade de 60-80 cm, e positivas ($r \geq 0,77$). Junior (2014) ao estudar as correlações entre os metais em solos da Itália, verificou que o Cr correlacionou positivamente apenas com o Ni ($r=0,96$), Co ($r=0,83$), Sb ($r=0,81$), Cu ($r=0,80$) e Fe ($r=0,70$).

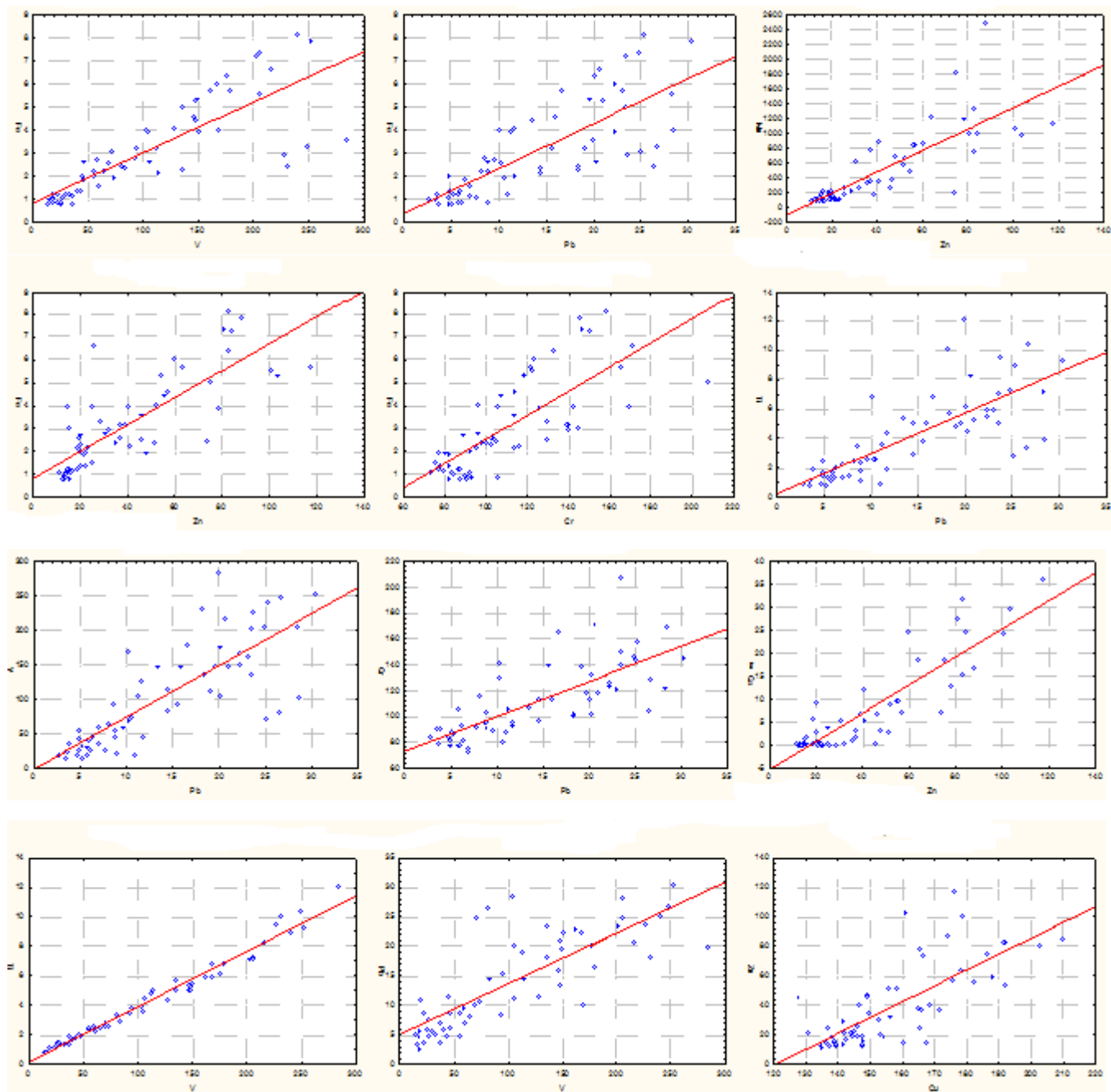
O Cu apresentou estreita relação com Pb ($r=0,82$), CTC ($r=0,88$), Fe ($r=0,90$), Argila ($r=0,86$), Cr ($r=0,77$) Ti ($r=0,66$) Mn ($r=0,73$), Zn ($r=0,79$), nas profundidades de 0-20 cm. No geral Cu estabeleceu correlações significativas com todos os metais exceto o As, indicando a afinidade geoquímica entre esses metais (Tabela 6). Biondi (2011), também verificou correlações positivas do Cu com o Zn ($r=0,78$), Co ($r=0,81$) e Ni ($r=0,73$).

A baixa variação do teor de Ti verificada nesta pesquisa indica a reduzida mobilidade destes elementos no perfil do solo. Foi estabelecida uma estreita correlação ($p < 0,01$) entre eles ($r= 0,99$).

O Pb correlacionou-se positivamente com a maioria dos metais analisados (Tabelas 8,9 e 10). Junior,(2014) ao estudarem os valores de referência para os metais Cd, Cr, Ni, Pb, Zn e Cu em solos da Tirana, encontrou maior afinidade com Zn ($r=0,71$), Cu ($r=0,66$) e Sb ($r=0,65$).

O teor de carbono orgânico estabeleceu correlações positivas, com os teores de Co, Zn, Fe e Ti e Cu no horizonte superficial. A estreita relação com o Cu deve-se à afinidade existente entre Cu e carbono orgânico, e à capacidade que este metal tem de formar complexos com compostos orgânicos, a correlação entre eles já era esperada.

Figura 9: Correlações entre os metais das bacias do Tucano Sul e do Recôncavo



5. Efeito do clima nos teores dos metais

Nos solos desenvolvidos sob clima semi-árido, podemos verificar que os teores de metais se correlacionaram bem com o teor de silte, e menos com o teor de argila.(Figura 6), enquanto o inverso ocorre nos solos desenvolvidos sob clima úmido. Portanto, podemos supor que no clima semi-árido, os metais são contidos nos minerais primários ainda não intemperizados da fração silte; sob clima úmido, a forte pedogênese leva a destruição dos minerais primários e liberação dos metais os quais vão se acumular nas argilas e óxidos recém-formados por alitização.

Outra possibilidade, apontada por Klamt & Van Reeuwijk (2000), é que a correlação existente entre silte e metais se deve a presença de minerais de argila e óxidos de Fe e Mn associados, formando agregados do tamanho de silte.

As correlações entre as espécies químicas revelam também uma maior correlação entre os metais de transição e os metais alcalinos e calco-alcalinos trocáveis no clima semiárido (Figura 7). As correlações entre os metais traço (Pb, Zn, V, Cr, Ni e Cu) e os óxidos do solo (Fe, Ti, Mn) seguem a mesma tendência. Essas relações são atribuídas à origem geológica dos metais, a qual é mais presente no clima semiárido devido à uma pedogênese mais avançada quando comparada à pedogênese das mesmas formações geológicas sob clima tropical úmida da bacia do Recôncavo. Assim, a relação co-genética dos metais é bem mais preservada sob clima semiárido (Figuras 9, 10 e 11).

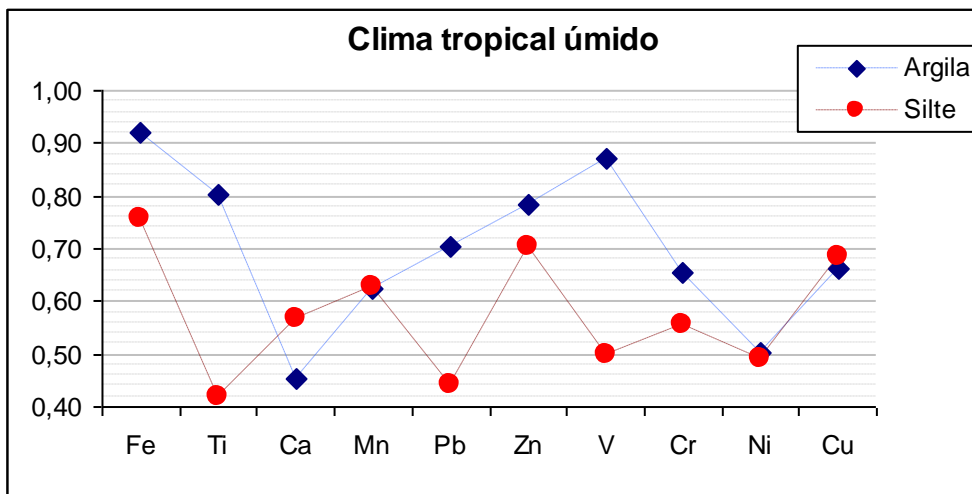
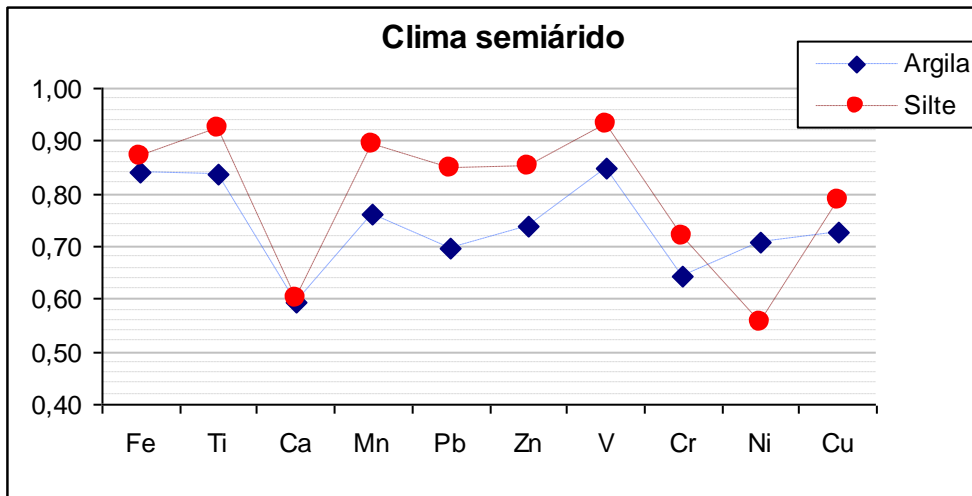


Figura 10: Coeficientes de correlação dos teores dos metais com o teor de argila e com o teor de silte nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)

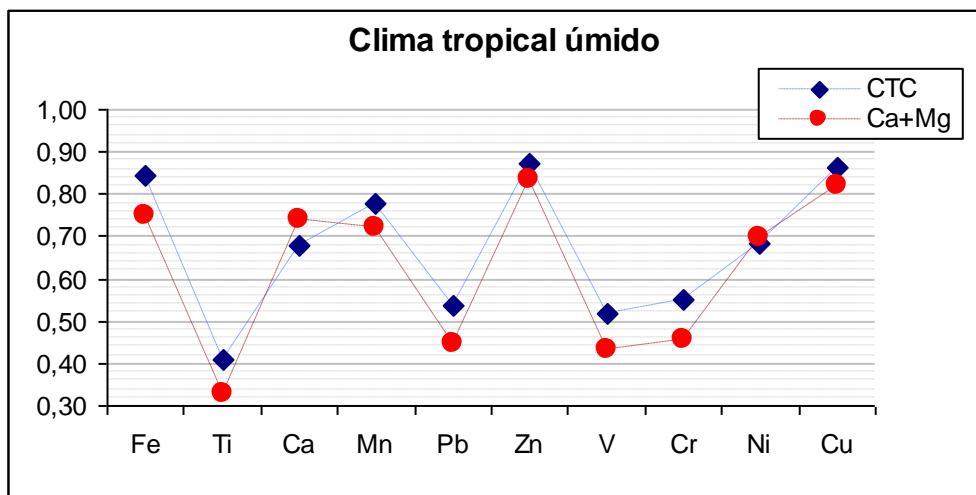
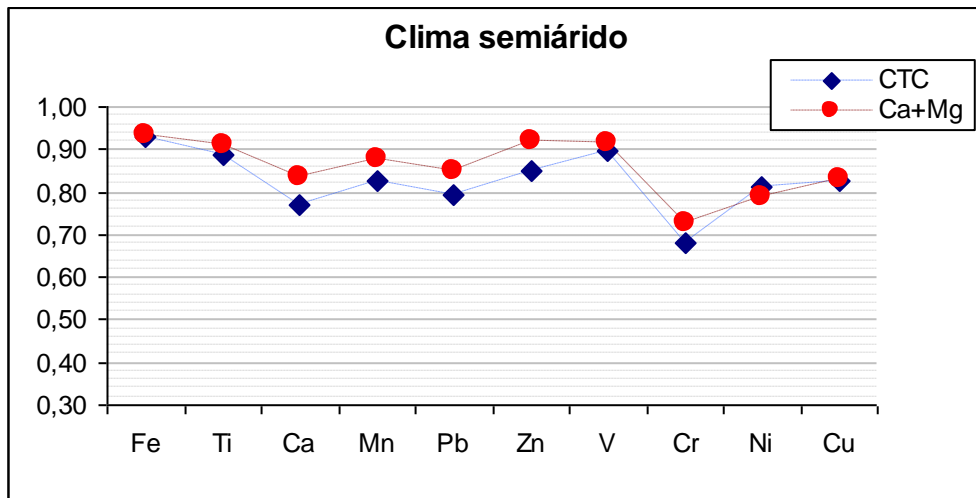


Figura 11: Coeficientes de correlação dos teores dos metais com a CTC e com o teor $Ca_{troc}+Mg_{troc}$ nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)

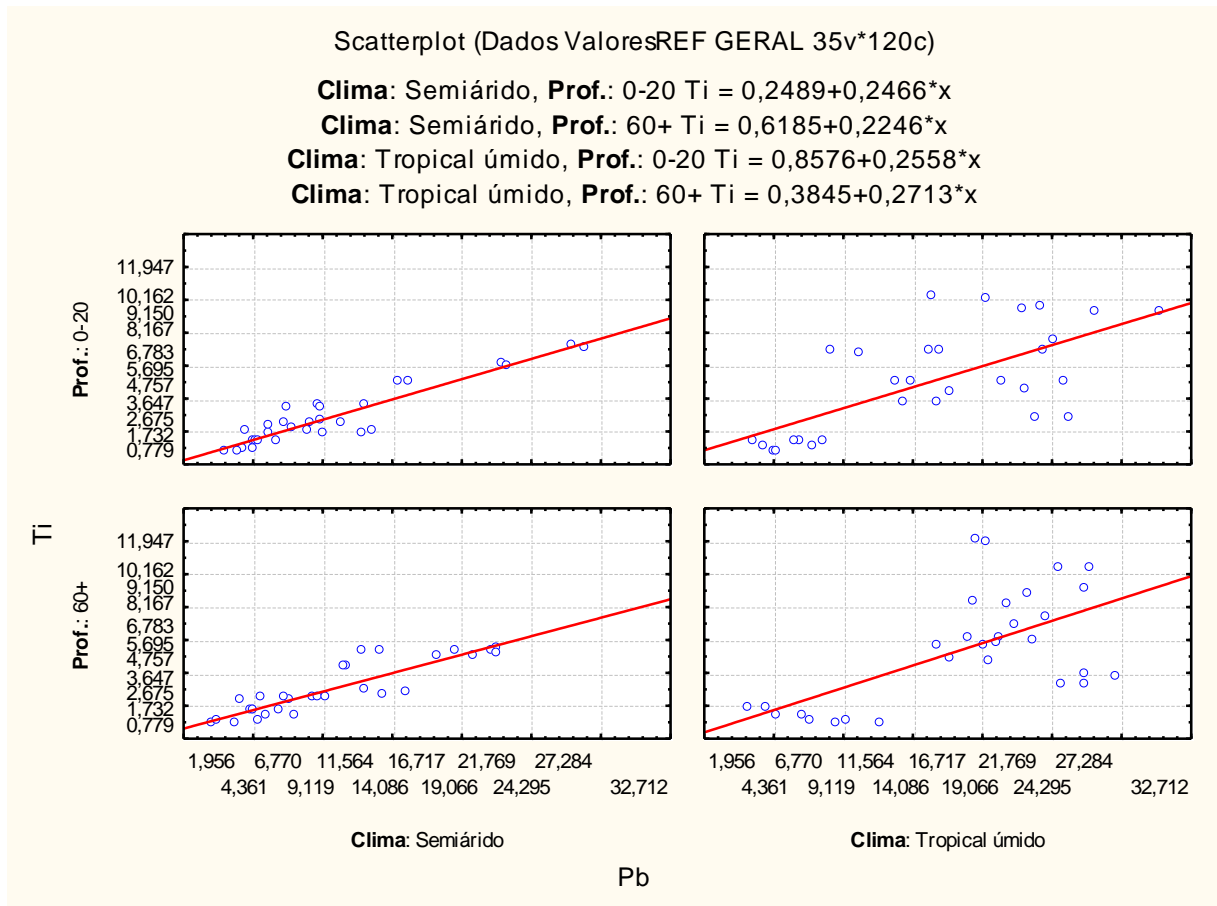


Figura 12: Correlações entre teores de Pb e Ti nas profundidades 0-20 cm e 60-80 cm nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)

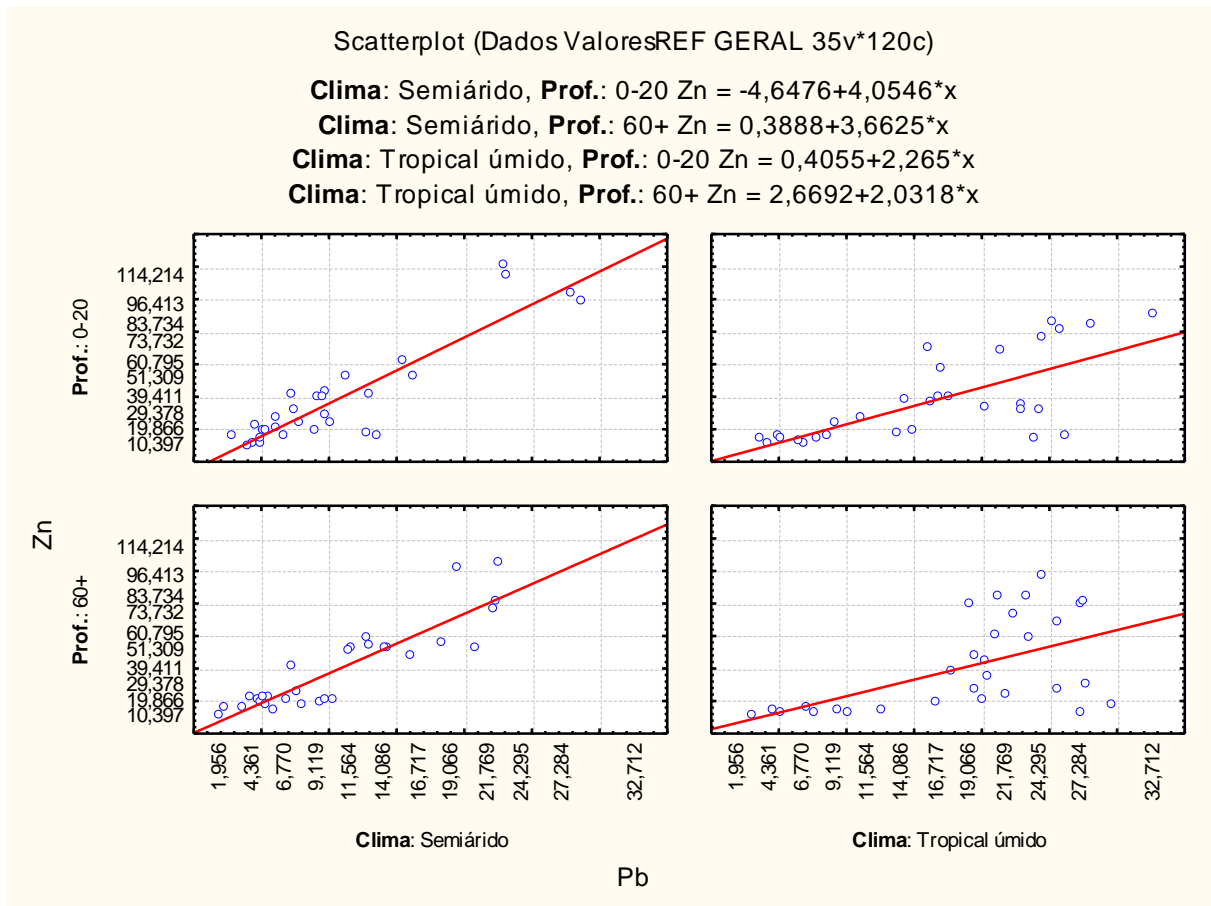


Figura 13: Correlações entre teores de Pb e Zn nas profundidades 0-20 cm e 60-80 cm nos solos da bacia do Tucano Sul (Clima semiárido) e da bacia do Recôncavo (Clima tropical úmido)

Conclusão

A abundância natural dos metais pesados nos solos das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano seguiu a seguinte ordem decrescente: $\text{Ca} > \text{Ti} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{V} > \text{Ni} > \text{As} > \text{Zn} > \text{Pb}$. Estes teores variaram em função da ordem de solo, do material de origem e do clima, sendo constatados no Neossolos os teores mais baixos e, nos Vertissolos, os mais altos, para a maioria dos metais analisados.

Quanto à análise granulométrica, foram obtidas correlações inversas entre os teores de metais pesados e a fração areia isto deve-se a assembleia mineralógica dos solos, constituída essencialmente por feldspatos e quartzo. Todos os solos se encontram muito abaixo do Valor de Prevenção indicado pelo CONAMA (300 mg kg^{-1}), apenas os Perfis de Vertissolos possuem valores próximos ao de Valor de Referência de Qualidade.

Em contrapartida, foram observadas correlações significativas e positivas entre os metais e as frações silte e argila do solo, exceto As.

A análise de correlação indica que, de modo geral, os teores de metais pesados foram controlados pelo pH, pela CTC(t), pelos teores de Fe e Mn e pela fração silte e argila.

Referencias Bibliográfica

ABREU JUNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: Vidal-Torrado et al. (ed). Tópicos de Ciência do Solo. 4 Ed: Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. pg. 391-470.

AB'SABER, A. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. In: ALVAREZ V.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F., Ed. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV-Deptº de Solos, 1996. p. 1-18.

AKKER, A. H.; & DELFT, W. Comparison of microwave and conventional extraction techniques for the determination of metal in soil, sediment and sludge sample by atomic spectrometry. Analyst, Vol. 116, p. 347-351, 1991

ALLEONI, L.R.F.; IGLESIAS, C.S.M.; MELLO, S.C.; CAMARGO, O.A.; CASAGRANDE, J.C.; LAVORENTI, N.A. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. Acta Scientiarum Biological Sciences, Maringá. v. 27, n. 4, p. 729-737, out./dez. 2005.

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. Ed. Blackie Academic & Professional. New York, John Wiley & Sons, 1990. 1-39 p.

ALVES, J. J. A; ARAÚJO, M. A; NASCIMENTO, S. S. do; Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. Revista Caatinga, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ANTONIADIS, V., ROBINSON, J.S., ALLOWAY, B.J., Effects of short-term pHfluctuations on cadmium, nickel, lead, and zinc availability to ryegrass in a sewage sludge-amendedfield. Chemosphere, v. 71, p.759-764, 2008.

ARAGÃO, M.A.N.F., Arquitetura da Bacia do Recôncavo. In: SBGF, CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOC. BRAS. DE GEOFÍSICA, e Janeiro. Resumos Expandidos, 143-14.

ARAÚJO FILHO, J. A. de. Histórico de uso dos solos na caatinga. In. ARAUJO, Q. R. de. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: Editus, 2002. p. 329-338.

ARAÚJO, J. C. T. & NASCIMENTO, C. W. A. Fracionamento e disponibilidade de zinco por diferentes extratores em solos incubados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 29, p977-985, 2005;

ASMUS, H.E. & PONTE, F.C., 1973. The Brazilian marginal basins. In *The ocean basins and margins*, eds Nairn, A.E.M. and Stehli, F.G., p. 87-133. Plenum Press, New York, USA;

BARBOSA, D. V. N. Os impactos da seca de 1993 no Semiárido Baiano: caso de Irecê. Salvador: SEI, 2000 (Séries estudos e pesquisas, 51).

BINI, C.; SARTORI, G.; WAHSHA, M.; FONTANA, S. Background levels of trace elements and soil geochemistry at regional level in NE Italy. *Journal of Geochemical Exploration*, n. 109, p. 125–133, 2011.

BIONDI, C. M. Teores Naturais de Metais Pesados nos Solos de Referência do Estado de Pernambuco. 2010, 67f. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Agronomia-Ciências do Solo, Recife;

BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FABRICIO NETA, A.B.; RIBEIRO, M.R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em Solos de Referência de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 35, p. 1057-1066, 2011a.

BURT, R., WILSON, M.A.; MAYS, M. D.; LEE, C. W. Major and trace elements of selected pedons in the USA. *J. Environ. Qual.* Vol.32, p. 2109-2121, 2003.B

RASIL. Mistério da Agricultura. Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba, Rio de Janeiro, Sudene, 1972. (Esc. 1:500.000).

BRAZÃO, J.E.M. (1981) – Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos – Folha SD 24, Salvador MME / RADAMBRASIL – RJ.

CAIRES, S. M. Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do Estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade, 2009, 304 p. Tese (Doutorado) - UFV, Viçosa.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, p. 89 – 119, 2001.

CAMPOS, M. L.; PIERANGELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES J. J.; CURI, N. Baseline Concentration of Heavy Metals in Brazilian Latosols. *Comm. Soil Sci. and Plant. Anal.* vol .34, p.547–557, 2003.

CARVALHO, S. R. L. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de metais pesados em solos derivados de sedimentos da Formação Barreiras. 2009. 202f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2009.

CARVALHO, S. R. L.; VILAS-BOAS, G. S.; FADIGAS, F. S. Estimativa da concentração de metais pesados em solos dos tabuleiros do Recôncavo da Bahia. *Cadernos de Geociências*, n. 7, p. 1-11, 2010.

CASAGRANDE, J. C. et al. Effects of pH and ionic strength on zinc sorption by a variable charge soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 35, n. 15-16, p. 2087-2095, 2004.

CASTRO JR., A. C. M. The northeastern Brazil and Gabon basins: a double rifting system associated with multiple crustal detachment surfaces. *Tectonics*, Washington, v. 6, n. 6, p. 727-738. 1987.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. DOROTHY C.P.CASARINI et al., São Paulo: CETESB, (Série Relatórios Ambientais). 2001. 73p.

CHANDER,K.; HARTMANN, G.; JOERGENSEN, R. G.; KHAN, K. S.; LAMERSDORF, N. Comparison of methods for measuring heavy metals and total phosphorus in soils contaminated by different sources. *Archives of Agronomy and Soil Science* Vol. 54, No. 4, p.413–422, 2008.

CHEN, M. & MA, L. Q. Comparison of four USEPA digestion methods for trace metal analysis using certified and Florida Soils. *Journal of Environmental Quality*. V. 27, nº 6, p.1294-1300, 1998

CHEN, M; MA, L.Q. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, vol. 65, p. 491-499, 2001.

CHEN, M; MA, L.Q.; Harris, W. Background Concentrations of Trace Metals in Florida Surface Soils: Comparison of Four EPA Digestion Methods and Baseline Concentration of 15 Metals. (Annual Progress Report), University of Florida,1998, 71p

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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.", Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009;

COSTA, W. P. L. B da. Metais pesados em solos do Rio Grande do Norte: Valores de Referência de Qualidade e relações geopedológicas. 2013. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia- Ciência do solo- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE).

CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife, 2002, 234p.

DAVIES, B.E. & WIXSON, B.G. Use of factor analysis to differentiate pollutants from other trace metals in surface soils of the mineralized area of Madison County, Missouri, USA. *Water Air Soil Poll.*, 33:339-348, 1987.

DARNLEY, A.G., BJORKLUND, A., BOLVIKEN, B., GUSTAVSSON, N., KOVAL, P.V., PLANT, J.A., STEENFELT, A., TAUCHID, M., XUEJING, X. A global geochemical database for environmental and resource management - Recommendations for International Geochemical Mapping, Final Report of IGCP Project 259. Paris: UNESCO, 2005, 134p;

DEMÉTRIO, C. G. B. Análise multidimensional para dados de cana-de-açúcar. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2002. 126p (Tese de Doutorado).

EMBRAPA., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., Manual de métodos de análise de solos., 2 ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997., 212 p.,

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 370p, 1999.

FADIGAS, F.S.; Moura Brasil do Amaral Sobrinho; Lucia Helena Cunha dos Anjos; Nelson Mazur. 2011. Background levels of some trace elements in weathered soils from the Brazilian Northern region. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.67, n.1, p.53-59

FADIGAS, F. S. ; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. ; ANJOS, L. H. C. Estimation of reference values for Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in Brazilian soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 37, p. 945- 959, 2006.

FADIGAS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. ; ANJOS, L. H. C.; FREIXO, A. A. Concentrações naturais de metais pesados de metais pesados em algumas classes de solos Brasileiros. *Bragantia (São Paulo), Campinas*, v. 61, n. 2, p. 151-159, 2002

FREITAS, E. V. DE S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULART, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, v. 33, p. 1899-1907, 2009.

GJOKA, F.; FELIX-HENNINGSEN, P.; WEGENER, H.R.; SALILLARI, I.; BEQIRAJ, A. Heavy metals in soils from Tirana (Albania). *Environmental Monitoring Assessment*. v. 172, p.517–527, 2011.

HOLMGREN, G.S.; MEYER, M.W.; CHANEY, R.L. & DANIELS, R.B. Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. *J. Environ. Qual.*, 22:335-348, 1993.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/patrimonio/>> Acesso em Outubro de 2014.

JACOMINE, P.K.T. Caracterização do estágio atual do solo sob caatinga. In: Araújo, Q. R. de. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ed. Editus, UESC, 2002.605 p.

JÚNIOR, A.B., Teores naturais e Valores de Referência de Qualidade para metais pesados em Solos do Estado da Paraíba. 2014. Tese (Doutorado Universidade Federal Rural de Pernambuco. - Ciências do Solo, Recife;

KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A.B. Trace elements from soil to human. New York: Springer, 450p, 2007.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 413p, 2001

KABATA-PENDIAS, A. PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants – 3ª ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2000. 315p.

KLAMT, E.; REEUWIJK, L.P. van. Evaluation of morphological, physical and chemical characteristics of Ferralsols and related soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.3, p.573-587, 2000.

LU, A.; WANG, J.; QIN, X.; WANG, K.; HAN, P.; ZHANG, S. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and origin of heavy metals in the agricultural soils in Shunyi, Beijing, China. *Science of the Total Environment*, v. 425, p. 66–74, 2012a.

LU, Z.; CAI, M.; WANG, J.; YANG, H.; HE, J. Baseline values for metals in soils on Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica: the extent of anthropogenic pollution. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 184, p. 7013–7021, 2012b.

MACHADO, S.L.; CARVALHO, M. de F.; C.W.C., DELGADO; ANJOS, J.A.S.A.; DOURADO, K.A.; AMPARO, N.S. do; CARDOSO, L.P.; LIMA, A.V.M.; SANTOS, D.M.; SANTOS, D.B. dos; KIPERSTOK FIRST, A.; SÁNCHEZ, L.; BOTELHO, M.A.B.; OLIVEIRA NETO, F.A. PROJETO PURIFICA – Proposta para remediação de áreas degradadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro da Purificação. Salvador, Bahia, 2003.

MAGNAVITA, L. P. Geometry and kinematics of the Recôncavo-Tucano-Jatobá rift, NE, Brazil. Oxford: University of Oxford, 493 p. Tese (Doutorado). 1992.

MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; COSTA, L.M.; MARTINEZ, M.A. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils. *Environmental Pollution*, v. 111, p. 429-435, 2001.

MARTINEZ-LLADÓ, X.; VILÀ, M.; MARTÍ, V.; ROVIRA, M.; DOMÈNECH, J.A. & PABLO, J. Trace element distribution in Topsoils in Catalonia: Background and reference values and relationship with regional geology. *Environ. Eng. Sci.*, 25/26:863-878, 2008.

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

MELO, E.E.C.; NASCIMENTO, C.W.A.; SANTOS, A.C.Q. & SILVA, A.S. Disponibilidade e fracionamento de Cd, Pb, Cu e Zn em função do pH e tempo de incubação com o solo. *Ci. Agrotec.*, 32:776-784, 2008.

MILANI, E. J.; DAVISON, I. Basement control and transfer tectonics in the Recôncavo-Tucano-Jatobá rift, Northeast Brazil. *Tectonophysics*, Amsterdam, v. 154, n. 1/2, p. 41-70, Nov. 1987.

NOGUEIRA, M. Redimensionamento da região semiárida do Nordeste do Brasil. CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza: 1994. p.7.

OLIVEIRA, E.R. Parecer técnico sobre a ampliação da Companhia Brasileira de Chumbo, em Santo Amaro, Ba. Salvador. CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento/Secretaria do Planejamento, Ciências e Tecnologia. Programa de Proteção ao Meio Ambiente, 88p.

OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciências do Solo, vol. 30, p.99-110, 2006.

PAYE, H. de S.; MELLO, J. W. V de; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B. de; FRANÇA, M.M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira Ciência do Solo, v.34, p.2041- 2051, 2010.

PAYE, H. de S.; MELLO, J. W. V.; MELO, S.B Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos- traço em solos. Revista Brasileira de Ciência do solo, v.36, p. 1031-1041, 2012.

PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T.; VANCE, G.F. Soil and Environmental Quality. p. 331-361, 2005.

RAIA, A. M. Degradacion de tierras em regiones semiáridas. In. CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13; Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: EMBRAPA. 1996. CD-ROM.

SANTOS, S. N. dos & ALLEONI, L. R. do F. Reference values for heavy metals in soils of the Brazilian agricultural frontier in Southwestern Amazônia. Environmental Monitoring and Assessment, v. 185, p.5737-5748, 2013.

SANTOS, S. N. dos. Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba/SP

SANTOS, J. S. DOS; LIMA, V. L. A. DE; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; SILVA, L. V. B. D.; AZEVEDO, C. A. V. de. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.1226-1233, 2010.

SANTOS, Rozely Ferreiras dos. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SALMINEN, R., C., BATISTA, M. J., B, M., DEMETRIADES, A., De V., B., De VOS, W., Duris, M., G., A., GREGORAUSKIENE, V., H., J., HEITZMANN, P., 2005,

FOREGS Geochemical Atlas of Europe, Part 1—Background information, methodology and maps: Geological Survey of Finland, Espoo, 525 pp. Also available at <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/>.

SÁNCHEZ, L.E.; ANJOS, J.Â.S.A. Plano de gestão ambiental para sítios contaminados por resíduos industriais - O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. Bahia Análise Dados, v. 10, p. 306-309, 2001.

ŠCANCAR, J.; MILACIC, S.; HORVAT, M. Comparison of various digestion and extraction procedures in analysis of heavy metals in sediments. Water, Air, and Soil Pollution. v. 118, p. 87–99, 2000.

SILVA, M.L.S. & VITTI, G.C. Fracionamento de metais pesados em solo contaminado antes e após cultivo de arroz. Quimica Nova, 31:1385-1391, 2008.

SINGH, A.; SHARMA, R.K.; AGRAWAL, M.; MARSHALL, F.M. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food and Chemical Toxicology, n. 48, p. 611–619, 2010.

SOARES, M.R. Coeficiente de distribuição (Kd) de metais pesados em solos do Estado de São Paulo. 2004. 202 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

TARLEY, C. R. T., ARRUDA M. A. Z. Adsorventes naturais: potencialidades e aplicações da esponja natural (*Luffa cylindrica*) na remoção de chumbo em efluentes de laboratório. Revista Analytica, v. 4, p.25-31, 2003.

TENG, Y., NI, S., WANG, J; NI, L.. Geochemical baseline of trace elements in the sediment in Dexing area, South China. Environmental Geology, v.57, p.1649–1660, 2009.

UESAMI, N.; KARNER, G. D.; BOTT, M. H. P. Crustal detachment during South Atlantic rifting and formation of Tucano-Gabon basin system. Nature, London, v. 322, p. 629-632, 1986.

VÁZQUEZ, F. M.; ANTA, R. C. Niveles genéricos de metales pesados y otros elementos traza em suelos de Galicia. Ed: Xunta de Galicia, 2009. 229 p.

WEBER, J. Biogeochemical processes and role of heavy metals in the soil environment. Geoderma, v. 122, p. 105-107, 2004.

YONGMING, H.; PEIXUAN, D.; JUNJI, C.; POSMENTIER, E. S.; Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of XI'an, Central China. *The Science of the total Environment*, v.355, p.176-186, 2006.

YU, K.C.; TSAI, L.J.; CHEN, S.H.; HO, S.T.; Correlation analyses on binding behavior of heavy metals with sediment matrices. *Water Research*, v.35, p.2417-2428, 2001.

ZHAO, F.J.; MCGRANT, S.P.; MERRINGTON. Estimates of ambient background concentrations of trace metals in soil for risk assessment. *Environmental Pollution*, v. 148, p. 221-229, 2007.

ZHAO, K.L., LIU, X.M., XU, J.M., SELIM, H.M. Heavy metal contaminations in a soil-rice system: identification of spatial dependence in relation to soil properties of paddyfields.. *Journal of Hazardous Materials*, n.181, p.778- 787, 2010.

ZENG, F.; ALI, S.; ZHANG, H.; OUYANG,Y.; QIU, B.; WU, F.; ZHANG, G. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. *Environmental Pollution*, v.159, p.84-91, 2011.

APENDICE

Apêndice 1. Caracterização física e química das amostras de solo das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul

Ponto	Prof.	Long	Lat	Cidade	Veget	Pedo	Geol	pH	P	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	MO	Areia	Argila	Silte
Sisth1	0-20	546045	8797026	Tucano	Caatinga	6	3	5	1	0,06	0,61	0,23	0,84	0,3	0,02	2,42	0,92	3,34	28	9	842	90	69
Sisth1	0-20	546045	8797026	Tucano	Caatinga	6	3	5	1	0,05	0,63	0,27	0,9	0,3	0,02	2,42	0,98	3,4	29	9	859	130	11
Sisth1	60+	546045	8797026	Tucano	Caatinga	6	3	4,8	0	3,74	0,09	0,09	0,18	0,7	0,09	1,87	4,01	5,88	68	4	776	100	124
Sisth1	60+	546045	8797026	Tucano	Caatinga	6	3	4,7	0	0,02	0,13	0,06	0,19	0,6	0,02	1,87	0,22	2,09	11	8	797	130	73
Sisth2	0-20	537043	8791758	Tucano	Caatinga	6	3	5,1	1	3,38	0,56	0,3	0,86	0,2	0,07	2,31	4,32	6,63	65	13	856	70	74
Sisth2	0-20	537043	8791758	Tucano	Caatinga	6	3	5,2	1	0,02	0,55	0,29	0,84	0,2	0,02	2,2	0,88	3,08	29	11	856	70	74
Sisth2	60+	537043	8791758	Tucano	Caatinga	6	3	5,1	0	0,01	0,18	0,12	0,3	0,4	0,02	1,32	0,33	1,65	20	5	810	90	100
Sisth2	60+	537043	8791758	Tucano	Caatinga	6	3	5,1	0	0,01	0,13	0,11	0,24	0,4	0,02	2,2	0,27	2,47	11	16	816	130	54
Sisth3a1	0-20	525440	8782512	Tucano	Caatinga	7	5	7,7	62	0,56	11,55	7,91	19,46	0	5,22	0	25,24	25,24	100	6	578	210	213
Sisth3a1	0-20	525440	8782512	Tucano	Caatinga	7	5	8	57	0,54	12,36	8,92	21,28	0	5,22	0	27,04	27,04	100	4	586	200	215
Sisth3a2	60+	525440	8782512	Tucano	Caatinga	7	5	8,2	67	0,72	9,89	17,02	26,91	0	10,43	0	38,06	38,06	100	2	371	300	330
Sisth3a2	60+	525440	8782512	Tucano	Caatinga	7	5	8,2	64	0,67	9,71	17,42	27,13	0	10,43	0	38,23	38,23	100	3	357	330	314
Sisth3b1	0-20	525440	8782512	Tucano	Caatinga	9	5	6,8	10	0,33	5,91	5,48	11,39	0	1,22	1,1	12,94	14,04	92	7	347	220	433
Sisth3b1	0-20	525440	8782512	Tucano	Caatinga	9	5	6,5	10	0,33	5,16	4,56	9,72	0	1,17	1,43	11,23	12,66	89	10	324	300	377
Sisth3b2	60+	525440	8782512	Tucano	Caatinga	9	5	8	44	0,64	8,5	13,37	21,87	0	20,35	0	42,86	42,86	100	3	49	650	302
Sisth3b2	60+	525440	8782512	Tucano	Caatinga	9	5	7,8	43	0,59	9,22	13,74	22,96	0	19,13	0	42,68	42,68	100	3	52	680	269
Sisth4	0-20	518188	8798166	Quinjingue	Caatinga	7	2	7,7	33	0,77	3,71	2,33	6,04	0	0,13	0	6,94	6,94	100	8	818	40	143
Sisth4	0-20	518188	8798166	Quinjingue	Caatinga	7	2	7,5	32	0,79	3,78	2,25	6,03	0	0,12	0	6,95	6,95	100	8	766	90	144
Sisth4	60+	518188	8798166	Quinjingue	Caatinga	7	2	7,6	20	0,44	2,8	1,92	4,72	0	0,12	0	5,28	5,28	100	4	831	70	99
Sisth4	60+	518188	8798166	Quinjingue	Caatinga	7	2	7,6	19	0,44	3,01	2,2	5,21	0	0,12	0	5,76	5,76	100	4	848	70	82
Sisth5	0-20	505565	8822726	Quinjingue	Caatinga	9	4	8	51	1,05	24,18	7,01	31,19	0	0,38	0	32,62	32,62	100	25	76	410	514
Sisth5	0-20	505565	8822726	Quinjingue	Caatinga	9	4	8	51	1,03	24,28	7,07	31,35	0	0,37	0	32,75	32,75	100	24	75	330	596
Sisth5	60+	505565	8822726	Quinjingue	Caatinga	9	4	7,9	34	0,67	13,36	4,44	17,8	0	0,7	0	19,16	19,16	100	17	342	280	379
Sisth5	60+	505565	8822726	Quinjingue	Caatinga	9	4	7,9	34	0,69	12,29	4,02	16,31	0	0,65	0	17,65	17,65	100	12	352	300	349
Sisth6	0-20	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	5,1	1	0,11	0,35	0,15	0,5	0,3	0,02	1,43	0,63	2,06	30	5	921	50	29
Sisth6	0-20	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,8	2	0,11	0,38	0,2	0,58	0,3	0,02	1,32	0,71	2,03	35	6	916	40	44
Sisth6	60+	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,5	1	0,03	0,12	0,12	0,24	0,8	0,03	3,19	0,3	3,49	9	6	902	80	19
Sisth6	60+	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,5	1	0,03	0,11	0,12	0,23	0,8	0,03	3,08	0,29	3,37	9	7	908	80	13

Sisth7	0-20	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,5	4	0,08	0,38	0,16	0,54	0,5	0,03	3,19	0,65	3,84	17	10	955	40	6
Sisth7	0-20	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,5	3	0,07	0,41	0,17	0,58	0,5	0,03	3,41	0,68	4,09	17	12	941	10	49
Sisth7	60+	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,5	2	0,03	0,14	0,06	0,2	0,6	0,01	1,43	0,24	1,67	15	4	921	50	30
Sisth7	60+	521245	8790075	Tucano	Caatinga	6	2	4,5	1	0,03	0,14	0,07	0,21	0,6	0,01	1,87	0,25	2,12	12	4	918	40	43
Sisth8	0-20	514382	8836840	Euclides da Cunha	Caatinga	6	2	6,4	36	0,27	1,47	0,7	2,17	0	0,02	0,88	2,46	3,34	74	5	910	50	41
Sisth8	0-20	514382	8836840	Euclides da Cunha	Caatinga	6	2	7	35	0,27	1,59	0,76	2,35	0	0,02	0	2,64	2,64	100	5	926	70	4
Sisth8	60+	514382	8836840	Euclides da Cunha	Caatinga	6	2	8	11	0,31	1,92	0,93	2,85	0	0,07	0	3,23	3,23	100	3	924	70	7
Sisth8	60+	514382	8836840	Euclides da Cunha	Caatinga	6	2	7,4	10	0,29	1,76	0,83	2,59	0	0,07	0	2,95	2,95	100	4	929	20	51
Sisth9	0-20	516466	8837642	Euclides da Cunha	Caatinga	9	4	8,1	9	0,64	7	14,72	21,72	0	3,3	0	25,67	25,67	100	15	224	470	306
Sisth9	0-20	516466	8837642	Euclides da Cunha	Caatinga	9	4	8,2	8	0,54	7,59	17,02	24,61	0	3,3	0	28,45	28,45	100	13	175	430	395
Sisth9	60+	516466	8837642	Euclides da Cunha	Caatinga	9	4	7,9	30	0,51	10,04	17,48	27,52	0	3,3	0	31,34	31,34	100	23	351	370	279
Sisth9	60+	516466	8837642	Euclides da Cunha	Caatinga	9	4	8	33	0,54	9,55	18,42	27,97	0	3,35	0	31,86	31,86	100	8	328	410	262
Sisth10	0-20	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	6	6	0,49	3,27	2,6	5,87	0	0,13	1,87	6,48	8,35	78	11	691	140	170
Sisth10	0-20	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	5,9	6	0,49	2,79	2,26	5,05	0	0,12	1,98	5,66	7,64	74	7	656	110	234
Sisth10	60+	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	5,7	8	0,33	2,84	6,41	9,25	0	1,13	1,98	10,71	12,69	84	4	711	170	120
Sisth10	60+	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	5,8	8	0,33	2,96	7,17	10,13	0	1,13	0,99	11,59	12,58	92	5	693	180	127
Sisth11	0-20	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	4,4	3	0,09	0,45	0,28	0,73	0,9	0,03	5,72	0,85	6,57	13	21	832	110	59
Sisth11	0-20	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	4,3	3	0,09	0,43	0,24	0,67	0,8	0,03	5,5	0,79	6,29	13	17	856	130	15
Sisth11	60+	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	4,5	1	0,11	0,16	0,1	0,26	0,8	0,02	2,09	0,39	2,48	16	4	829	130	42
Sisth11	60+	518485	8839858	Euclides da Cunha	Caatinga	5	3	4,5	1	0,06	0,18	0,11	0,29	0,8	0,02	1,87	0,37	2,24	16	2	834	110	57
Sisth12	0-20	509945	8754016	Araci	Caatinga	8	1	4,5	3	0,18	0,6	0,2	0,8	0,7	0,02	2,64	1	3,64	27	6	877	50	73
Sisth12	0-20	509945	8754016	Araci	Caatinga	8	1	4,5	3	0,18	0,54	0,17	0,71	0,8	0,02	2,97	0,91	3,88	24	9	891	90	20
Sisth12	60+	509945	8754016	Araci	Caatinga	8	1	4,5	1	0,2	0,37	0,16	0,53	1,4	0,03	2,64	0,75	3,39	22	3	862	90	49
Sisth12	60+	509945	8754016	Araci	Caatinga	8	1	4,6	1	0,19	0,42	0,17	0,59	1,4	0,02	2,53	0,81	3,34	24	3	877	90	33
Sisth13	0-20	507219	8819070	Quinjingue	Caatinga	9	4	7,2	7	0,36	37,62	8	45,62	0	0,52	0	46,5	46,5	100	31	186	440	374

Sisth13	0-20	507219	8819070	Quinjingue	Caatinga	9	4	8	7	0,33	34,49	7,27	41,76	0	0,52	0	42,62	42,62	100	32	119	390	491
Sisth13	60+	507219	8819070	Quinjingue	Caatinga	9	4	8	1	0,05	32,56	10,67	43,23	0	1,96	0	45,24	45,24	100	8	293	330	377
Sisth13	60+	507219	8819070	Quinjingue	Caatinga	9	4	8,1	1	0,04	27,18	9,08	36,26	0	1,96	0	38,26	38,26	100	10	353	350	297
Sisth14	0-20	520424	8777874	Tucano	Caatinga	8	5	7,1	44	0,62	6,07	2,18	8,25	0	0,14	0	9,01	9,01	100	9	643	130	227
Sisth14	0-20	520424	8777874	Tucano	Caatinga	8	5	7	50	0,79	4,59	1,65	6,24	0	0,18	0	7,21	7,21	100	11	639	130	231
Sisth14	60+	520424	8777874	Tucano	Caatinga	8	5	7,1	30	0,82	6,22	2,48	8,7	0	0,45	0	9,97	9,97	100	4	655	230	115
Sisth14	60+	520424	8777874	Tucano	Caatinga	8	5	7,2	29	0,79	7,15	2,49	9,64	0	0,44	0	10,87	10,87	100	3	680	260	61
Rbth15	0-20	516463	8598286	Cachoera	Mata Atlantica	2	4	5,2	3	0,04	0,25	0,15	0,4	0,3	0,02	1,87	0,46	2,33	20	6	905	38	57
Rbth15	0-20	516463	8598286	Cachoera	Mata Atlantica	2	4	5,3	3	0,04	0,22	0,12	0,34	0,3	0,02	1,87	0,4	2,27	17	7	880	20	100
Rbth15	60+	516463	8598286	Cachoera	Mata Atlantica	2	4	4,9	3	0,02	0,11	0,06	0,17	0,6	0,02	2,31	0,21	2,52	8	7	905	20	75
Rbth15	60+	516463	8598286	Cachoera	Mata Atlantica	2	4	4,9	3	0,02	0,1	0,05	0,15	0,6	0,02	2,2	0,18	2,38	8	5	895	40	65
Rbth16	0-20	517575	8601564	Cachoera	Mata Atlantica	9	4	5	2	0,31	15,78	10,09	25,87	0,9	0,41	9,9	26,59	36,49	73	34	47	530	423
Rbth16	0-20	517575	8601564	Cachoera	Mata Atlantica	9	4	5,2	2	0,31	17,54	10,88	28,42	1	0,39	8,69	29,12	37,81	77	35	49	540	412
Rbth16	60+	517575	8601564	Cachoera	Mata Atlantica	9	4	5,3	1	0,17	15,18	10,37	25,55	4,6	0,87	10,67	26,59	37,26	71	15	36	600	365
Rbth16	60+	517575	8601564	Cachoera	Mata Atlantica	9	4	5,4	1	0,17	15,26	10,35	25,61	4,5	0,87	10,78	26,65	37,43	71	13	32	590	379
Rbth17	0-20	528582	8626070	Amélia Rodrigues	Mata Atlantica	1	4	5,1	4	0,31	1,07	0,61	1,68	0,3	0,04	4,07	2,03	6,1	33	20	574	262	164
Rbth17	0-20	528582	8626070	Amélia Rodrigues	Mata Atlantica	1	4	5	4	0,31	0,99	0,61	1,6	0,4	0,04	3,96	1,95	5,91	33	21	638	257	105
Rbth17	60+	528582	8626070	Amélia Rodrigues	Mata Atlantica	1	4	4,5	1	0,11	0,37	0,21	0,58	1,4	0,03	3,96	0,72	4,68	15	10	418	480	102
Rbth17	60+	528582	8626070	Amélia Rodrigues	Mata Atlantica	1	4	4,5	1	0,11	0,37	0,21	0,58	1,5	0,03	4,07	0,71	4,78	15	8	412	514	74
Rbth18	0-20	514906	8595720	Cachoeira	Mata Atlantica	1	1	4,8	2	0,03	0,14	0,11	0,25	0,7	0,02	1,87	0,3	2,17	14	7	914	30	56
Rbth18	0-20	514906	8595720	Cachoeira	Mata Atlantica	1	1	4,8	2	0,03	0,12	0,1	0,22	0,7	0,02	2,2	0,27	2,47	11	8	804	30	166
Rbth18	60+	514906	8595720	Cachoeira	Mata Atlantica	1	1	4,9	1	0,01	0,09	0,06	0,15	0,8	0,01	1,43	0,17	1,6	11	5	903	20	77
Rbth18	60+	514906	8595720	Cachoeira	Mata Atlantica	1	1	4,9	1	0,01	0,07	0,07	0,14	0,8	0,01	1,87	0,16	2,03	8	9	913	50	37
Rbth19	0-20	532822	8605395	S.F. Conde	Mata Atlantica	2	1	5,4	3	0,09	5,83	0,93	6,76	0,4	0,12	1,43	6,98	8,41	83	6	628	140	232
Rbth19	0-20	532822	8605395	S.F. Conde	Mata	2	1	5,6	3	0,1	7,52	1,14	8,66	0,4	0,13	2,75	8,89	11,64	76	6	640	140	220

Rbth25	0-20	526097	8555410	Vera Cruz	Mata Atlantica	2	1	4,5	2	0,08	0,27	0,77	1,04	2,9	0,04	7,92	1,16	9,08	13	22	741	170	89
Rbth25	0-20	526097	8555410	Vera Cruz	Mata Atlantica	2	1	4,5	2	0,08	0,32	0,84	1,16	2,9	0,04	7,81	1,28	9,09	14	20	731	160	109
Rbth25	60+	526097	8555410	Vera Cruz	Mata Atlantica	2	1	4,6	1	0,03	0,25	0,24	0,49	3,4	0,02	5,72	0,53	6,25	9	9	678	200	122
Rbth25	60+	526097	8555410	Vera Cruz	Mata Atlantica	2	1	4,6	1	0,02	0,06	0,11	0,17	3,4	0,02	5,5	0,21	5,71	4	17	674	230	96
Rbth26	0-20	536631	8615248	Santo Amaro	Mata Atlantica	9	4	6	33	0,44	19,58	6,1	25,68	0	0,16	4,95	26,27	31,22	84	30	388	380	232
Rbth26	0-20	536631	8615248	Santo Amaro	Mata Atlantica	9	4	6	32	0,41	17,95	5,52	23,47	0	0,16	5,06	24,04	29,1	83	35	360	370	270
Rbth26	60+	536631	8615248	Santo Amaro	Mata Atlantica	9	4	6,2	58	0,33	25,45	10,19	35,64	0	0,59	6,71	36,56	43,27	84	14	129	600	271
Rbth26	60+	536631	8615248	Santo Amaro	Mata Atlantica	9	4	6,2	53	0,33	23,86	10,1	33,96	0	0,57	7,15	34,86	42,01	83	10	130	870	0
Rbth27	0-20	544504	8602692	Candeias	Mata Atlantica	2	2	6,3	15	0,33	26,01	8,77	34,78	0	0,27	5,28	35,39	40,67	87	26	42	582	376
Rbth27	0-20	544504	8602692	Candeias	Mata Atlantica	2	2	6,3	17	0,33	29,31	9,53	38,84	0	0,28	4,84	39,45	44,29	89	26	38	593	369
Rbth27	60+	544504	8602692	Candeias	Mata Atlantica	2	2	7,3	1	0,14	31,51	8,76	40,27	0	0,57	0	40,97	40,97	100	5	42	492	466
Rbth27	60+	544504	8602692	Candeias	Mata Atlantica	2	2	7,6	2	0,13	32,35	8,81	41,16	0	0,57	0	41,86	41,86	100	5	49	465	486
Rbth28	0-20	549585	8596630	Candeias	Mata Atlantica	2	2	4,9	2	0,05	5,52	3,94	9,46	0,8	0,02	2,64	9,53	12,17	78	12	751	166	83
Rbth28	0-20	549585	8596630	Candeias	Mata Atlantica	2	2	5	2	0,06	6,06	5,62	11,68	0,3	0,02	2,2	11,76	13,96	84	10	738	76	186
Rbth28	60+	549585	8596630	Candeias	Mata Atlantica	2	2	4,8	1	0,03	9,74	14,74	24,48	0,5	0,01	2,09	24,52	26,61	92	5	692	197	111
Rbth28	60+	549585	8596630	Candeias	Mata Atlantica	2	2	4,9	1	0,03	9,27	13,5	22,77	0,6	0,01	2,09	22,81	24,9	92	5	640	193	167
Rbth29	0-20	557820	8611960	Dias Davila	Mata Atlantica	4	5	4,5	2	0,12	0,31	0,57	0,88	3,3	0,07	8,58	1,06	9,64	11	27	296	340	364
Rbth29	0-20	557820	8611960	Dias Davila	Mata Atlantica	4	5	4,5	2	0,12	0,3	0,55	0,85	1,2	0,07	7,92	1,03	8,95	12	31	283	310	407
Rbth29	60+	557820	8611960	Dias Davila	Mata Atlantica	4	5	4,5	1	0,06	0,12	0,4	0,52	6,6	0,07	11,55	0,65	12,2	5	10	170	490	340
Rbth29	60+	557820	8611960	Dias Davila	Mata Atlantica	4	5	4,6	1	0,06	0,1	0,4	0,5	6,7	0,07	6,82	0,64	7,46	9	11	164	500	336

Apêndice 2: Teores naturais de metais pesados (mg kg^{-1}) das amostras do solo das bacias sedimentares do Recôncavo e Tucano Sul

Tube	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
1	0,0232	0,1095	0,0364	70,97	0,2059	0,0868	0,0629
2	-0,0029	0,0721	0,0029	57,83	0,0807	0,0469	0,0463
3	0,0008	0,0967	0,005	77,26	0,1058	0,0476	0,0482
4	-0,0011	0,1058	0,0069	85,41	0,1211	0,0451	0,0412
5	-0,0001	0,1449	0,0003	105	0,3429	0,054	0,2629
6	-0,0028	0,1666	-0,0004	117,4	0,3893	0,0439	0,0539
7	0,0019	0,1697	0,0025	127,8	0,3724	0,0603	0,0839
8	-0,0010	0,1667	0,0015	126,3	0,3572	0,0491	0,0544
9	0,0862	0,2746	0,2415	176,6	3,793	0,038	0,2505
10	0,0945	0,3068	0,2667	194,8	4,077	0,0371	0,2771
11	0,138	0,4064	0,4191	238,0	2,278	0,0408	0,2928
12	0,1436	0,4134	0,4354	240,4	2,406	0,0563	0,2978
13	0,0797	0,2433	0,1379	144,2	3,396	0,0286	0,2061
14	0,0779	0,2316	0,1344	136,7	3,378	0,0258	0,1535
15	0,0915	0,3033	0,2006	202,6	4,226	0,025	0,3306
16	0,0828	0,3179	0,1951	202,0	3,301	0,0294	0,3262
17	0,0317	0,1317	0,0656	68,14	1,212	0,0114	0,1084
18	0,0328	0,1318	0,0631	67,57	1,205	-0,0011	0,1216
19	0,0219	0,0983	0,0471	48,3	0,9655	0,0033	0,0893
20	0,0244	0,1663	0,0459	47,12	0,9216	0,0091	0,1255
21	0,1391	0,4699	0,3479	259,6	5,551	0,0937	0,5623
22	0,1331	0,4105	0,3191	239,9	5,29	0,0882	0,5405
23	0,1096	0,2922	0,2383	167,6	5,998	0,0585	0,3864
24	0,1104	0,3078	0,2433	173,2	5,569	0,0663	0,3944
25	0,0001	0,0538	0,0126	35,91	0,1563	0,0171	0,0378
26	0,0006	0,0465	0,0106	30,51	0,1059	0,0022	0,0277

27	0,0006	0,1094	0,0024	82,78	0,1581	0,0129	0,0656
28	-0,0007	0,1039	0,0031	77,34	0,1398	0,0162	0,0474
29	-0,0015	0,0437	0,0246	23,01	0,0336	0,0072	0,0326
30	-0,0025	0,0409	0,0326	20,39	0,0284	-0,0075	0,0448
31	0,0004	0,052	0,0333	28,64	0,02	0,0098	0,0553
32	-0,0005	0,0539	0,0389	28,18	0,0197	0,0016	0,0338
33	0,0086	0,0643	0,0229	32,13	0,5967	0,017	0,0534
34	0,009	0,0612	0,0204	32,16	0,6052	0,0075	0,0521
35	0,0115	0,0675	0,0278	37,69	0,67	0,0239	0,0774
36	0,014	0,0638	0,0244	39,11	0,6863	0,0173	0,0796
37	0,1148	0,3823	0,3268	237,4	4,82	0,0303	0,3688
38	0,1286	0,3776	0,3213	234,1	5,206	0,0318	0,3594
39	0,1118	0,3914	0,32	234,3	4,263	0,0182	0,3934
40	0,1108	0,3628	0,3001	225,0	4,357	0,0236	0,3878
41	0,0897	0,1503	0,1089	85,88	4,531	0,0339	0,3623
42	0,0861	0,1469	0,1065	85,5	3,81	0,02	0,2941
43	0,0789	0,1992	0,1321	109,9	3,05	0,0314	0,3429
44	-0,0009	0,0051	-0,0046	2,861	0,1239	-0,0135	0,0038
45	0,0019	0,1085	0,0037	82,16	0,1995	0,0107	0,1092
46	0,0006	0,1092	0,0045	84,08	0,1776	0,0355	0,0932
47	-0,0010	0,071	0,0167	48,36	0,095	0,0292	0,097
48	-0,0020	0,0607	0,0124	43,28	0,0873	0,0243	0,0339
49	0,0033	0,0758	0,0369	43,12	0,2735	0,0205	0,065
50	0,0018	0,0737	0,0339	42,08	0,2657	0,0010	0,0605
51	0,0030	0,09	0,0451	52,22	0,1526	0,0132	0,0575
52	0,0022	0,0894	0,0449	50,02	0,141	0,0086	0,0642
53	0,1553	0,5446	0,3438	298,8	6,341	0,0989	0,7729
54	0,1449	0,5126	0,3317	286,5	5,845	0,1025	0,7379

55	0,1411	0,4828	0,3648	281,9	5,542	0,0963	0,6924
56	0,1555	0,5148	0,3827	297,3	5,757	0,1086	0,7182
57	0,0662	0,4233	0,0949	108,2	1,72	0,0455	0,1796
58	0,0623	0,3939	0,0859	98,46	1,625	0,0326	0,1661
59	0,0772	0,5558	0,1192	151,6	1,899	0,0589	0,2277
60	0,072	0,5256	0,1158	142,7	1,794	0,0395	0,2103
61	-0,0005	0,0202	0,0054	2,814	0,0504	0,0045	0,0225
62	-0,0014	0,0229	0,0057	3,12	0,0529	0,0156	0,0258
63	-0,0006	0,0307	0,0029	3,423	0,0214	0,012	0,0266
64	-0,0008	0,0281	0,0012	2,987	0,0165	0,0244	0,0244
65	0,3103	0,5369	0,2747	398,5	16,18	0,1486	0,5325
66	0,3029	0,5488	0,2807	395,6	15,01	0,167	0,5436
67	0,2518	0,6347	0,2832	412,5	9,612	0,1337	0,4833
68	0,1983	0,6025	0,2719	398,1	6,734	0,1147	0,4445
69	0,0043	0,144	0,0938	88,27	0,5664	0,1082	0,1031
70	0,005	0,1372	0,0411	88,32	0,5214	0,0959	0,0917
71	0,0054	0,2012	0,0278	164	0,332	0,0788	0,1981
72	0,0037	0,201	0,0137	159,2	0,2949	0,0959	0,1092
73	-0,0011	0,0474	0,0327	9,668	0,0337	0,0486	0,0453
74	-0,0015	0,0585	0,0402	8,623	0,0317	0,0252	0,033
75	-0,0019	0,0631	0,0289	9,659	0,0284	0,0673	0,0454
76	0,0003	0,0675	0,0173	19,57	0,0312	0,0757	0,0478
77	0,0432	0,3177	0,1583	151,7	0,4749	0,0707	0,2087
78	0,0414	0,3255	0,1544	157,5	0,4843	0,0501	0,2127
79	0,0322	0,2384	0,2073	118,2	0,7221	0,3552	0,4548
80	0,024	0,2036	0,1318	100,7	0,6014	0,2827	0,3806
81	0,0556	0,1826	0,168	115,2	3,604	0,0807	0,1871
81	0,0534	0,1803	0,1228	113,9	3,407	0,058	0,1766

83	0,0276	0,204	0,1081	125,6	1,385	0,0447	0,1577
84	0,0303	0,2089	0,107	125,1	1,429	0,0546	0,1584
85	0,0003	0,3133	0,062	117	0,4525	0,068	0,0795
86	0,0019	0,3323	0,0654	123	0,4425	0,057	0,087
87	0,0052	0,6221	0,0249	165,8	0,2831	0,0831	0,0901
88	0,0024	0,621	0,0263	162	0,2759	0,0782	0,0791
89	0,1742	0,475	0,292	314,5	5,954	0,0726	0,4056
90	0,1675	0,4481	0,29	284,6	5,975	0,0759	0,384
91	0,1566	0,5445	0,4079	341,2	4,233	0,0617	0,4214
92	0,1334	0,5218	0,3944	327,3	3749	0,0445	0,3696
93	0,0010	0,0487	0,0057	9,753	0,0614	0,0110	0,0225
94	-0,0007	0,0437	0,0041	7,426	0,0398	0,0124	0,0393
95	0,0009	0,0427	-0,0016	3,57	0,0228	0,0166	0,0316
96	-0,0020	0,0374	0,0003	2,387	0,0085	0,0057	0,0315
97	-0,0014	0,0382	-0,0017	12,39	0,0274	0,0287	0,022
98	-0,0012	0,0461	-0,0009	11,27	0,027	0,0205	0,0262
99	-0,0017	0,0544	-0,0018	25,5	0,0161	0,0341	0,0305
100	-0,0018	0,0579	-0,0031	26,83	0,0134	0,0374	0,0343
101	-0,0011	0,213	0,0221	122	0,1335	0,1291	0,0541
102	0,0000	0,1988	0,0163	118,4	0,1349	0,1203	0,0457
103	0,0007	0,2662	0,013	167,4	0,1333	0,1971	0,0499
104	0,0019	0,2699	0,0142	176,2	0,1369	0,1775	0,0898
105	0,2069	0,373	0,3261	232,0	7,65	0,1059	0,4509
106	0,2419	0,4	0,3401	245,7	8,464	0,1138	0,485
107	0,1373	0,5186	0,3696	314,8	3,581	0,0606	0,5154
108	0,1511	0,4884	0,3602	306,6	4,202	0,0508	0,5063
109	0,2265	0,5662	0,4518	380,3	6,691	0,0979	0,547
110	0,2202	0,5892	0,5009	399,5	6,162	0,1198	0,5447

111	0,1503	0,5061	0,395	303,8	3,744	0,0649	0,471
112	0,1744	0,5228	0,4369	328,4	4,19	0,0669	0,4992
113	0,0056	0,1476	0,0635	80,97	0,277	0,0585	0,0633
114	0,0027	0,1637	0,0709	86,93	0,2902	0,0753	0,1204
115	-0,0023	0,1719	0,0445	100,3	0,1002	0,0949	0,0836
116	0,0012	0,1984	0,0539	111,3	0,099	0,0942	0,0866
117	0,0099	0,3557	0,1528	188,2	0,3329	0,0431	0,1416
118	0,0093	0,3368	0,1476	182,1	0,3217	0,0446	0,1028
119	0,0165	0,5702	0,0866	315,3	0,1711	0,0611	0,1243
120	0,0166	0,7807	0,1052	396,8	0,1874	0,057	0,1865
121	0,0887	0,5142	0,2208	193,6	3,104	0,0464	0,5408
122	0,0966	0,5454	0,2344	202,6	3,224	0,0518	0,5981
123	0,0972	0,5704	0,2332	205,5	3,288	0,0736	0,5909
124	0,088	0,5322	0,2123	184,6	2,921	0,0559	0,5805