

**Figura 5:** Distribuição espacial de pH, carbono orgânico (CO), areia, silte e argila em solos do Rio Grande do Norte por interpolação geoestatística utilizando krigagem.

As altas concentrações encontradas nos mapas de distribuição espacial dos metais Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn (Figura 4) na porção extremo noroeste e meio-oeste, podem estar associadas ao uso dos solos para agricultura e explorações petroquímicas, respectivamente. Isto é confirmado pelos valores anômalos destes elementos no estudo de teores naturais de metais nos solos do RN (Capítulo 1), e comprovados através do cálculo do fator de enriquecimento (Figura 6 – P7, discutido adiante). Na porção extremo noroeste do Estado, divisa do RN com o Ceará, está situado um dos mais importantes polos de produção de frutos tropicais fertirrigados do Nordeste. Dessa forma, práticas agrícolas como

fertilização, aplicação de pesticidas e adubação são bastante comuns. Práticas agrícolas tendem a aumentar os conteúdos de Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn nos solos (Ramos-Miras et al., 2011). Yang et al. (2009), utilizando o mapeamento de áreas agrícolas próximas a Taihang Piedmont Plain, China, detectaram concentrações mais elevadas dos metais Cu, Zn, Pb, Cd, Hg e As devido a diferentes atividades antrópicas, como práticas agrícolas, indústria e transporte. Altos teores dos metais Cd, Cu, Pb e Zn foram encontrados na camada superficial de solos em Rayong Province, Tailândia, devido a diversas práticas agrícolas, incluindo aplicação de pesticidas, herbicidas, fertilizantes e adubos orgânicos (Simasuwannarong et al., 2012). Estes mesmos autores também observaram elevadas concentrações de Pb em áreas de indústrias petroquímicas. Nadal et al. (2007), analisando teores de metais em amostras de solo coletadas próximas a indústrias petroquímicas, detectaram aumento significativo nos teores de V no período de apenas 3 anos, passando de 14,8 mg kg<sup>-1</sup> em 2002 para 22,7 mg kg<sup>-1</sup> em 2005.

A distribuição espacial dos metais entre a faixa meio-norte até próximo ao litoral leste teve o material de origem como a principal fonte de metais pesados (Figura 4), fato comprovado pela análise do fator de enriquecimento de metais nesta área (Figuras 6 - P4, P5 e P6, discutido adiante), onde nenhuma influência exógena foi detectada. Os metais Ag, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb e Sb nesta faixa apresentaram menor variabilidade espacial do que o metal Cd, que teve ampla faixa de dispersão. Esta região apresenta baixa precipitação e alta evapotranspiração, características que limitam a mobilidade de metal, corroborando Santiago-Martín et al. (2012), que observaram comportamento semelhante para metais em solos calcários do Mediterrâneo. Sipos (2004) e Tume et al. (2010) relatam que solos desenvolvidos de rochas calcárias, normalmente, apresentam concentrações elevadas de alguns metais pesados em sua superfície e enfatizam que a litologia é um importante fator que influencia na abundância e distribuição de metais pesados.

Concentrações máximas de 0,18 mg kg<sup>-1</sup> de Cd foram observadas no mapa de distribuição na faixa meio norte até o litoral leste do Estado, valor superior ao de referência de qualidade (0,10 mg kg<sup>-1</sup>) determinado para o Estado do RN. No entanto, este valor é considerado relativamente baixo, quando comparado aos de outros países. Por exemplo, na Catalonia, Espanha, o conteúdo médio de Cd em

solos é  $0,36 \text{ mg kg}^{-1}$  (Martinez-Lladó et al., 2008). Baize e Sterckman (2001), estudando os teores background de metais pesados em solos de Dornach, Suíça, atribuíram os elevados conteúdos de Cd à dissolução do calcário que continham grandes quantidades deste elemento. Sterckman et al. (2006) afirmam que o Cd pode substituir o Ca em sedimentos calcários devido a forte similaridade entre os raios iônicos. Segundo Karanlik et al. (2011), a variabilidade espacial do Cd está mais correlacionada a fatores naturais, por exemplo, características intrínsecas do solo, como valores de pH que afetam diretamente a disponibilidade de todos os metais, principalmente em áreas com elevado conteúdo de carbonatos.

Os óxidos de Fe (para Cu e Pb) e os de Mn (para Pb e Zn) são barreiras geoquímicas muito eficientes que limitam a dispersão destes elementos, principalmente em áreas próximas a calcários e dolomitos aflorantes, onde altos valores de pH são encontrados devido a presença de carbonatos (Burak et al., 2010). Entretanto, a análise geoestatística mostra que a variabilidade espacial do Zn (Figura 4) é muito alta em todo o Estado, mesmo em curtas distâncias e que as concentrações não são organizadas, dificultando a identificação em relação a sua fonte de origem.

No litoral leste e em pequenas porções no litoral norte foram observadas as menores concentrações de metais nos mapas de distribuição espacial (Figura 4). Nestas porções do Estado se encontram os solos formados por sedimentos inconsolidados, associados ao Grupo Barreiras, compostos basicamente por quartzo e feldspatos.

Embora seja comum a presença de concreções ferruginosas aflorantes nos sedimentos arenosos inconsolidados do Grupo Barreiras (Medeiros et al., 2010), estes, provavelmente, não foram suficientes para expressarem sua contribuição nos solos do RN. Os solos desta faixa apresentam pH mais ácido, baixos teores de CO e argila, e altos teores de areia, características que conferem menor capacidade de fixação de metais e maior potencial de lixiviação dos mesmos, como pode ser observado nos mapas de distribuição espacial destas variáveis (Figura 5).

Nos sedimentos mais grossos, onde há o predomínio de quartzo e feldspatos, observa-se redução nos teores de metais pesados devido ao efeito diluição (Sterckman et al., 2004). Devesa-Rey et al. (2011) relatam correlação

inversa entre concentrações de metais e frações mais grossas do solo, e atribuem ao efeito diluição desta fração, devido ao alto conteúdo de quartzo e feldspato. De acordo com Baize e Sterckman (2001), a saída de Cd do sistema pela lixiviação é maior em solos mais ácidos, como os de floresta, do que nos solos desenvolvidos sobre calcário, onde há precipitação deste elemento na forma de carbonatos e a textura mais argilosa aumenta a adsorção.

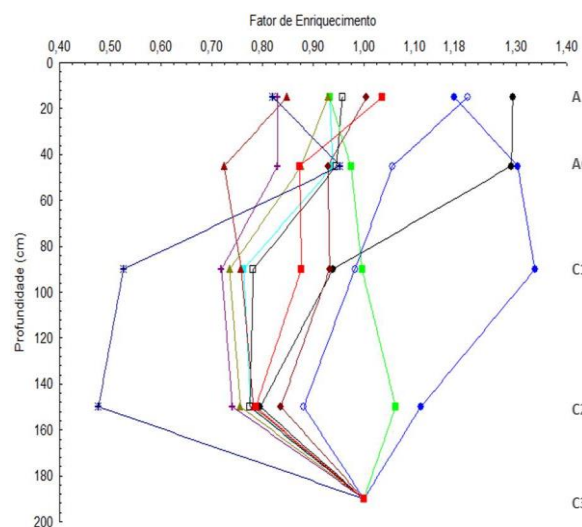
### **3.2 Fator de Enriquecimento de metais pesados em solos**

O solo classificado como Neossolo Quartzarênico (P1), composto basicamente por quartzo e feldspato, apresentou enriquecimento de Ba em toda sua extensão (Figura 6), sendo o valor mais expressivo determinado no horizonte C1, onde foi encontrado o maior teor de areia  $970 \text{ g kg}^{-1}$ . O metal Ba também foi enriquecido nos horizontes mais arenosos dos perfis 2, 3, 4, 6, 7 e 9 (Figura 6), apontando a clara associação deste elemento aos silicatos, corroborando Albanese et al. (2007) e Biondi et al. (2011b), que destacaram a associação do Ba, principalmente, aos minerais silicatados. Biondi et al. (2011b), ainda enfatizam que teores elevados de Ba em alguns solos podem ser atribuídos a presença do elemento como substituto do K na estrutura do feldspato. A digestão utilizada na abertura dessas amostras (EPA 3052) fornece o teor total dos metais presente no solo, devido à aplicação do HF e a consequente solubilização dos silicatos (USEPA, 1996). Assim, o enriquecimento do Ba nos solos não indica influência antrópica, e sim, parece estar relacionado ao material de origem dos mesmos.

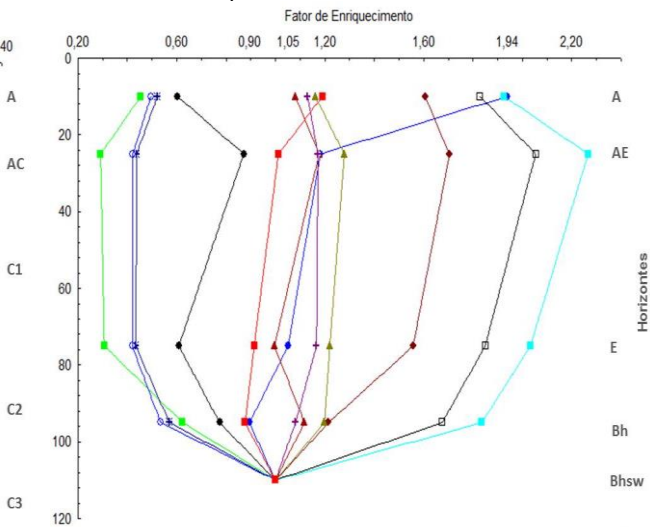
O Cr e o V também foram enriquecidos nos 2 primeiros horizontes do Neossolo Quartzarênico (P1) e o Fe mostrou uma tendência de aumento no C2 com valor do FE um pouco acima de 1. Este Neossolo Quartzarênico está localizado sobre os tabuleiros costeiros, capeando a Formação Barreiras, composto por sedimentos de dunas de coloração avermelhada.

Correa et al. (2008) relatam que no ambiente dos tabuleiros costeiros, por vezes, ocorrem solos de coloração avermelhadas com teor de óxidos de ferro mais elevado influenciado por rochas do Pré-Cambriano que embasam esta formação.

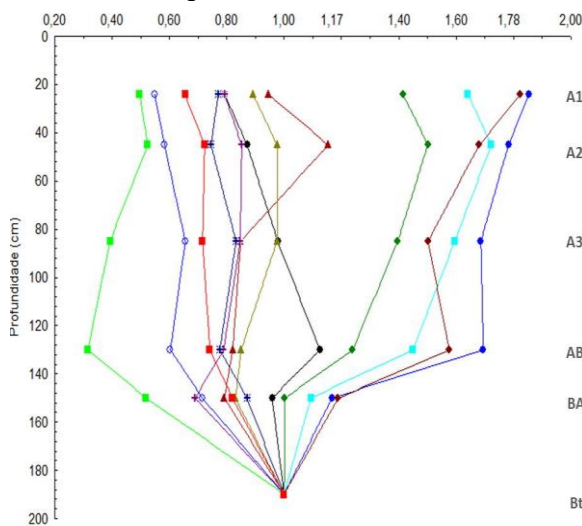
**Perfil 1 – P1: Neossolo Quartzarênico**



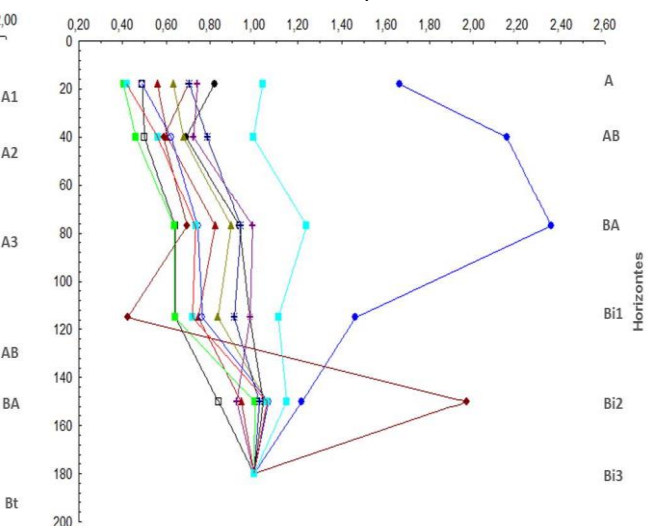
**Perfil 2 – P2: Espodosolo**



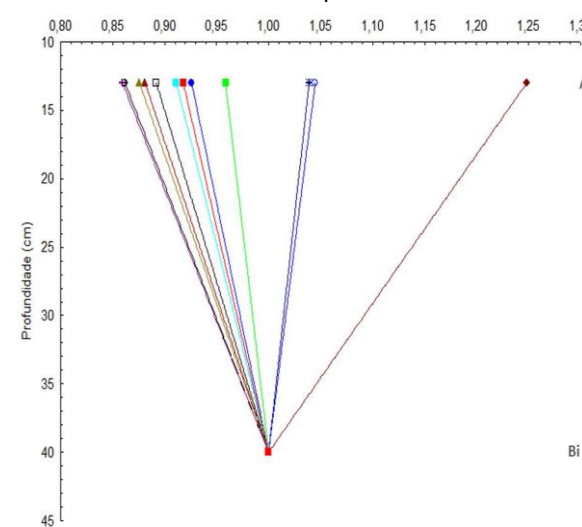
**Perfil 3 – P3: Argissolo Amarelo**



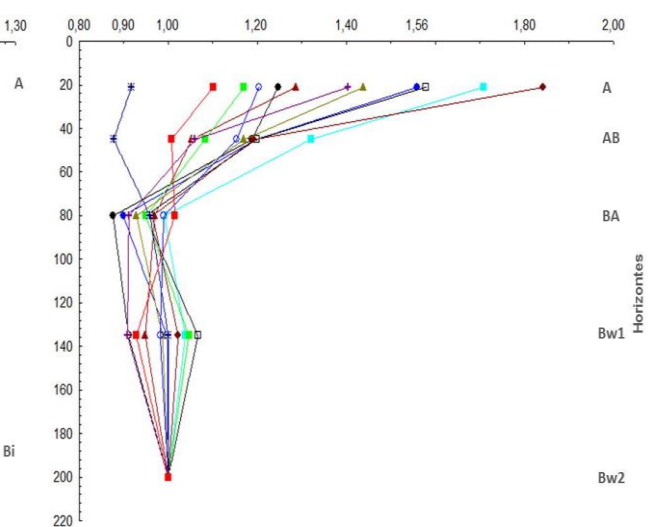
**Perfil 4 – P4: Cambissolo Háplico**



**Perfil 5 – P5: Cambissolo Háplico**

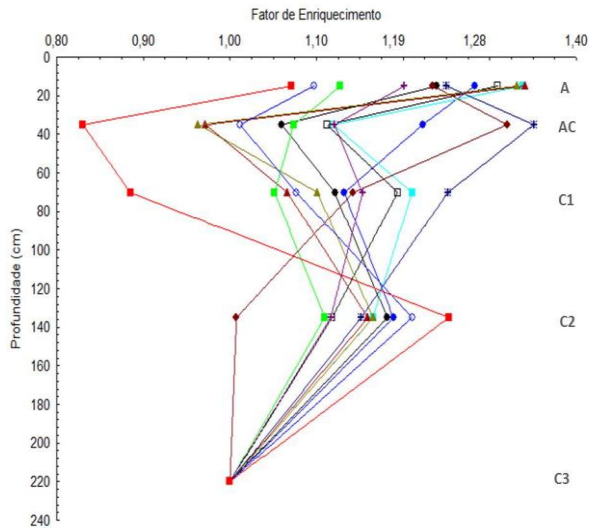


**Perfil 6 – P6: Latossolo Amarelo**

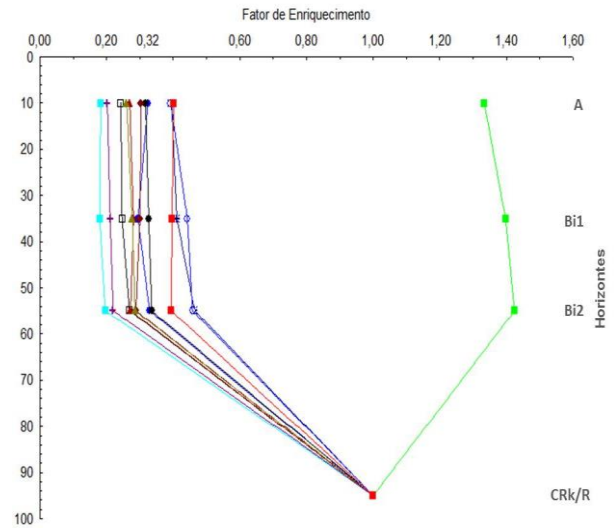


● Ba ■ Cd □ Co ▲ Cu ● Cr ■ Fe ▲ Mn ▲ Ni + Pb \* Ti ○ V ■ Zn

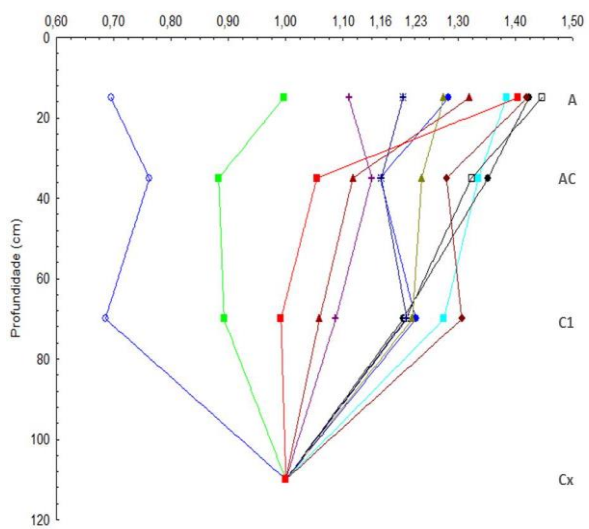
**Perfil 7 – P7: Neossolo Quartzarênico**



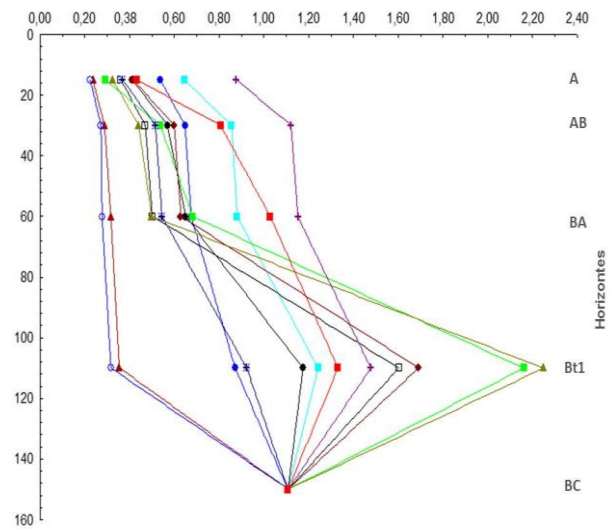
**Perfil 8 – P8: Cambissolo Háplico Carbonático**



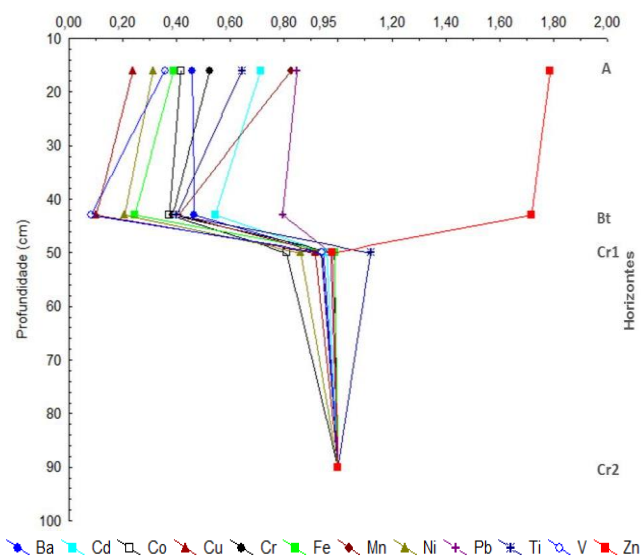
**Perfil 9 – P9: Neossolo Regolítico**



**Perfil 10 – P10: Argissolo Vermelho**



**Perfil 11 – P11: Luvissoilo Crômico**



◆ Ba ◆ Cd □ Co ◆ Cu ◆ Cr ◆ Fe ◆ Mn ◆ Ni ◆ Pb ◆ Ti ◆ V ◆ Zn

**Figura 6:** Evolução vertical do fator de enriquecimento (FE) para metais pesados em 11 perfis de solo no Estado do Rio grande do Norte

Esta coloração mais avermelhada, também pode ser devido a presença de depósitos de zircão (mineral de coloração avermelhada explorado na região), em geral, associado aos minerais de titânio, como a ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ); ou os sedimentos desta região são revestidos por óxidos de Fe podendo estes ser em mais ricos em hematita, e os metais Cr e V terem substituído o Fe na estrutura do mineral.

Por serem metais trivalentes, Cr e V apresentam comportamento mais complexo devido ao raio iônico dos mesmos (semelhante aos do Al e do Fe). Segundo Ortiz-Villajos et al. (2011), estes metais podem ser incorporados na estrutura da hematita, mineral que imprime coloração mais avermelhada aos solos, através de substituição isomórfica. Os revestimentos formados por óxidos de Fe e Mn podem representar até 50 % da área total da superfície dos sedimentos (Turner et al., 2004). Tem sido observado que, embora os óxidos de Fe secundários, considerados de alta reatividade, se encontrem presentes principalmente na fração mais fina do solo, altas proporções deste óxido podem ser encontradas nas frações grossas de sedimentos (Al-Sewaillem et al., 1999).

Nos horizontes C1 e C2 do Neossolo Quartzarênico (P1) houve uma redução no FE para Cr e V, provavelmente, devido o aumento na concentração de Zr nesses horizontes com maior teor de areia e, conseqüentemente, diminuição no resultado final do cálculo da normalização. O zircão (mineral com maior teor de Zr), por ser um silicato, parece estar mais ligado às partículas do tamanho areia (Taboada et al., 2006). Outros estudos também tem associado os teores dos metais Ba e Zr a fração mais grossa do solo (Zhang et al., 2002; Araújo et al., 2002).

No Espodosolo (P2) (Figura 6) foi observado enriquecimento de Cd, Co, Mn, Ni e Pb em toda extensão vertical, destacando-se o  $\text{FE} > 2$  para Cd e Co no horizonte AE. Em menor proporção, Ba, Cu e Zn também foram enriquecidos no horizonte superficial. O enriquecimento no Argissolo Amarelo (P3) (Figura 6) foi observado para os metais Ba, Cd, Fe e Mn em todo o perfil. Estes perfis estão localizados em áreas de reserva natural (restinga de Mata Atlântica) de uma usina de cana-de-açúcar. Por esta razão, esses maiores valores de FE podem estar relacionados à influência antrópica, em virtude as diversas práticas agrícolas utilizadas nos plantios de cana-de-açúcar da região. Os teores de metais pesados dos solos nos últimos anos têm sido incrementados como resultado das

atividades de agricultura e industrialização (Zhang et al., 2012; Tabar e Jalali 2013). Os metais pesados podem ser depositados sobre a vegetação e nos solos através de material particulado lançado ao ar por meio de fertilizações e queima de combustíveis fósseis (Li e Feng 2012). Chen et al. (2009) atribuíram os mais altos teores de Cd em solos, além das entradas antropogênicas, a deposição de poeira atmosférica contendo elevados teores deste elemento.

Verificou-se no Cambissolo Háplico (P4) (Figura 6) o enriquecimento dos metais Ba e Cd em toda extensão do perfil. Este perfil foi desenvolvido sobre rochas calcárias que podem ser enriquecidas em Cd (Sterckeman et al., 2006). O Ba pode substituir Ca ou Mg na estrutura dos carbonatos, por apresentar características semelhantes a estes macroelementos (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007).

Ainda no Cambissolo Háplico (P4) destaque deve ser dado ao Mn, que apresentou um FE considerável apenas no horizonte Bi2 (1,97). Provavelmente, os carbonatos ricos em Mn foram solubilizados e este metal lixiviado para subsuperfície, concentrando-se no horizonte com maior teor de argila. Sterckeman et al. (2006), estudando o enriquecimento e, ou empobrecimento de metais pesados em solos calcários, atribuíram o enriquecimento de horizontes mais profundos, aos processos de dissolução dos carbonatos e lixiviação.

O Cambissolo Háplico (P5) (Figura 6) mostrou comportamento semelhante ao Cambissolo Háplico (P4). Também foi desenvolvido de rochas calcárias, apresentando-se como o menor em profundidade entre os perfis analisados. Verificou-se um pequeno enriquecimento para os metais Ti e V, e um pouco maior para o Mn.

O FE do Latossolo Amarelo (P6) (Figura 6) foi superior a 1 para quase todos os metais analisados nos horizontes superficiais A e AB, exceto para o Ti. Na sequência, foi empobrecido no BA, voltando a enriquecer nos metais Mn, Cd, Fe e Co, no horizonte mais argiloso Bw. Latossolos são os solos mais intemperizados e evoluídos da superfície da Terra, constituídos basicamente por caulinita e óxidos. Neste contexto, os maiores FE observados nos horizontes superficiais se devem, provavelmente, a forte ligação entre os metais e os óxidos. Lu et al. (2005) relatam que os metais podem ser encontrados nos solos oclusos em óxidos de Fe e Al. De acordo com Nascimento e Fontes (2004), os metais nos Latossolos se encontram, predominantemente, nas formas oxídicas e residuais.



Burak et al. (2010) enfatizam que durante o intemperismo dos minerais primários, os metais solubilizados podem ser perdidos por lixiviação ou precipitados com outros metais como Al, Fe, Ti e Mn. Tijani et al. (2006) relatam que os enriquecimentos de Pb, Zn, Cr, Co e V podem ser atribuídos aos enriquecimentos de Fe e Mn na forma de óxidos e oxi-hidróxidos, que são drenos para esses elementos. Tais associações são ditas ser responsáveis pela coloração marrom-avermelhado de regolitos intemperizados sob ambientes tropicais. O aumento do FE no Bw deve ter ocorrido em virtude do aumento no teor de Fe neste horizonte, de 10,69 g kg<sup>-1</sup> no horizonte A para 21,48 g kg<sup>-1</sup> no Bw1.

A matéria orgânica (MO) também pode ter influenciado no FE observado nos horizontes superficiais do Latossolo Amarelo (P6) (Figura 6). Foi determinado um teor de 8,3 g kg<sup>-1</sup> de MO, baixo, porém significativo para fixação de metais em solos tropicais. Segundo Calace et al. (2001), os grupos funcionais carboxílicos e fenólicos da MO, que geralmente formam estruturas negativamente carregadas, são os principais responsáveis pela fixação de metais em muitos solos. A MO é capaz de gerar sítios de adsorção, que atuam mediante ligação iônica (troca de elétrons) e, ou como agente quelante na solução do solo (Garcia-Mina, 2006). De acordo Stevenson (1994), a quelação poderá manter o metal em solução, favorecer o transporte ou torná-lo indisponível pela precipitação e envelhecimento do complexo formado. Covelo et al. (2007) afirmam que os óxidos de Fe e o ácido fúlvico da matéria orgânica são os mais efetivos na adsorção dos metais. A MO também pode ter influenciado no aumento do FE no Bw1, sendo lixiviada juntamente com os metais na forma de quelatos para o horizonte mais profundo, sendo estes fixados aos óxidos.

No Neossolo Quartzarênico (P7) (Figura 6) foi observado enriquecimento para a maioria dos metais em toda extensão vertical, havendo apenas redução para Zn nos horizontes AC e C1, sendo este novamente enriquecido no horizonte seguinte (C2). Este perfil está localizado na maior reserva de Caatinga do Estado. Esta área, no entanto, pertence a uma fazenda produtora de melão que, provavelmente, em virtude das diversas práticas agrícolas adotadas, pode elevar os teores de metais dos solos desta região. Mendes et al. (2010), estudando o acúmulo de metais pesados em solos cultivados com meloeiro nesta mesma região, detectaram acréscimos no teor total e disponível de Ni, Pb, Cu e Mn na camada superficial em função do tempo de cultivo. Diversos autores atribuem o

aumento nos teores de metais pesados nos solos a práticas agrícolas (Fabiatti et al. 2010; Lu et al. 2012; Silva et al. 2012). Os maiores FEs no Neossolo Quartzarênico (P7) foram determinados para Cd, Cu e Ni na camada superficial corroborando Chen et al. (2009), que atribuíram o enriquecimento dos metais Cd, Cu e Zn na camada superficial de campos agrícolas em Hangzhou, China, a aplicação de agrotóxicos e adubos fosfatados. Sterckeman et al. (2006), estudando os metais Cd, Cu, Mn e Zn em solos, relacionaram o enriquecimento destes elementos na camada superficial a entradas agrícolas.

O Cambissolo Háplico (P8) (Figura 6) apresentou enriquecimento somente para o Fe. Provavelmente, durante a pedogênese deste perfil originado de calcário, houve a dissolução dos carbonatos liberando os metais em solução. Estes foram preferencialmente mais perdidos por lixiviação do que o Fe, que permaneceu em concentrações mais elevadas na forma de óxidos. De acordo com Sterckman et al. (2006), os horizontes de solos calcários são formados a partir da descarbonatização da rocha mãe, e os processos que levam à dissolução dos carbonatos e a formação destes horizontes podem ter causado a lixiviação dos metais. Segundo Bini et al. (2011), a concentração de um elemento é primeiramente influenciada pelo material de origem e, posteriormente, pelos processos de formação que modificam a composição geoquímica básica e redistribuem o conteúdo de metais dentro do perfil.

O Neossolo Regolítico (P9) (Figura 6) apresentou FE < 1 apenas para os metais V e Fe. Este perfil foi coletado em uma encosta, próxima à estrada de rodagem. Provavelmente, fontes antropogênicas de metais, como emissões de tráfego mediante partículas de escape de veículos, de desgaste de pneus e da superfície da estrada, tenham influenciado os teores dos metais e provocado o enriquecimento. Lu et al. (2005) afirmam que solos próximos a estradas tem sido contaminados com metais pesados devido a emissões de veículos automotivos e também a corrosão de metais por desgaste em motores, os quais podem provocar a liberação destes elementos (Dankoub et al., 2012). Estes mesmos autores determinaram o teor médio de 95,83; 22,14; 30,58 e 34727,31 mg kg<sup>-1</sup>, para os metais Cu, Cd, Pb e Fe, respectivamente, em material particulado de emissões de automóveis. Wei e Yang (2010) detectaram maiores enriquecimentos para os metais Cr, Ni, Cu, Pb, Zn e Cd, semelhante ao determinado neste trabalho, em solos urbanos e poeira de estrada. Li e Feng

(2012) atribuíram o enriquecimento dos metais Ba, Cu, Pb, Cr e Zn em áreas próximas a zona urbana e a fontes industriais, em virtude da combinação da combustão de carvão e tráfego de automóveis.

No Argissolo Vermelho (P10) (Figura 6) não houve enriquecimento de nenhum metal no horizonte superficial do solo, sendo observado enriquecimento dos metais Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb e Zn apenas no horizonte Bt. Os Argissolos são típicos de regiões tropicais, apresentam horizonte B textural (Bt) como diagnóstico, sendo este o produto do processo de lessivagem, com iluviação predominante de argila silicatadas e óxidos em subsuperfície. O processo incompleto de latolização, observado nos argissolos, onde há transformação de minerais primários em secundários e/ou óxidos e hidróxidos de Fe e Al, facilita a adsorção de metais pesados enquanto os óxidos estão amorfos.

Inicialmente, os metais se adsorvem na forma trocável, formando complexos de esfera externa, podendo passar para formas covalentes ao longo do tempo (Oliveira e Nascimento, 2006). Nael et al. (2009) reportaram o enriquecimento dos metais Cr, Ni, Fe, Pb e Zn, em horizontes mais argilosos, principalmente Bt. Estes mesmos autores enfatizam ainda que as diferenças observadas entre as concentrações de metais nos horizontes parecem estar relacionadas aos diferentes conteúdos de argila e processos pedogênicos dominantes no perfil, sendo os metais liberados pelo intemperismo, adsorvidos as argilas e acumulados por iluviação nos horizontes B. Palumbo et al. (2000) observaram o enriquecimento de Cr em horizonte Bt, paralelamente ao incremento de Al e Fe, que pode ser atribuído a seu particionamento dentro da fração argila e óxido de Fe.

O Luvissole Crômico (P11) (Figura 6) foi empobrecido em quase todos os metais, apenas o Zn apresentou  $FE > 1$  nos dois primeiros horizontes A e Bt. Este perfil apresentou material coluvial transportado em superfície, provavelmente, mais rico em Zn do que nos demais metais. A normalização mostrou claramente a influência do material coluvial, ao observar a redução do FE no horizonte Cr1 que mostra a realidade do material originário do perfil (micaxisto). Nael et al. (2009) enfatizam que há grande concentração de Zn em solos formados de xisto. Nascimento e Fontes (2004), analisando a adsorção de Zn, observaram que o teor de argila é determinante na adsorção deste elemento. Sterckman et al. (2006) relatam que o Zn tem afinidade em proporções variáveis com ambos MO

e várias fases minerais, enquanto Cd, Co, Cr, Mn, Ni e V demonstram maior afinidade apenas com a fase mineral. O Luvissolo Crômico apresentou uma concentração de  $3,59 \text{ g kg}^{-1}$  de MO na camada superficial, podendo esta ser também responsável pela fixação deste elemento. Soubrand-Colin et al. (2007) obtiveram aumento gradual no FE para Zn da rocha até a superfície, e atribuíram este fato, a maior associação deste elemento a matéria orgânica.

## 4 Conclusões

- 4.1 A concentração de metais pesados nos solos está relacionada, principalmente, ao tipo de material de origem, enquanto, os processos pedogênicos desempenharam papel secundário, como a redistribuição destes elementos dentro do perfil.
- 4.2 Solos desenvolvidos sobre o embasamento cristalino apresentaram maior concentração de metal do que os solos desenvolvidos sobre os sedimentos calcários e arenosos. Nestes ambientes, solos mais argilosos e com maiores teores de MO apresentaram os maiores teores, em geral, de metais pesados.
- 4.3 A distribuição espacial dos metais Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V e Zn foi semelhante a do Fe e Mn em toda extensão do Rio grande do Norte mostrando ampla afinidade geoquímica entre eles.
- 4.4 O fator de enriquecimento não determina a intensidade da contaminação nos solos, mas dá um indicativo do aumento na concentração de um determinado metal no ambiente.
- 4.5 O conhecimento do cenário entorno do perfil analisado é fundamental para se ter embasamento e poder inferir sobre a fonte originária do metal analisado, mediante o valor calculado do FE, se do material de origem ou antropogênica.
- 4.6 Solos próximos a áreas agrícolas e estradas mostraram-se enriquecidos em metais pesados, provavelmente, por influência antrópica.

## Referências Bibliográficas

- ALBANESE, S.; VIVO, B.; LIMA, A.; CICCHELLA, D. Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). **Journal of Geochemical Exploration**, n. 93, p. 21–34, 2007.
- ALLOWAY, B.J. The origins of heavy metals in soils. In: Alloway, B.J. (Ed.), **Heavy Metals in Soils**. Johns Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 29–39, 1995.
- AL-SEWAILEM, M.; KHALED, E.; MASHHADY, A. Retention of copper by desert sands coated with ferric hydroxides. *Geoderma*, 89, 249–258, 1999.
- ANDA, M.; CHITTLEBOROUGH, D.J.; Fitzpatrick, R.W. Assessing parent material uniformity of a red and black soil complex in the landscapes. **Catena**, v. 78, p. 142–153, 2009.
- ANGELIM, L. A. A., MEDEIROS, V. C., NESI, J. R. 2006. Programa Geologia do Brasil – PGB. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERNA, 2006.
- ARAÚJO, M.F.; JOUANNEAU, J.-M.; VALÉRIO, P.; BARBOSA, T.; GOUVEIA, A.; WEBER, O.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, A.; DIAS, J.M.A. Geochemical tracers of northern Portuguese estuarine sediments on the shelf. **Progress in Oceanography**, n. 52, p. 277–297, 2002.
- BAIZE, D.; STERCKEMAN, T. Of the necessity of knowledge of the natural pedogeochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements. **Science Total Environmetal**. v.264, p.127–139, 2001.
- BECQUER, T.; QUANTIN, C.; ROTTE-CAPET, S.; GHANBAJA, J.; MUSTIN, C.; HERBILLON, A.J. Sources of trace metals in Ferralsols in New Caledonia. **European Journal of Soil Science**, v. 57, p. 200–213, 2006.
- 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 em Agronomia – Ciências do Solo) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 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.
- BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FABRICIO NETA, A.B. Teores Naturais de Bário em Solos de Referência do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 1819-1826, 2011b.

BLASER, P.; ZIMMERMANN, S.; LUSTER, J.; SHOTYK, W. Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. **The Science of the Total Environment**, v. 249, p. 257-280, 2000.

BOUSSEN, S.; SOUBRAND, M.; BRIL, H.; OUERFELLI, K.; ABDELJAOUAD, S. Transfer of lead, zinc and cadmium from mine tailings to wheat (*Triticum aestivum*) in carbonated Mediterranean (Northern Tunisia) soils. **Geoderma**, v. 192, p. 227–236, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**, Recife, Sudene, 1968. (Mapa col. 94 x 84 cm - Esc. 1:500.000).

BURAK, D.L.; FONTES, M.P.F.; SANTOS, N.T.; MONTEIRO, L.V.S.; MARTINS, E.S.; BECQUER, T. Geochemistry and spatial distribution of heavy metals in Oxisols in a mineralized region of the Brazilian Central Plateau. **Geoderma**, v.160,p.131–142, 2010.

CALACE, N.; LIBERATORI, A.; PETRONIO, B.M.; PIETROLETTI, M. Characteristics of different molecular weight fractions of organic matter in landfill leachate in their role in soil sorption of heavy metal. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v.113, p.331–339, 2001.

CHEN, M.; MA, L.Q.; HARRIS, W.G.; HORNESBY, A.G. Background Concentrations of Trace Metals in Florida Surface Soils: Taxonomic and Geographic Distributions of Total-total and Total-recoverable Concentrations of Selected Trace Metals. **Soil and Water Science Department University of Florida**. 1999.

CHEN, T.; LIU, X.; LI, X.; ZHAO, K.; ZHANG, J.; XU, J.; SHI, J.; DAHLGREN, R.H. Heavy metal sources identification and sampling uncertainty analysis in a field-scale vegetable soil of Hangzhou, China. **Environmental Pollution**, v. 157, p. 1003–1010, 2009.

CORREA, M.M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; FONTES, M.P.F.; TORRENT, J.; CURTI, N. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 1017-1031, 2008.

COVELO, E. F.; VEGA, F. A.; ANDRADE, M. L. Competitive sorption and desorption of heavy metals by individual soil components. **Journal of Hazardous Materials**, v.140, n.1-2, p.308–315, 2007.

CUNHA, F. G. Contaminação humana e ambiental por chumbo no Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná. 2003, 186p. (**Tese de Doutorado**) Unicamp, Campinas.

DANKOUB, Z.; AYOUBI, S.; KHADEMI, H.; SHENG-GAO, L. Spatial Distribution of Magnetic Properties and Selected Heavy Metals in Calcareous Soils as Affected by Land Use in the Isfahan Region, Central Iran. **Pedosphere**, v. 22, p. 33–47, 2012.

DEVESA-REY, R.; DÍAZ-FIERROS, F.; BARRAL, M. T. Assessment of enrichment factors and grain size influence on the metal distribution in riverbed sediments (Anllóns River, NW Spain). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 179, p. 371–388, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.370, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Revista Atual. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

FABIETTI, G.; BIASIOLI, M.; BARBERIS, R.; AJMONE-MARSAN, F. Soil contamination by organic and inorganic pollutants at the regional scale: the case of Piedmont, Italy. *J Soils Sediments*, v. 10, p. 290–300, 2010.

GARCIA-MINA, J.M. Stability, solubility and maximum metal binding capacity in metal–humic complexes involving humic substances extracted from peat and organic compost. **Organic Geochemistry**, n. 37, p. 1960–1972, 2006.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer V.7.02**. Surface Mapping System, Colorado, 2000.

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

KARANLIK, S.; AĞCA, N.; YALÇIN, M. Spatial distribution of heavy metals content in soils of Amik Plain (Hatay, Turkey). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 173, p. 181-191, 2011.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo, Ed. UNESP, 226p. 1998.

LEENAERS, H.; OHX, J.P.; BURROUGH, P.A. Comparison of spatial prediction methods for mapping floodplain soil pollution. **Catena**, v. 17, p. 535-550, 1990.

LI, X.; FENG, L. Multivariate and geostatistical analyzes of metals in urban soil of Weinan industrial areas, Northwest of China. **Atmospheric Environment**, v. 47, p. 58-65, 2012.

LOSKA, K.; CEBULA, J.; PELCZAR, J.; WIECHULA, D.; KWAPULINSKI, J. Use of enrichment, and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu, and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland. **Water, Air, and Soil Pollution**, n.93, p.347-365, 1997.

LU, A.; ZHANG, S.; SHAN, X-Q. Time effect on the fractionation of heavy metals in soils. **Geoderma**, v. 125, p. 225–234, 2005.

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, 2012.

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. **Environmental Engineering Science**, v. 25, n. 6, p. 863- 878, 2008.

MEDEIROS, V.C. DE.; NESI, J.R.; NASCIMENTO, M.A.L. DO. Recursos Minerais. In: PFALTZGRAFF, P.A.S.; TORRES, F.S.M. **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. p. 49-64, 2010.

MENDES, A.M.S.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.A.G.; MEDEIROS, A.D.L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p.791–796, 2010.

MUÑOZ-BARBOSA, A.; GUTIÉRREZ-GALINDO, E.A.; DAESSLÉ, L.W.; OROZCO-BORBÓN, M.V.; SEGOVIA-ZAVALA, J.A. Relationship between metal enrichments and a biological adverse effects index in sediments from Todos Santos Bay, northwest coast of Baja California, México. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, p. 405–409, 2012.

NADAL, M.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J.L. Levels of metals, PCBs, PCNs and PAHs in soils of a highly industrialized chemical/petrochemical area: Temporal trend. **Chemosphere**, v. 66, p. 267–276, 2007.

NAEL, M.; KHADEMI, H.; JALALIAN, A.; SCHULIN, R.; KALBASI, M.; SOTOHIAN, F. Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran. **Geoderma**, n. 152, p. 157–170, 2009.

NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F. Correlação entre características de latossolos e parâmetros de equações de adsorção de cobre e zinco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 965-971, 2004.

NIST-National Institute of Standards and Technology. **Standard Reference Materials** -SRM 2709, 2710 and 2711 Addendum Issue Date: 18 January 2002.

NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.M. Quantitative assessment of world-wide contamination of air water and soils by trace metals. **Nature**, 333, 47–49, 1988.

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.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M. Metais pesados em solos de uma topolitossequência do triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 785-796, 2004.



ORTIZ-VILLAJOS, J.A.A.; NAVARRO, F.J.G.; JIMÉNEZ, C.J.S.; REYES, C.P.; MORENO, R.G.; BALLESTA, R.J. Trace Elements Distribution in Red Soils under Semiarid Mediterranean Environment. **International Journal of Geosciences**, n. 2, p. 84-97, 2011.

PALUMBO, B.; ANGELONE, M.; BELLANCA, A.; DAZZI, C.; HAUSER, S.; NERI, R.; WILSON, J. Influence of inheritance and pedogenesis on heavymetal distribution in soils of Sicily, Italy. **Geoderma**, v. 95, p. 247-266, 2000.

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

RAMOS-MIRAS, J.J.; ROCA-PEREZ, L.; GUZMÁN-PALOMINO, M.; BOLUDA, R.; GIL, C. Background levels and baseline values of available heavy metals in Mediterranean greenhouse soils (Spain). **Journal of Geochemical Exploration**, v. 110, p. 186–192, 2011.

RODRIGUEZ-MARTIN, J. A., NANOS, N., GRAU, J. M., GIL, L., LÓPEZ-ARIAS, M. Multiscale analysis of heavy metal contents in Spanish agricultural topsoils. **Chemosphere**, 70, 1085–1096, 2008.

ROSIÈRE, C.A.; CHEMALE JR.F. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – uma visão geral e discussão. **Geonomos**, v. 8, p.27-43, 2000.

SANTIAGO-MARTÍN, A.; CHEVIRON, N.; QUINTANA, J.R.; GONZÁLEZ, C.; LAFUENTE, A.I.; MOUGIN, C. Metal contamination disturbs biochemical and microbial properties of calcareous agricultural soils of the Mediterranean. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, DOI 10.1007/s00244-012-9842-8, 2012.

SANTOS, R. D., LEMOS, R. C., SANTOS, H. G., KER, J. C., ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5ª ed. Revista e ampliada. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2005.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JUNIOR, J. de S. **Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo**. R. Un. Alfenas, v.5, p.21-26,1999.

SILVA, J.P.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M.; CUNHA, K.P.V. Heavy metals in soils and plants in mango Orchards in Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p. 1343-1353, 2012.

SILVA, S.R.; PROCÓPIO, S.O.; QUEIROZ, T.F.N.; DIAS, L.E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 189-196, 2004.

SIMASUWANNARONG, B.; SATAPANAJARU, T.; KHUNTONG, S.; PENGTHAMKEERATI, P. Spatial Distribution and Risk Assessment of As, Cd, Cu,

Pb, and Zn in Topsoil at Rayong Province, Thailand. **Water Air & Soil Pollution**, v. 223, p. 1931–1943, 2012.

SIPOS, P.; NÉMETH, T.; KIS, V.K.; MOHAI, I. Sorption of copper, zinc and lead on soil mineral phases. **Chemosphere**, v. 73, p. 461–469, 2008.

SOUBRAND-COLIN, M.; NEEL, C.; BRIL, H.; GROSBOIS, C.; CANER, L. Geochemical behaviour of Ni, Cr, Cu, Zn and Pb in an Andosol–Cambisol climosequence on basaltic rocks in the French Massif Central. **Geoderma**, n. 137, p. 340–351, 2007.

SPIER, C.A.; OLIVEIRA, S.M.B.; SIAL, A.N.; RIOS, F.J. Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precambrian Research**, v. 152, p. 170–206, 2007.

STERCKEMAN, T.; DOUAY, F.; BAIZE, D.; FOURRIER, H.; PROIX, N.; SCHVARTZ, C. Factors affecting trace element concentrations in soils developed on recent marine deposits from northern France. **Applied Geochemistry**, v. 19, p. 89–103, 2004.

STERCKEMAN, T.; DOUAY, F.; BAIZE, D.; FOURRIER, H.; PROIX, N.; SCHVARTZ, C.; CARIGNAN, J. Trace element distributions in soils developed in loess deposits from northern France. **European Journal of Soil Science**, n. 57, p. 392–410, 2006.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York: John Wiley, 1994. 496p.

TABAR, S.S.; JALALI, M. Kinetics of Cd Release from Some Contaminated Calcareous Soils. **Natural Resources Research**, DOI: 10.1007/s11053-012-9196, 2013.

TABOADA, T.; CORTIZAS, A. M.; GARCÍA, C.; GARCÍA-RODEJA, E. Particle-size fractionation of titanium and zirconium during weathering and pedogenesis of granitic rocks in NW Spain. **Geoderma**, v. 131, p. 218-236, 2006.

TEJAN-KELLA, M.S.; FITZPATRICK, W.; CHITTLEBOROUGH, D.J. Scanning electron microscope study of zircons and rutiles from a podzol chronosequence at Cooloola, Queensland, Australia. **Catena**, n. 18, p. 11-30, 1991.

TIJANI, M.N.; OKUNLOLA, O.A.; ABIMBOLA, A.F. Lithogenic concentrations of trace metals in soils and saprólitos over crystalline basement rocks: A case study from SW Nigeria. **Journal of African Earth Sciences**, n. 46, p. 427–438, 2006.

TUME, P.; BECH, J.; REVERTER, F.; BECH, J.; LONGAN, L.; TUME, L.; SEPÚLVEDA, B. Concentration and distribution of twelve metals in Central Catalonia surface soils. **Journal of Geochemical Exploration**, 2010.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1996. **Soil screening guidance: Technical background document**. USEPA Rep. 540/R-95/128. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **Method 3051a – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils**. 1998. Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3051a.pdf>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2013.

VEGA, F.A. COVELO, E.F.; ANDRADE, M. L. Effects of sewage sludge and barley straw treatment on the sorption and retention of Cu, Cd and Pb by coppermine Anthropic Regosols. **Journal of Hazardous Materials**, v.169, p. 36–45, 2009.

VODYANITSKII, Y.N. The Role of Iron in the Fixation of Heavy Metals and Metalloids in Soils: A Review of Publications. **Eurasian Soil Science**, v. 43, n. 5, p. 519–532, 2010.

WEBER, D.D.; ENGLUND, E.J. Evaluation and comparison of spatial interpolators II. **Mathematical Geology**, v. 26, p. 589-603, 1994.

YANG, P.; MAO, R.; SHAO, H.; GAO, Y. The spatial variability of heavy metal distribution in the suburban farmland of Taihang Piedmont Plain, China. **Comptes Rendus Biologies**, v. 332, p. 558–566, 2009.

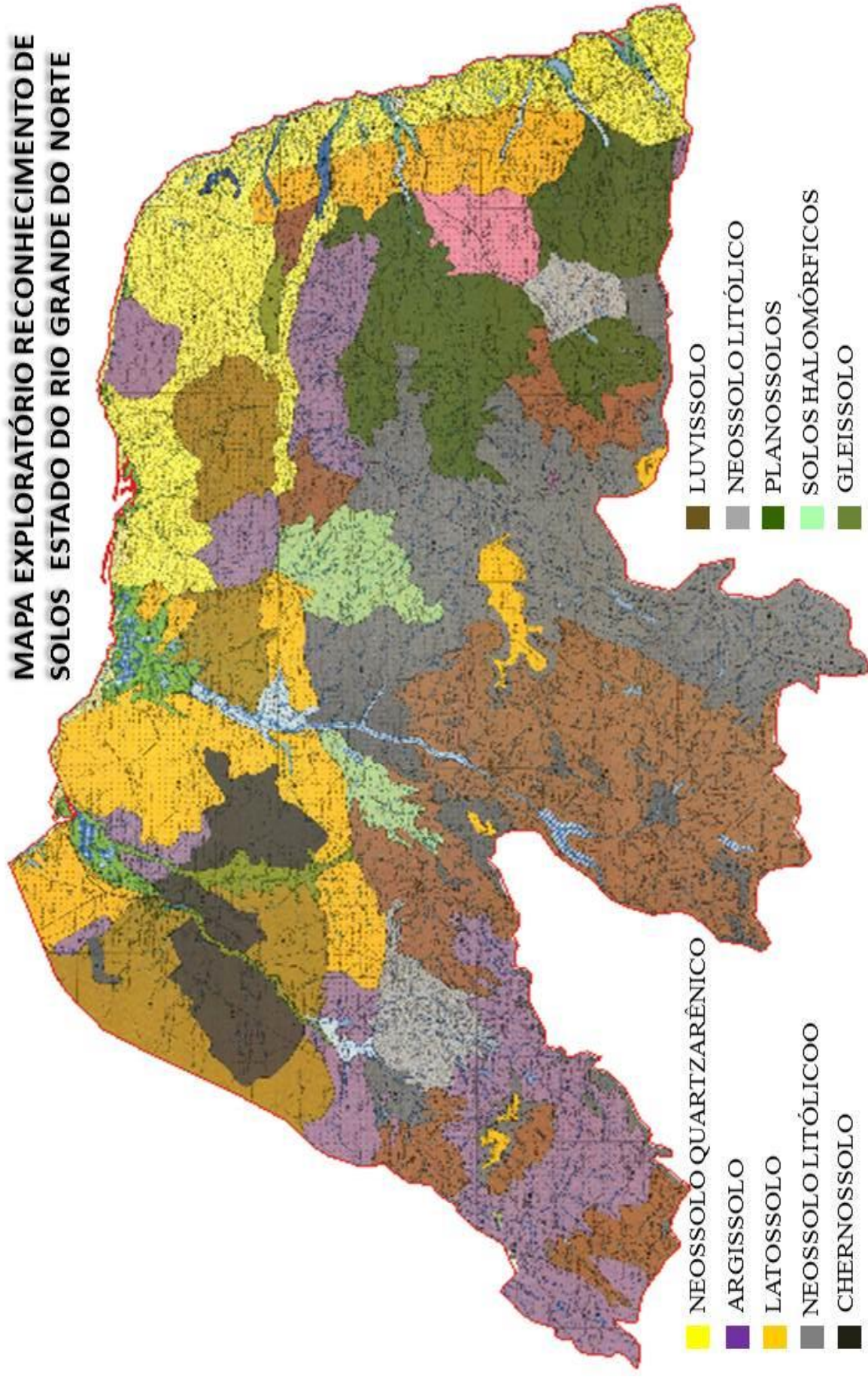
ZAKHARIKHINA, L.V.; LITVINENKO, Y.S. Geochemical Specificity of Volcanic Soils of Kamchatka. **Eurasian Soil Science**, v. 43, n. 4, p. 380–389, 2010.

ZHANG, C.; WANG, L.; LI, G.; DONG, S.; YANG, J.; WANG, X. Grain size effect on multi-element concentrations in sediments from intertidal flats of Bohai Bay, India. **Applied Geochemistry**, n. 17, p. 59–68, 2002.

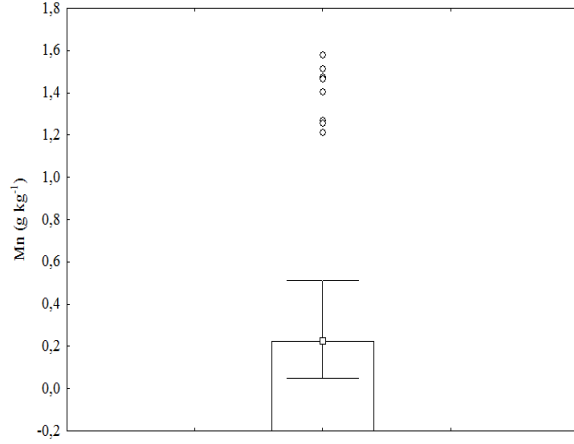
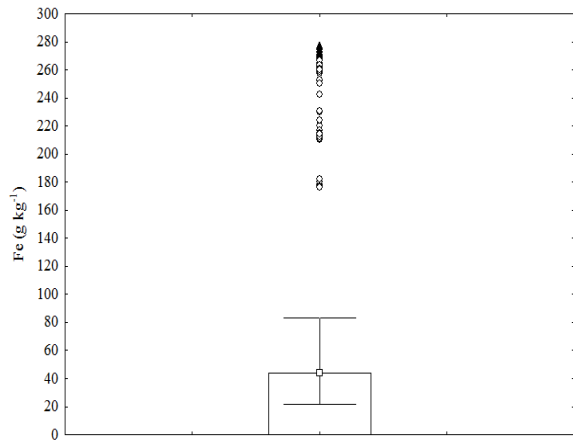
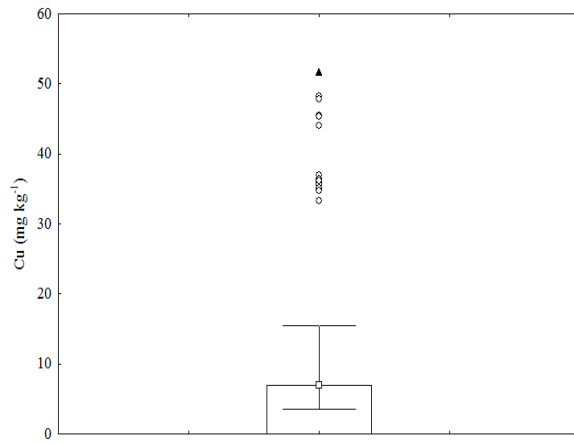
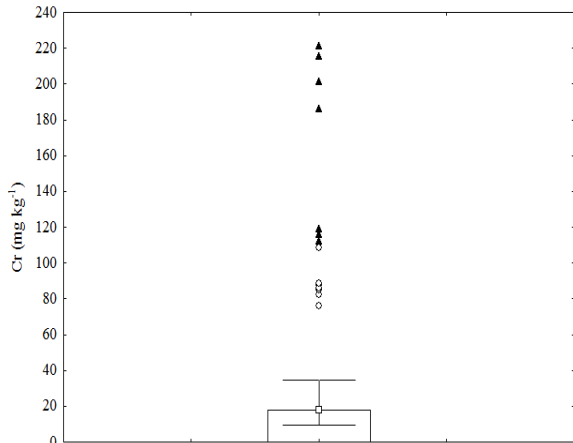
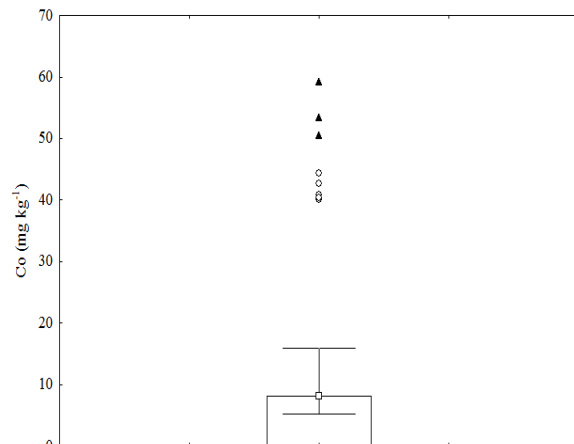
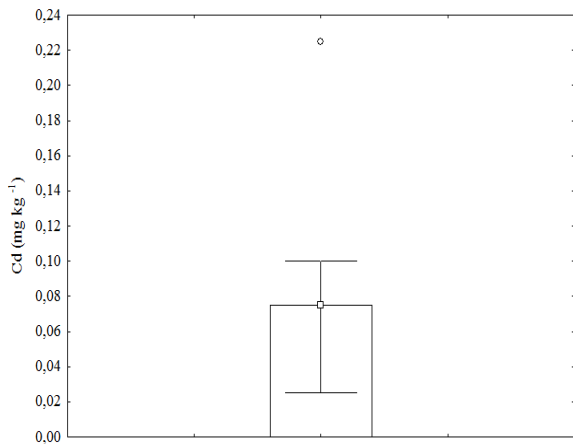
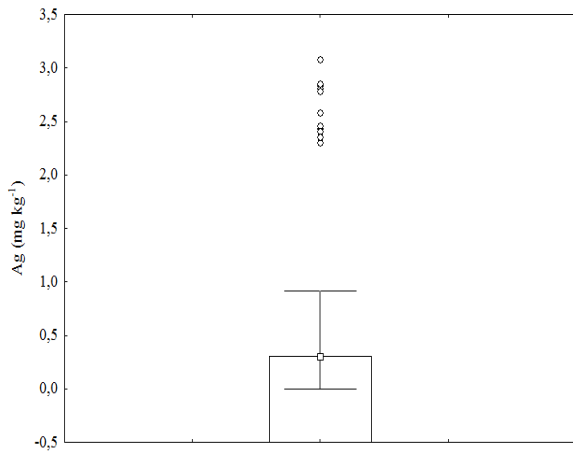
ZHANG, H.; WANG, Z.; ZHANG, Y.; HU, Z. The effects of the Qinghai–Tibet railway on heavy metals enrichment in soils. **Science of the Total Environment**, v. 439, p. 240–248, 2012.

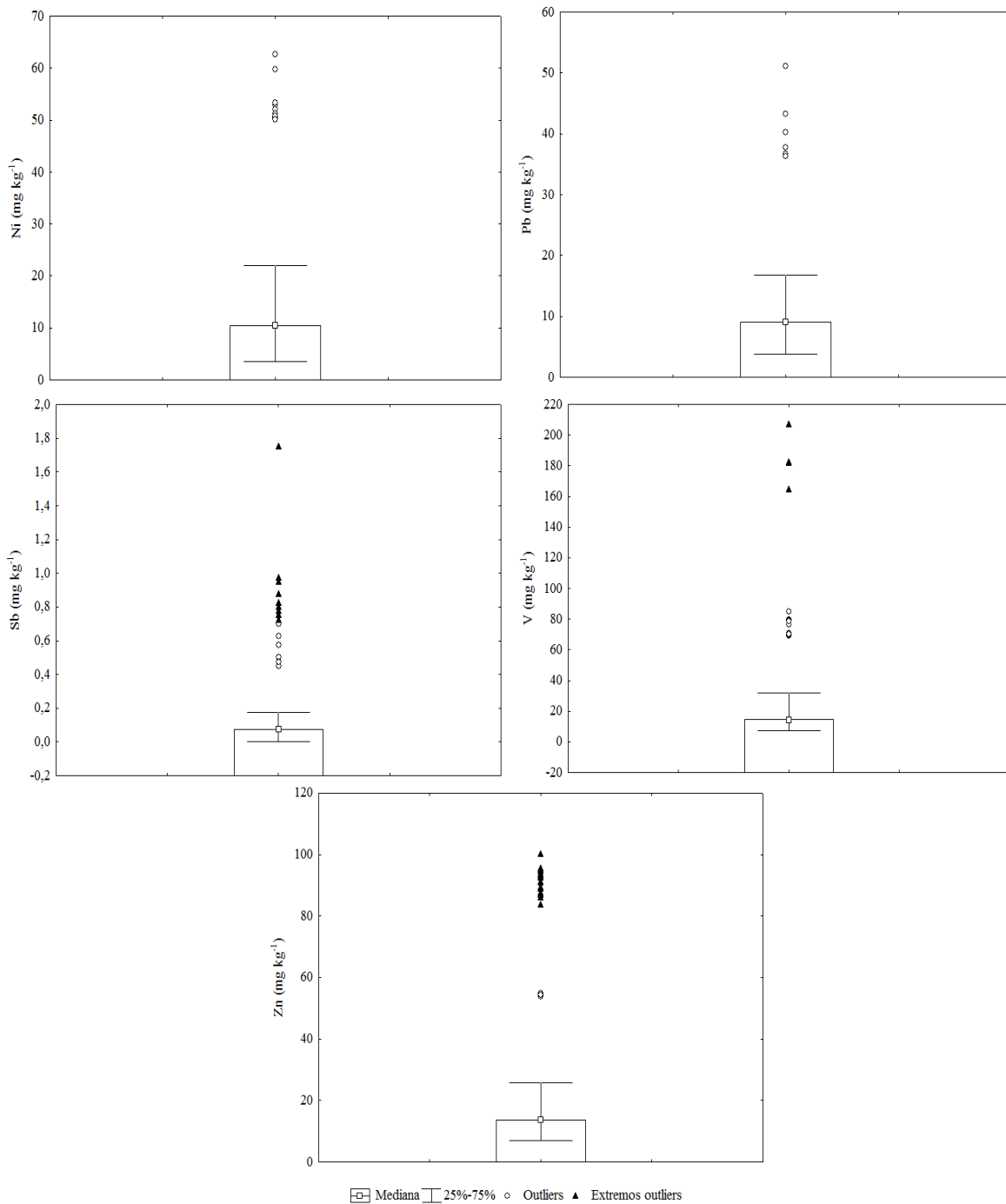
## ANEXO

**Anexo 1:** Mapa de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Adaptado de Brasil (1968).



## **APÊNDICES**





**Apêndice 1:** Distribuição dos metais através da representação gráfica boxplot, utilizado na retirada dos valores anômalos e extremos anômalos, para obtenção do P75 a partir do universo amostral.



## **Apêndice 2:** Descrição geral dos perfis

### **PERFIL 01**

DATA – 09/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Reserva Mata Estrela, Destilaria Baía Formosa, Baía Formosa (RN). Coordenadas 06° 22' 32,3"S e 35° 01' 23,7"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia suave ondulada (Local plano), área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 81 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – dunas e sedimentos marinhos do quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimento marinho do quaternário

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL - Plano

EROSÃO – Nula

DRENAGEM – Excessiva

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta de restinga

USO ATUAL – Área de preservação

CLIMA – Tropical úmido

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- |    |   |
|----|---|
| A  | 0-15 cm; (5YR 4/2 úmido) (5YR 5/3 seco); areia; granular simples, fraca e pequena; solto; não plástico; não pegajoso; transição clara e plana.    |
| AC | 15-45 cm; (5YR 4/2 úmido) (5YR 5/3 seco); areia; granular simples, fraco e pequena; solto; não plástico; não pegajoso; transição gradual e plana. |
| C1 | 45-90 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/3 úmido); areia; granular simples; solto; não plástico; não pegajoso; transição difusa e                       |

plana.

- C2 90-150 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4 úmido); areia; granular simples; solto; não plástico; não pegajoso; transição gradual e difusa.
- C3 150-190 cm; (5YR 3/3 úmido); areia; granular simples; solto; não plástico; não pegajoso;

RAÍZES – Muitas em A, AC, C1 e C2; comuns em C3.

OBS.; Presença de serapilheira de ~10 cm.

---

## **PERFIL 02**

DATA – 09/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – ESPODOSSOLO

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Fazenda Pedrosa, Destilaria Baía Formosa, Baía Formosa (RN). Coordenadas 06° 27' 01,3"S e 35°03'15,8"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia suave ondulada, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 68 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – Dunas de sedimentos marinhos do quaternário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos marinhos do quaternário

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado

RELEVO REGIONAL - Suave Ondulado

EROSÃO – Nula

DRENAGEM – Moderada/imperfeita

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta de restinga

USO ATUAL – Área de preservação

CLIMA – Tropical úmido

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- O 7-0 cm; horizonte orgânico.
- A 0-10 cm; (10YR 3/2 úmido); areia; granular simples, fraca, muito pequena e pequena; granular; muitos poros; solto; não plástico; não pegajoso; transição abrupta e plana.
- AE 10-25 cm; (10YR 4/2 úmido); areia; fraca e pequena; granular e blocos subangulares; muitos poros; solto; não plástico; não pegajoso; transição clara e plana
- E 25-75 cm; (10YR 4/1 úmido); areia; maciça, pouco coesa; muitos poros; macio, muito friável; não plástico; não pegajoso; transição gradual e plana
- Bh 75-95 cm; (7,5YR 3/2 úmido), (5YR 3/3 mosqueado úmido); franco-arenosa; maciço e pouco coeso; macio e muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bhs 95-112cm; (7,5YR 4/4 úmido); franco-arenosa; maciço e coeso; extremamente duro e extremamente firme; não plástico; ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

RAÍZES – Muitas no A; comuns em AE, E e Bh; raras no Bhs

---

### PERFIL 03

DATA – 09/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Canguaretama, Destilaria Outeiro (RN). Coordenadas 06° 26' 52,7"S e 35°09'06,4"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia suave ondulada, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 86m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – Grupo Barreiras

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos do grupo barreiras

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado

RELEVO REGIONAL - Suave Ondulado

EROSÃO – Nula

DRENAGEM – Acentuada

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta de subcaducifolia

USO ATUAL – Área de preservação

CLIMA – Tropical úmido

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-24 cm; (10YR 2/2 úmido); franco-arenosa; fraca, muito pequena, média e granular; muitos poros; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A2 24-45 cm; (10YR 3/2 úmido); franco-arenosa; fraca, pequena, média e blocos subangulares; muitos poros; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- A3 45-85 cm; (10YR 3/2 úmido); franco-arenosa; fraca, pequena, média e blocos subangulares; muitos poros; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- AB 85-130 cm; (10YR 4/2 úmido); franco-arenosa; fraca, pequena, média e blocos subangulares; muitos poros; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 130-150 cm; (10YR 4/3 úmido); franco-argilo-arenosa; fraca, pequena, média e blocos subangulares; muitos poros; friável; ligeiramente plástico; pegajoso; transição clara e ondulada.
- Bt 150-190 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8 úmido); franco-argilo-arenosa; fraca, pequena, média e blocos subangulares, maciça moderadamente coesa; muitos poros; firme; ligeiramente plástico; pegajoso; clara e ondulada (15 – 30)

RAÍZES – Muitas em A1, A2, A3 e AB; comuns em BA; poucas em Bt

OBS: O Bt é descontínuo com penetração do BA.

---

## PERFIL 04

DATA - 10/08/11.

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura média

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Fazenda São João, Município de Parazinho (RN). Coordenadas 05° 17" 12,2""S. e 35° 51" 45,6""W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Topografia plana, área de vegetação nativa.

ALTITUDE - 124 m.

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA - Cretáceo. Formação Jandaíra. Calcário

MATERIAL ORIGINÁRIO- Saprolito da rocha do embasamento, com influência de coberturas terciárias.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano e suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Caatinga hipoxerófila

USO ATUAL - Caatinga hipoxerófila.

CLIMA - Semiárido quente

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-18 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno-forte (7,5YR 4/6, seco); franco-arenosa; fraca, pequena e média, granular e blocos subangulares; muitos poros; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB 18-40 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), bruno-forte (7,5YR

5/6, seco); franco-argilo-arenosa; fraca,, muito pequena e média, blocos subangulares; muitos poros; dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

- BA 40-77 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca, pequena e média, blocos subangulares; muitos poros; dura e muito dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.
- Bi1 77-115 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa e fraca, pequena e média, blocos subangulares; muitos poros; muito dura, friável, plástica, pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi2 115-150 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); franco-argilo-arenosa;
- Bi3 fraca, pequena e média, blocos subangulares e angulares; poros comuns; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual plana.  
150-180 cm+; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/8 seco); argila; fraca, pequena e média, blocos subangulares e angulares; poros comuns; muito dura, firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas em A; comuns em AB; poucas em BA; raras em Bi1, Bi2 e Bi3

OBS: BA: Bolsão de formigas;

B1: Bolsão de formigas com concentração de material calcário;

AB: Presença de calcário em decomposição.

---

## PERFIL 05

DATA - 10/08/11.

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eustrófico leptico, textura média

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Fazenda Baixa do Feijão, Município de Jandaíra (RN). Coordenadas 05° 22' 15,3''S. e 36° 03' 38,5''W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Topografia plana, área de vegetação nativa.

ALTITUDE - 136 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA- Cretáceo. Formação Jandaíra.  
Calcário

MATERIAL ORIGINÁRIO- Saprolito do calcário Jandaíra.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA- Caatinga hipoxerófila.

USO ATUAL - Área de caatinga usada para pecuária extensiva.

CLIMA - Semiárido e quente

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento,  
J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |     |  |
|-----|--|
| A   | 0-13 cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca, pequena e média blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente dura e dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.              |
| Bi  | 13-40 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, seco), franco-argilo-arenosa; fraca, pequena e média, blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada. |
| C/R | 40-50cmcm; mistura de material pouco intemperizado, com fragmentos de rocha calcária.  |
| R   | 50-110cm+; formação Jandaíra consolidada.  |

RAÍZES – Muitas no A; comuns no Bi e nula no C/R

OBS: C/R: Horizonte com mistura de material alterado com a rocha.

Em alguns pontos chega a 2 metros, irregular.

## **PERFIL 06**

DATA – 11/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO distrófico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Vila Sergipe, Serra do Mel (RN). Coordenadas 05° 08' 06,7"S e 37°04'42,8"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia plana, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 177 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – Formação Barreiras - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimento areno-argiloso

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL - Plano

EROSÃO – Nula

DRENAGEM – Forte

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga Hiperxerófila

USO ATUAL – Caatinga Hiperxerófila de formação secundária, cultura do cajú

CLIMA – Semiárido quente

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-21 cm; (7,5YR 4/4 úmido), (7,5YR 6/3 seco); franco-arenosa; granular simples, fraca, muito pequena, média e granular; muitos poros; macio, muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- AB 21-45 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6 úmido); franco-arenosa; fraca, pequena, média e blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente duro, muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 45-80 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6 úmido); franco-arenosa; maciço, pequena, média e blocos subangulares; muitos poros; duro e muito friável; ligeiramente plástico ;ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.



- Bw1 80-135 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6 úmido); franco-argilo-arenosa; fraca, muito muito poros; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e planta.
- Bw2 135-200 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmido); franco-argilo-arenosa; fraca, muito pequena e blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente duro, muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – Muitas em A e AB; comuns em BA, Bw1 e Bw2

---

## **PERFIL 07**

DATA – 11/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTIZARENICO

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Fazenda Agrícola Famosa, Mossoró (RN). Coordenadas 04° 51' 12,4"S e 37° 19' 50,5"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia plana, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 44 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – Formação Barreiras

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimento arenosos

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL - Plano

EROSÃO – Nula

DRENAGEM – Excessiva

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga Hiperxerófia

USO ATUAL – Área de preservação

CLIMA – Semiárido quente

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-15 cm; bruno-escuro (7,5YR 4/4 úmido), (7,5YR 5/3 seco); areia-franca; fraca, pequena, média, granular e blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente duro, muito friável; não plástico; não pegajoso; transição gradual e plana.
- AC 15-35 cm; (7,5YR 5/4 úmido); areia-franca; pouco coesa, maciço, fraca, pequena e granular; muitos poros; macio, muito friável; não plástico; não pegajoso; transição difusa e plana.
- C1 35-70 cm; (7,5YR 5/4 úmido); areia-franca; maciça e pequena; muitos poros; macio e muito friável; não plástico; não pegajoso; transição difusa e plana.
- C2 70-135 cm; (7,5YR 6/6 úmido); areia-franca; granular simples e maciço; muitos poros; solta, macia e muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- C3 135-220 cm; (7,5YR 6/6 úmido); areia-franca; macia; muitos poros; ligeiramente duro, muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – Muitas no A; comuns no AC e C1; poucas no C2; raras no C3

---

## **PERFIL 08**

DATA: 11/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático léptico, textura argilosa.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Governador Dix-Sept Rosado, (RN). Coordenadas 05° 28' 46,9" S. e 37° 31' 23,5" W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Topografia suave ondulada, área de vegetação nativa.  
ALTITUDE - 44 m.

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA - Cretáceo. Formação Jandaíra. Calcário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito de rocha calcária

PEDREGOSIDADE - Pedregoso a muito pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL- Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira e moderada.

DRENAGEM - Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA.- Caatinga hiperxerófila.

USO ATUAL.- Caatinga de formação secundária com uso em pecuária.

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

CLIMA.- Semiárido quente.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-10 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); franco-argilosa; moderada, muito pequena a média, blocos subangulares; muitos poros; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
Bi1	10-35 cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-argilosa; moderada, muito pequena e média, blocos subangulares; muitos poros; dura, friável, plástica, pegajosa; transição abrupta e ondulada.
Bi2	35-55 cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-argilosa; moderada, muito pequena e média, blocos subangulares; muitos poros; dura, friável, plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada.
CRk/R	55-95cm+; Material saprolítico carbonático e blocos de calcário

RAÍZES – Muitas no A e Bi1; comuns no Bi2 e raras no CRk/R

OBS.: Bi2 pedregoso com grande quantidade de seixos de quartzo

CRk/R constituído de blocos de calcário com penetração de calcário intemperizados.

---

#### PERFIL 09

DATA – 11/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO REGOLÍTICO

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Olho D'água dos Borges (RN). Coordenadas 05° 54'14,8"S e 37°40'54,7"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia suave ondulada, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 147 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – suíte granítica/migmática

MATERIAL ORIGINÁRIO – alteração da rocha granítica/migmática

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – terço médio de encosta, suave ondulado

EROSÃO – Laminar ligeira

DRENAGEM – Moderada

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga Hiperxerófila

USO ATUAL – Pastagem e campo secundário

CLIMA – Semiárido seco

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-15 cm; (10YR 6/2 úmido), (10YR 7/2 seco); franco-arenosa; pouco coesa, maciça, fraca, muito pequena e pequena; granular; muitos poros; ligeiramente duro e muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso.
- AC 15-35 cm; (10YR 6/2 úmido); franco-arenosa; pouco coesa, maciça, fraca, pequena e média; blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente duro e muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso.
- C1 35-70 cm; (10YR 6/2 úmido); franco-arenosa; pouco coesa, maciça, fraca, pequena e média; blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente duro e muito friável; não plástico; ligeiramente pegajoso.
- Cx 70-110 cm; (10YR 7/3 úmido), (2,5YR 5/6 mosqueado úmido); franco-arenosa; coesa e médio coesa; poros comuns; muito duro e extremamente duro, friável e firme; não plástico; ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – Comuns no A; poucas no AC e C1; raras no Cx

OBS: Mosqueado em Cx relacionado à alteração de mineral máfico.

Descrito em barranco, próximo a margem da estrada.

---

## **PERFIL 10**

DATA – 12/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSILO VERMELHO Eutrófico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Lucrécia (RN).  
Coordenadas 06° 07'57,1"S e 37°48'55,8"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL –  
Topografia suave ondulada, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 237 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – Suíte granito/ migmática/gnaiss

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito de rocha do embasamento e material coluvial

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado a ondulado

EROSÃO – Laminar moderada

DRENAGEM – Forte

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga Hiperxerófila

USO ATUAL – Mata secundária

CLIMA – Semiárido quente

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento,  
J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-15 cm; vermelho (2,5YR 4/6 úmido), vermelho (5YR 4/6 seco); franco-argilo-arenosa; moderada coesa, maciça, pequena e média; blocos subangulares; muitos poros; muito duro, friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

- AB 15-30 cm; (2,5YR 4/4 úmido); franco-argilo-arenosa; moderada coesa; muitos poros; extremamente duro, firme; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 30-60 cm; (2,5YR 3/4 úmido); argilo-arenosa; coesa, maciça; muitos poros; extremamente duro, firme; plástico; pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt 60-110 cm; (2,5YR 3/4 úmido); argilo-arenosa; fraca, pequena e média, blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e comum; muitos poros; muito duro, friável; plástico; pegajoso; transição gradual e plana.
- BC 110-150 cm; (2,5YR 4/6 úmido); argilo-arenosa; fraca, pequena e média, blocos subangulares e angulares; muitos poros; muito duro, friável; plástico; pegajoso.

RAÍZES – muitas no A; poucas em AB, BA, Bt e BC

OBS.: Fragmentos de granito do horizonte Bt

---

## **PERFIL 11**

DATA – 12/08/2011

CLASSIFICAÇÃO – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Sítio Bonita, São José do Seridó (RN). Coordenadas 06° 27'10,6"S e 36°53'11,1"W. Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topografia ondulada, área de vegetação nativa.

ALTITUDE – 217 m

FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA – Micaxisto gnaisse ( pré-cambiano)

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprólito da rocha do embasamento e material de depositado na superfície.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregoso

ROCHOSIDADE - Ligeiramente rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado a ondulado

EROSÃO –

DRENAGEM – Moderada

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga Hiperxerófila

USO ATUAL – Vegetação nativa

CLIMA – Semiárido quente e seco

DESCRITO E COLETADO POR – M.R. Ribeiro, W. Preston, C.W.A. Nascimento, J. F. W. F. Lima e V.S.S. Júnior.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-16 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4 úmido), (5YR 5/4 seco); franco-argilo-arenosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; muitos poros; duro, friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.
- Bt 13-43 cm; (2,5YR 4/6 úmido); argila; moderada, pequena e média; blocos angulares; muitos poros; muito duro, firme; muito plástico; muito pegajoso; transição clara e plana.
- Cr1 43-50 cm; muitos poros; transição gradual e plana.
- Cr2 50-90 cm.

RAÍZES – muitas no A; comuns em Bt, Cr1 e Cr2

OBS.: Cr1 e Cr2 saprolito da rocha em decomposição;

Material de coloração do solo e orientação da rocha;

Pedregosidade calhaos e matacões arrestados;

Rochosidade localizada, no local do perfil não tem;

Cavidade de atividade biológica no Bt.

**Anexo 4: Caracterização química e física das amostras de solo de 11 perfis do Estado do Rio Grande do Norte**

Horizontes	Prof (cm)	pH	Ca -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	Mg -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	Al -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	H+Al -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	P mg dm <sup>-3</sup>	K Cmolc dm <sup>-3</sup>	Na Cmolc dm <sup>-3</sup>	CO g kg <sup>-1</sup>	MO g kg <sup>-1</sup>	SB -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	CTC efe -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	CTC pH 7 -----Cmolc dm <sup>-3</sup> -----	m% -----%-----	V% -----%-----	Areia -----g kg <sup>-1</sup> -----	Silte -----g kg <sup>-1</sup> -----	Argila -----g kg <sup>-1</sup> -----
<b>PERFIL 1 – Neossolo Quartzarênico</b>																			
A	0 – 15	5,14	1,58	0,65	0,28	4,13	22,99	0,03	0,15	7,77	1,34	2,41	2,68	6,53	10,27	37,49	944,20	15,80	40,00
AC	15 – 45	5,11	0,63	0,73	0,30	2,48	10,66	0,00	0,16	3,93	0,68	1,52	1,82	3,99	16,53	37,98	956,00	24,00	20,00
C1	45 – 90	5,16	0,48	0,28	0,30	6,11	14,31	0,07	0,17	1,71	0,29	0,99	1,29	7,10	23,25	19,09	969,80	10,20	20,00
C2	90 – 150	4,83	0,40	0,23	0,28	3,96	29,34	0,05	0,18	3,24	0,56	0,86	1,13	4,82	24,23	18,18	952,60	27,40	20,00
C3	150 – 190+	5,74	0,58	0,45	0,33	5,41	8,65	0,05	0,19	4,41	0,76	1,26	1,58	6,66	20,51	18,92	944,80	15,20	40,00
<b>PERFIL 2 – Espodossolo</b>																			
A	0 – 10	5,17	2,23	2,20	0,33	2,23	56,18	0,03	0,20	15,03	2,59	4,65	4,97	6,88	6,54	67,61	871,00	49,00	80,00
AE	10 – 25	5,65	0,68	0,63	0,50	1,82	45,87	0,01	0,21	8,22	1,42	1,51	2,01	3,33	24,86	46,46	923,40	36,60	40,00
E	25 – 75	5,75	1,15	0,78	0,33	1,65	28,61	0,01	0,22	4,17	0,72	2,15	2,47	3,80	13,13	56,52	924,00	36,00	40,00
Bh	75 – 95	5,70	1,33	0,73	0,55	0,99	99,48	0,72	0,11	6,36	1,10	2,88	3,43	3,87	16,06	76,35	879,00	41,00	80,00
Bhsw	95 – 110	5,58	0,95	0,20	0,55	0,58	49,65	0,62	0,00	21,39	3,69	1,77	2,32	2,35	23,70	76,17	710,40	149,60	140,00
<b>PERFIL 3 – Argissolo Amarelo Distrófico</b>																			
A1	0 – 24	5,65	2,00	1,58	0,23	1,07	22,26	0,43	0,00	6,96	1,20	4,00	4,23	5,08	5,35	79,22	893,40	26,60	80,00
A2	24 – 45	5,59	1,28	1,35	0,23	0,74	37,85	0,74	0,00	4,08	0,70	3,36	3,59	4,10	6,34	81,74	888,40	31,60	80,00
A3	45 – 85	5,47	1,38	0,65	0,38	2,23	25,42	0,03	0,00	1,89	0,33	2,05	2,43	4,28	15,47	48,11	860,00	40,00	100,00
AB	85 – 130	5,55	0,63	0,70	0,30	1,90	24,69	0,02	0,00	1,05	0,18	1,34	1,64	3,24	18,15	41,40	878,00	22,00	100,00
BA	130 – 150	5,55	0,88	1,05	0,20	3,63	30,90	0,05	0,00	2,64	0,46	1,98	2,18	5,61	9,20	35,70	724,20	35,80	240,00
Bt	150 – 190+	5,62	1,00	1,05	0,18	2,06	14,58	0,03	0,00	2,46	0,42	2,08	2,25	4,14	7,74	52,67	576,40	3,60	420,00
<b>PERFIL 4 – Cambissolo Háplico</b>																			
A	0 – 18	7,78	5,30	2,33	0,00	0,99	8,85	0,02	0,00	2,31	0,40	7,64	7,64	8,63	0,00	88,58	804,00	36,00	160,00
AB	18 – 40	7,59	3,30	2,45	0,00	0,83	25,45	0,55	0,00	2,94	0,51	6,30	6,30	7,13	0,00	88,33	777,00	23,00	200,00
BA	40 – 77	7,55	3,25	2,28	0,00	0,83	13,54	0,12	0,00	1,89	0,33	5,64	5,64	6,47	0,00	87,52	771,00	10,00	220,00
Bi1	77 – 115	7,58	5,60	2,70	0,00	1,16	30,28	0,09	0,00	1,23	0,21	8,39	8,39	9,55	0,00	87,21	667,00	113,00	220,00
Bi2	115 – 150	7,40	7,10	3,00	0,00	0,83	9,83	0,09	0,00	1,38	0,24	10,19	10,19	11,01	0,00	92,53	618,00	62,00	320,00
Bi3	150 – 180+	7,44	6,55	4,58	0,00	1,40	24,31	0,17	0,00	0,81	0,14	11,30	11,30	12,70	0,00	88,98	571,00	110,00	320,00
<b>PERFIL 5 – Cambissolo Háplico</b>																			
A	0 – 13	7,47	6,05	2,93	0,00	1,40	25,94	0,10	0,00	6,96	1,20	9,08	9,08	10,48	0,00	86,63	773,00	27,00	200,00
Bi	13 – 40	7,51	5,75	3,45	0,00	2,06	18,23	0,15	0,00	2,52	0,43	9,35	9,35	11,41	0,00	82,43	756,00	24,00	220,00



**PERFIL 6 - Latossolo Amarelo**

A	0 – 21	5,10	0,75	0,65	0,13	2,56	48,19	0,05	0,00	4,83	0,83	1,45	1,58	4,01	7,92	36,57	927,20	12,80	60,00
AB	21 – 45	4,49	0,15	0,10	0,53	2,40	7,92	5,00	1,00	1,62	0,28	6,25	6,78	8,65	35,35	46,38	905,00	20,00	75,00
BA	45 – 80	4,22	0,55	0,08	0,70	2,75	0,00	12,00	2,00	1,20	0,21	14,63	15,33	17,38	4,57	84,17	810,20	29,80	160,00
Bw1	80 -135	4,26	0,45	0,08	0,68	2,50	0,01	10,00	1,00	0,81	0,14	11,53	12,20	14,03	5,53	82,17	812,20	7,80	180,00
Bw2	135 -200+	4,22	0,38	0,03	0,75	2,80	0,01	14,00	2,00	0,78	0,13	16,40	17,15	19,20	4,37	85,42	785,60	34,40	180,00

**PERFIL 7 - Neossolo Quartzarênico**

A	0 – 15	4,80	0,75	0,48	0,45	4,30	0,04	40,00	3,50	6,90	1,19	44,73	45,18	49,03	1,00	91,22	910,20	29,80	60,00
AC	15 – 35	4,64	0,28	0,18	0,48	2,60	0,01	19,00	1,50	1,23	0,21	20,95	21,43	23,55	2,22	88,96	935,20	4,80	60,00
C1	35 – 70	4,57	0,35	0,35	0,58	2,73	0,01	16,50	2,00	0,96	0,17	19,20	19,78	21,93	2,91	87,57	929,00	11,00	60,00
C2	70 – 135	4,40	0,00	0,68	0,55	2,65	0,00	13,50	1,50	1,02	0,18	15,68	16,23	18,33	3,44	85,37	898,20	41,80	60,00
C3	135 – 220+	4,23	0,00	0,55	0,25	2,43	0,01	11,00	1,00	0,63	0,11	12,55	12,80	14,98	1,67	83,54	832,75	92,25	75,00

**PERFIL 8 – Cambissolo Háplico**

A	0 -10	7,65	14,38	2,20	0,00	2,35	0,06	75,50	23,00	13,23	2,28	115,08	115,08	117,43	0,00	98,00	369,00	242,00	380,00
Bi	10 – 35	7,67	12,59	3,16	0,00	2,68	0,02	22,00	23,50	8,19	1,41	61,25	61,25	63,93	0,00	95,81	363,00	236,00	400,00
Bi2	35 – 55	7,44	13,70	2,15	0,00	2,50	0,03	93,50	27,50	6,24	1,08	136,85	136,85	139,35	0,00	98,21	392,00	288,00	380,00
CRk/R	55 -95	8,38	11,33	1,60	0,00	1,80	0,01	23,50	14,00	2,94	0,51	50,43	50,43	52,23	0,00	96,55	319,00	600,00	80,00

**PERFIL 9 – Neossolo Regolítico**

A	0 – 15	5,68	0,88	0,58	0,10	2,80	0,06	21,00	7,00	4,38	0,76	29,45	29,55	32,25	0,34	91,31	811,20	168,80	20,00
AC	15 – 35	4,91	0,28	0,25	0,15	2,60	0,01	63,00	5,00	1,68	0,29	68,53	68,68	71,13	0,22	96,34	831,00	149,00	20,00
C1	35 – 70	5,04	0,28	0,40	0,28	2,53	0,01	54,50	7,50	0,96	0,17	62,68	62,95	65,20	0,44	96,13	894,25	80,75	25,00
Cx	70 – 110+	5,63	0,73	0,43	0,08	2,20	0,01	59,50	13,50	0,54	0,09	74,15	74,23	76,35	0,10	97,12	772,80	167,20	60,00

**PERFIL 10 – Argissolo Vermelho**

A	0 – 15	6,70	2,08	1,28	0,00	2,73	0,05	74,50	7,50	5,55	0,96	85,35	85,35	88,08	0,00	96,90	754,80	125,20	120,00
AB	15 – 30	6,13	2,33	1,10	0,00	2,75	0,02	69,00	10,50	3,45	0,59	82,93	82,93	85,68	0,00	96,79	667,20	152,80	180,00
BA	30 – 60	6,42	3,25	1,40	0,00	2,80	0,03	62,00	13,00	4,02	0,69	79,65	79,65	82,45	0,00	96,60	573,20	146,80	280,00
Bt1	60 – 110	6,49	3,20	1,60	0,00	2,75	0,06	65,00	9,50	2,88	0,50	79,30	79,30	82,05	0,00	96,65	559,60	100,40	340,00
BC	110 – 150+	6,84	4,00	1,15	0,00	2,65	0,10	99,00	13,00	5,28	0,91	117,15	117,15	119,80	0,00	97,79	483,60	156,40	360,00

**PERFIL 11 – Luvissole Crômico**

A	0 – 16	5,66	1,63	2,20	0,15	3,98	0,03	64,50	12,00	2,46	0,42	80,33	80,48	84,30	0,19	95,28	811,80	68,20	120,00
Bt	16 – 43	5,71	2,30	5,80	0,20	3,78	0,03	37,00	20,00	3,06	0,53	65,10	65,30	68,88	0,31	94,52	369,20	190,80	440,00
Cr1	43 – 50	6,02	1,58	8,38	0,15	3,45	0,03	19,50	27,50	2,91	0,50	56,95	57,10	60,40	0,26	94,29	359,20	180,80	460,00
Cr2	50 – 90+	6,41	1,53	8,08	0,08	3,10	0,04	21,50	32,00	2,10	0,36	63,10	63,18	66,20	0,12	95,32	379,40	200,60	420,00

**Anexo 5: Teores totais de metais pesados das amostras de solo de 11 perfis do Estado do Rio Grande do Norte**

Horizontes	Profundidade (cm)	Ba	Cd	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn	Zr
-----mg kg <sup>-1</sup> -----														
<b>PERFIL 1 – Neossolo Quartzarênico</b>														
A	0 – 15	22,32	3,04	9,53	1,85	16,55	6780,00	426,50	11,03	12,21	5807,00	16,56	14,88	94,56
AC	15 – 45	24,63	3,05	9,39	1,58	16,48	7070,00	393,00	10,38	12,18	6730,00	14,49	12,50	94,30
C1	45 – 90	31,99	3,14	9,83	2,09	15,18	9150,00	499,50	11,01	13,36	4699,50	17,06	15,89	119,40
C2	90 – 150	27,17	3,26	9,95	2,20	13,14	9970,00	457,50	11,58	14,05	4355,00	15,64	14,56	121,95
C3	150 – 190+	18,47	3,18	9,70	2,13	12,48	7090,00	413,50	11,56	14,34	6898,50	13,41	13,99	92,18
<b>PERFIL 2 – Espodossolo</b>														
A	0 – 10	3,51	2,66	6,98	1,43	8,68	711,00	43,00	9,68	8,18	1554,00	4,10	7,10	51,13
AE	10 – 25	1,88	2,75	6,88	1,36	10,99	401,50	40,00	9,35	7,44	1144,00	3,06	5,30	44,88
E	25 – 75	1,83	2,70	6,78	1,26	8,40	461,50	40,00	9,76	8,10	1241,50	3,33	5,24	49,12
Bh	75 – 95	1,77	2,78	6,99	1,61	12,15	1069,00	35,50	10,91	8,55	1858,50	4,84	5,73	55,90
Bhsw	95 – 110	3,93	3,00	8,28	2,86	31,16	3401,00	58,00	18,08	15,69	6458,00	17,92	12,95	110,95
<b>PERFIL 3 – Argissolo Amarelo Distrófico</b>														
A1	0 – 24	11,96	3,14	8,50	2,84	24,95	5879,00	66,00	13,00	12,14	1851,50	14,79	8,38	44,53
A2	24 – 45	10,88	3,11	8,53	3,28	25,90	5871,50	57,50	13,45	12,34	1692,50	14,84	8,74	42,08
A3	45 – 85	11,11	3,11	8,56	2,60	31,40	4750,00	55,50	14,51	13,24	2041,00	18,01	9,34	45,43
AB	85 – 130	11,70	2,96	7,96	2,64	37,84	4000,00	61,00	13,26	12,93	1993,50	17,38	10,14	47,61
BA	130 – 150	10,76	2,99	8,61	3,40	43,08	8770,00	61,50	17,30	15,10	2990,50	27,51	14,99	63,62
Bt	150 – 190+	10,34	3,06	9,63	4,81	50,40	18970,00	58,00	23,36	24,54	3849,00	43,14	20,49	71,32
<b>PERFIL 4 – Cambissolo Háplico</b>														
A	0 – 18	181,45	3,53	15,28	8,21	50,01	10750,00	421,00	28,53	27,31	1650,50	36,75	26,94	48,96
AB	18 – 40	261,10	3,76	17,36	9,89	46,91	13650,00	393,00	34,03	29,68	2049,00	52,03	40,20	54,50
BA	40 – 77	213,70	3,50	16,63	10,05	47,45	14100,00	347,50	33,60	30,43	1832,00	46,40	39,23	40,75
Bi1	77 – 115	137,00	3,24	17,19	9,41	51,49	14590,00	218,50	32,36	31,05	1831,00	49,29	39,75	42,08
Bi2	115 – 150	127,30	3,74	25,05	13,25	61,06	25610,00	1135,50	45,83	32,50	2298,50	76,75	65,33	46,94
Bi3	150 – 180+	115,30	3,59	32,99	15,53	64,64	28140,00	635,50	47,69	38,94	2476,00	79,40	68,03	51,79
<b>PERFIL 5 – Cambissolo Háplico</b>														
A	0 – 13	170,15	3,45	14,06	23,93	38,74	13000,00	338,00	34,16	90,63	1951,00	57,62	52,20	38,71
Bi	13 – 40	166,25	3,43	14,26	24,56	40,66	12270,00	245,00	35,29	95,39	1699,00	49,90	51,45	35,02

**PERFIL 6 - Latossolo Amarelo**

A	0 – 21	7,50	2,91	7,41	2,99	33,88	10470,00	61,00	11,84	19,26	1115,00	28,63	7,79	24,80
AB	21 – 45	7,29	2,85	7,13	3,10	40,88	12270,00	50,00	12,20	18,44	1351,00	34,77	9,03	31,42
BA	45 – 80	7,58	2,96	7,81	3,95	41,74	14910,00	56,00	13,40	21,94	2045,00	41,28	12,59	43,49
Bw1	80 -135	8,57	3,16	8,95	3,94	44,23	16730,00	60,50	14,51	22,28	2171,50	41,73	11,74	44,32
Bw2	135 -200+	8,64	3,06	8,44	4,18	48,81	16080,00	59,50	14,79	24,66	2184,00	42,74	12,71	44,56

**PERFIL 7 - Neossolo Quartzarênico**

A	0 – 15	21,62	2,76	6,86	2,84	22,53	2804,00	55,50	10,93	18,25	1610,50	7,41	8,18	28,39
AC	15 – 35	24,30	2,73	6,88	2,43	22,73	3149,50	70,00	9,33	20,08	2052,00	8,07	7,48	33,48
C1	35 – 70	20,61	2,70	6,76	2,44	22,03	2826,00	55,50	9,76	18,93	1742,00	7,86	7,30	30,68
C2	70 – 135	21,45	2,58	6,28	2,63	23,00	2953,50	48,50	10,24	18,15	1588,00	8,76	10,24	30,39
C3	135 – 220+	20,61	2,53	6,41	2,59	22,24	3042,00	55,00	10,04	18,58	1575,50	8,27	9,34	34,73

**PERFIL 8 – Cambissolo Háplico**

A	0 -10	119,25	3,75	22,86	29,40	65,51	36990,00	687,50	46,53	46,16	4014,50	77,45	57,90	86,11
Bi1	10 – 35	108,50	3,70	23,26	30,65	67,66	38840,00	681,00	49,68	48,20	4185,50	87,45	57,30	86,29
Bi2	35 – 55	111,85	3,73	23,41	27,38	64,04	36500,00	602,50	47,21	46,29	4365,50	83,47	52,50	79,57
CRk/R	55 -95	61,92	3,46	15,85	18,34	34,79	4670,00	381,00	30,11	38,40	1711,00	33,21	24,29	14,50

**PERFIL 9 – Neossolo Regolítico**

A	0 – 15	282,70	3,11	7,64	3,24	18,98	3024,50	98,00	10,11	49,13	1979,50	5,78	11,71	88,03
AC	15 – 35	254,15	2,98	6,93	2,71	17,85	2656,00	87,50	9,71	50,43	1899,50	6,27	8,71	87,20
C1	35 – 70	286,20	3,04	6,76	2,75	17,00	2870,00	95,50	10,25	50,96	2108,00	6,03	8,76	93,24
Cx	70 – 110+	284,15	2,90	6,81	3,16	17,19	3917,00	89,00	10,23	57,09	2120,00	10,72	10,76	113,55

**PERFIL 10 – Argissolo Vermelho**

A	0 – 15	183,05	3,25	9,30	7,21	24,58	7600,00	304,50	15,45	53,25	1790,50	8,35	22,85	91,66
AB	15 – 30	167,50	3,30	10,45	10,00	28,95	17410,00	381,00	19,74	50,16	2234,50	12,69	39,98	63,91
BA	30 – 60	180,15	3,48	11,74	12,88	35,56	24900,00	414,00	24,53	52,56	2470,00	13,59	55,05	64,86
Bt	60 – 110	178,68	3,74	37,24	11,78	53,49	70000,00	993,00	114,19	49,75	3587,50	13,76	52,95	45,91
BC	110 – 150+	284,95	3,88	28,80	76,14	59,25	38840,00	723,00	60,63	42,19	5323,50	114,45	50,63	54,53

**PERFIL 11 – Luvissolo Crômico**

A	0 – 16	140,80	3,76	22,31	25,48	48,29	36490,00	725,00	51,69	47,35	3965,50	60,22	56,93	60,61
Bt	16 – 43	174,05	3,49	24,34	13,23	43,28	27990,00	435,00	41,63	53,94	2996,50	16,90	66,53	73,68
Cr1	43 – 50	238,95	4,16	35,68	80,50	74,88	76180,00	678,00	117,06	44,70	5681,50	130,60	25,64	49,88
Cr2	50 – 90+	242,05	4,16	42,26	84,25	72,75	73920,00	693,00	130,13	44,04	4856,00	133,05	25,10	47,79

