

# Elementos da Natureza e Propriedades do Solo Vol. 3

Atena Editora



Atena Editora

**ELEMENTOS DA NATUREZA E PROPRIEDADES DO  
SOLO – Vol. 3**

---

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### **Conselho Editorial**

Profª Drª Adriana Regina Redivo – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Pesquisador da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez – Universidad Distrital de Bogotá-Colombia  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª. Drª. Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª. Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª. Drª. Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

Atena Editora.  
A864e Elementos da natureza e propriedades do solo – Vol. 3 [recurso eletrônico] / Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  
9.087 kbytes – (Ciências Agrárias; v.3)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
DOI 10.22533/at.ed.691182702  
ISBN 978-85-93243-69-1

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
I. Título. II. Série.

CDD 631.44

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

ACÚMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO EM CEVADA INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Gustavo Ribeiro Barzotto, Sebastião Ferreira de Lima, Osvaldir Feliciano dos Santos, Eduardo Pradi Vendruscolo, Irineu Eduardo Kühn e Gabriel Luiz Piatì ..... 7

### CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO FOSFATADA E CRESCIMENTO INICIAL DE BARU EM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO

Diana Suzete Nunes da Silva, Nelson Venturin, Regis Pereira Venturin, Renato Luiz Grisi Macedo, Fernanda Silveira Lima, Leandro Carlos, Elias de Sá Farias, João Faustino Munguambe e Júlio César Tannure Faria.....16

### CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA EM VIDEIRAS 'SYRAH': CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE MACRONUTRIENTES E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Davi Jose Silva, Alexsandro Oliveira da Silva e Luís Henrique Bassoi .....25

### CAPÍTULO IV

ALTERAÇÃO NA DENSIDADE POPULACIONAL DE NEMATÓIDES EM ÁREA CULTIVADA COM ADUBOS VERDES AO LONGO DE TRÊS ANOS

Oclizio Medeiros das Chagas Silva, Fernando Ramos de Souza, Ernandes da Silva Barbosa, Ricardo Luís Louro Berbara, Luiz Rodrigues Freire, Lucas Amaral de Melo e Renato Luiz Grisi Macedo ..... 35

### CAPÍTULO V

ANÁLISE DE TEORES DE ZINCO, BTEX E HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS EM SOLO CONTAMINADO POR GASOLINA E ÓLEO DIESEL

Ilton Agostini Júnior, Mari Lucia Campos, David José Miquelluti e Letícia Sequinatto...44

### CAPÍTULO VI

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA

Vagner do Nascimento, Marlene Cristina Alves, Orivaldo Arf, Epitácio José de Souza, Paulo Ricardo Teodoro da Silva, Michelle Traete Sabundjian, João Paulo Ferreira e Flávio Hiroshi Kaneko.....51

### CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO SEMIÁRIDO TROPICAL

Cristiane de Souza Araújo, Airon José da Silva, Clístenes Williams Araújo do Nascimento, Ingredy Nataly Fernandes Araújo e Karina Patrícia Vieira da Cunha..... 66

## CAPÍTULO VIII

### ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS EM POVOAMENTOS DE PINUS TAEDA QUATRO ANOS APÓS A FERTILIZAÇÃO

Letícia Moro, Paulo César Cassol, Camila Adaime Gabriel e Marcia Aparecida Simonete ..... 86

## CAPÍTULO IX

### AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SARARÉ, SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO

Valcir Rogério Pinto, Maria Aparecida Pereira Pierangeli, Célia Alves de Souza, Sandra Mara Alves da Silva Neves, Ana Claudia Stoll Borges e Carolina Joana da Silva ..... 95

## CAPÍTULO X

### AVALIAÇÃO DA UMIDADE VOLUMÉTRICA DO SOLO EM VASO COM DOIS GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDOS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Gentil Cavalheiro Adorian, Klaus Reichardt, Durval Dourado Neto, Evandro Reina<sup>119</sup>, Cid Tacaoca Muraishi, Rogério Cavalcante Gonçalves e Evelynne Urzêdo Leão..... 119

## CAPÍTULO XI

### AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DO MILHO UTILIZANDO FONTES ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO

Isaías dos Santos Reis, Mariléia Barros Furtado, Clene dos Santos Reis, Maryzélia Furtado Farias e Jomar Livramento Barros Furtado ..... 125

## CAPÍTULO XII

### AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE CHERNOSSOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COLÔNIA - BA

Monna Lysa Teixeira Santana, Marina Oliveira Paraíso Martins e Ana Maria Souza dos Santos Moreau.....141

## CAPÍTULO XIII

### AVALIAÇÃO TEXTURAL DE UM LATOSSOLO POR GRANULOMETRIA A LASER EM DIFERENTES PROCEDIMENTOS NO MUNICÍPIO DE HIDROLÂNDIA - GOIÁS

Lucas Espíndola Rosa, Selma Simões de Castro, Vlândia Correchel e Elizon Dias Nunes.....149

## CAPÍTULO XIV

### BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS

Rafael Malfitano Braga, Francisco de Assis Braga e Nelson Venturin ..... 158

## CAPÍTULO XV

### CALAGEM E TEXTURA DO SOLO NO CRESCIMENTO E INTEGRIDADE DA CLOROFILA DA CAROBINHA

Willian Vieira Gonçalves, Maria do Carmo Vieira, Néstor Antonio Heredia Zárate, Helder Denir Vhaldor Rosa Aran, Heverton Ponce Arantes e Lucas Yoshio Nitta ..... 169

## CAPÍTULO XVI

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS COM MANEJOS DISTINTOS

Vander Rocha Lacerda, Pedro Henrique Lopes Santana, Regynaldo Arruda Sampaio, Márcio Neves Rodrigues, Priscila Ramos Vieira, Nicolay Wolff Ruppim, Lud' Milla

Medeiros e Humberto Alencar Paraíso ..... 179

## CAPÍTULO XVII

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MINERALOGIA E MORFOLOGICA DE UM SOLO RESIDUAL COMPACTADO COM PROBLEMAS EROSIVOS

Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos ..... 187

## CAPÍTULO XVIII

### COMPORTAMENTO DE RÚCULA SOBRE DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO NO OESTE DA BAHIA

Liliane dos Santos Sardeiro, Rafael de Souza Felix, Charles Cardoso Santana, Silas Alves Souza e Adilson Alves Costa ..... 199

## CAPÍTULO XIX

### DENSIDADE DE MICROORGANISMOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO VÁRZEAS DE SOUSA - PB

Adriana Silva Lima, Tádria Cristiane de Sousa Furtunato, Késsia Régina Monteiro de Oliveira, Fernanda Nunes de Araújo, Iara Almeida Roque e Denis Gustavo de Andrade Sousa ..... 211

## CAPÍTULO XX

### DESENVOLVIMENTO DO MAMOEIRO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES MANEJOS COM ADUBAÇÕES ORGÂNICAS

Jecimiel Gerson Borchardt, Patrícia Soares Furno Fontes, Dayane Littig Barker Klem, Alexandre Gomes Fontes, Leandro Glaydson da Rocha Pinho e Anderson Mathias Holtz ..... 223

## CAPÍTULO XXI

### EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INOCULANTE NAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DO FEIJOEIRO COMUM

Marivaldo Vieira Gonçalves, João Paulo Ferreira de Oliveira, Marcos de Oliveira, Jeferson da Silva Zumba, Jéssyca Dellinhares Lopes Martins e Mácio Farias de Moura ..... 230

## CAPÍTULO XXII

### EFEITO DE DIFERENTES DOSAGENS E FORMAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE ELEMENTAR NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO ALGODOEIRO

Elias Almeida dos Reis, Charles Cardoso Santana, Tadeu Cavalcante Reis, Alberto do Nascimento Silva, Robson Gualberto de Souza e Aracy Camilla Tardin Pinheiro ..... 238

CAPÍTULO XXIII

EFEITO DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM HÍBRIDOS DE SORGO EM ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Bruno Nicchio, Bárbara Campos Ferreira, Gustavo Alves Santos, Lucélia Alves Ramos, Hamilton Seron Pereira e Gaspar Henrique Korndörfer ..... 247

CAPÍTULO XXIV

ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E USO DA TERRA (SUTS)

Janaína Ferreira Guidolini, Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo e Renata Cristina Araújo Costa ..... 260

CAPÍTULO XXV

GESSO AGRÍCOLA ASSOCIADO AO CALCÁRIO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES SECAS DE GUARANÁ

Lucio Pereira Santos, Enilson de Barros Silva, Scheilla Marina Bragança e Lucio Resende ..... 269

CAPÍTULO XXVI

MARCHA DE ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES PARA O MELOEIRO FERTIRRIGADO

Fernando Sarmento de Oliveira, Flávio Sarmento de Oliveira e Josinaldo Lopes Araujo Rocha ..... 281

CAPÍTULO XXVII

PRODUTIVIDADE DE TRIGO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE INOCULAÇÃO COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE VIA FOLIAR

Fernando Shintate Galindo, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Salatiér Buzetti, Mariana Gaioto Ziolkowski Ludkiewicz e João Leonardo Miranda Bellotte ..... 290

CAPÍTULO XXVIII

TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES EM DIFERENTES MATERIAIS DE TOMATE INDUSTRIAL

Joicy Vitória Miranda Peixoto, Emmerson Rodrigues de Moraes, Jordana Guimarães Neves, Regina Maria Quintão Lana e Abadia dos Reis Nascimento ..... 303

**Sobre os autores.....313**

## **CAPÍTULO XVII**

### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MINERALOGIA E MORFOLOGICA DE UM SOLO RESIDUAL COMPACTADO COM PROBLEMAS EROSIVOS**

---

**Julio César Bizarreta Ortega  
Tácio Mauro Pereira de Campos**



## CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MINERALOGIA E MORFOLOGICA DE UM SOLO RESIDUAL COMPACTADO COM PROBLEMAS EROSIVOS

**Julio César Bizarreta Ortega**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro.

**Tácio Mauro Pereira de Campos**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

**RESUMO:** Solos residuais são utilizados como material para a construção de coberturas finais. Alguns de estes materiais compactados apresentam baixa condutividade hidráulica, elevada densidade seca, mas seu potencial erosivo é considerável. Em este trabalho são caracterizadas amostras coletadas em uma camada de cobertura final de aterro de resíduos sólidos urbanos. Este material procede de jazidas de solos residual de rochas metamórficas, localizado em Duque de Caxias – Rio de Janeiro. Problemas erosivos do nível sulcos foram detectados nos taludes da mencionada cobertura. O material resulto ser um silte arenoso com argila, com teor de argila de 13%. A fração fina (silte+argila) está constituído principalmente de caulinita, com quantidades baixas de quartzo, goethita e hematita. As imagens de micrografias confirmam a predominância da caulinita. A reduzida quantidade de argila, matéria orgânica, teor de óxidos de ferro, e nenhum teor de gipsita, faz com que este material seja potencialmente erodível.

**PALAVRAS-CHAVE:** solo residual compactado; caracterização; caulinita.

### 1- INTRODUÇÃO

A cobertura final tem a função de reduzir a percolação das águas de chuva para o interior do aterro sanitário. Solos residuais compactados são utilizados com frequência em países tropicais para a construção das coberturas finais. Por exemplo em Singapore, segundo relata Krisdani et al. (2005), foi construído uma cobertura final do tipo barreira capilar utilizando um silte arenoso, solo residual da formação do granito Bukit Timah no Cingapura.

A parte mais susceptível aos problemas erosivos e de estabilidade são os taludes da cobertura, em especial em ambientes tropicais donde os níveis de precipitação são elevados. Solos residuais tropicais do tipo argila siltosa com areia, com caulinita como fase mineralógica predominante mostraram elevados valores de perda de solo em Lavras, em Lavras, Sul de Minas Gerais (Silva et al. 2001). Ao

comparar duas materiais com diferente predominância de caulinita, Silva et al. (2005) conclui que o material com maior predominância de caulinita, baixos teores de óxidos de ferro, e baixa permeabilidade apresentam maiores valores de perdas de solo. Agora o material com baixo teor de caulinita e elevado teor de gibssita apresentou reduzida perda de solo. Benahmed e Bonelli (2012) mostraram experimentos relativos a erosão interna com um material caulinitico compactado 70% de argila e 30% de silte, com resultados positivos para a erodibilidade do material. Existe na literatura referencias que os solos residuais cauliniticos podem apresentar elevado potencial erosivo.

O objetivo de este trabalho é caracterizar um solo residual compactado que apresenta problemas erosivos. Mediante análises das fases mineralógicas procuramos conhecer que mineral está involucrado com tal comportamento, e que quantidade de argila está presente no solo.

## **2- MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

O solo residual procede de uma jazida da região de Duque de Caixas no Rio de Janeiro, próximo ao Aterro Municipal Jardim de Gramacho (AMJG). A zona corresponde a uma região de rochas metamórficas do tipo migmatito. Este material foi utilizado de forma compactada na construção da cobertura provisional para o AMJG no ano 2011. O material foi coletado da própria cobertura provisional mostrada na Figura 1, e em forma de amostras indeformadas e amolgadas. A cobertura provisional do AMJG está formada por uma barreira capilar com o RCD como camada grossa e a Argila como camada fina. Foram retirados dois blocos cúbicos com dimensões da ordem de 30cmx30cmx30cm da camada fina (SR).



Figura 1: Solo residual compactado na cobertura provisional do AMJG

## 2.2 Métodos

### Caracterização física

Os ensaios de caracterização física foram: densidade relativa dos grãos (Gs), granulometria, limite de liquidez (wL), limite de plasticidade (wP), e teor de matéria orgânica (MO), foram executados com base nos procedimentos da ABNT. A granulometria foi feita por peneiramento e sedimentação usando solução de hexametáfosfato de sódio, e também usando um granulômetro a laser Martersizer 2000. A compactação foi realizada pelo método de Proctor Normal, baseada nos procedimentos da Norma Brasileira.

### Caracterização química, mineralógica e morfológica

A caracterização química foi feita por meio da análise qualitativa por espectrometria de fluorescência de raios X, o equipamento utilizado foi um espectrômetro de raios-X por energia dispersiva, modelo EDX-700 da Shimadzu, do Laboratório de Catálise do Departamento de Química da PUC-Rio. A amostra utilizada foi do tipo pó, preparada por pulverização com morteiro de cerâmica e passada pela peneira com abertura 0,075 mm.

A determinação das fases mineralógicas foi realizada com o ensaio de difração de raios-X (DRX), com um difratômetro modelo D5000, do Laboratório de

Difração de Raios X do Departamento de Ciência de Materiais e Metalurgia da PUC-Rio. A amostra utilizada foi do tipo pó, obtido mediante pulverização com morteiro de cerâmica e passada pela peneira com abertura de 0,0075mm. Todas as amostras foram ensaiadas no difratômetro por um tempo mínimo de duas horas de varredura. Mediante uma análise do espectrograma e tendo como base os resultados da caracterização química (elementos e óxidos) foram identificadas as fases cristalinas. Também foi utilizada a técnica de análise quantitativa de fases pelo método de Rietveld (Young, 1995), e o programa computacional da PANalytical.

A parte da caracterização morfologia das amostras compactadas foi realizado com a microscopia eletrônica de varredura (MEV), o equipamento modelo DSM960, da ZEISS, no laboratório de microscopia eletrônica do Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio. Foram analisadas as imagens provenientes dos detectores de elétrons secundários (SE), elétrons retroespalhados (BSE) e detectores de raios-X denominado EDS (espectroscopia por dispersão de energia). Também com o detector do tipo dispersão de energia foi realizada a microanálise eletrônica de raios X. A preparação da amostra para o MEV foi realizada da seguinte forma:

- a) Amostras compactadas de forma estática usando molde do tipo anel, compactador e martelo como se mostra na Figura 2. A amostra foi compactada com a umidade e densidade seca do ensaio de Proctor Normal.
- b) Amostragem da parte central do material compactado, de acordo com Bizarreta e de Campos (2013).
- c) Corte da amostra para uma menor de 1cm x 1cm, selecionando-se a parte mais plana e de maior homogeneidade.
- d) Secagem da amostra em estufa a 110°C, para o CRSU foi a 60°C.
- e) Dez minutos submetido a vácuo e, após, banhado a ouro.



Figura 2. Equipamento para realizar a compactação estática das amostras

As imagens foram analisadas visando identificar e medir os tamanhos dos poros, segundo menciona Libardi (2005) está definido como diâmetro da maior esfera inscrita no interior de um espaço poroso. O problema das coberturas finais está vinculado ao movimento e retenção de água no solo, por isso, para caracterizar o tamanho dos poros utilizaremos a relação de funcionalidade em dos poros em relação a água. Assim, dos 5 tipos de poros definidos propostos por Greenland 1977) é possível simplificar em três:

- Poros de transmissão (mais de 50  $\mu\text{m}$ )
- Poros de armazenamento (0,5-50  $\mu\text{m}$ )
- Poros residuais (menor que 0,5  $\mu\text{m}$ )

Os poros de transmissão estão vinculados principalmente com o movimento da água e o ar no espaço poroso principalmente pela ação da gravidade, por exemplo a drenagem da água após o processo de infiltração, predominante em materiais grossos como areia e cascalho. Os poros de armazenamento são aqueles que tem a capacidade de reter a água pela ação em conjunto das forças matriciais (capilares e cc), o movimento da água é muito lento em relação aos poros de transmissão, a água em estes poros está disponível para as plantas, é habitat natural dos micro-organismos, predomínio em materiais finos como silte e argilas. Os poros residuais estão sempre cheios de água, mas a mesma não é disponível para as plantas, e tampouco pode ser removido por evaporação, inacessíveis para a maioria dos micro-organismos. Em parte dos poros residuais pode-se dar-se a movimentação unicamente de íons em solução pelo efeito de difusão.

### **3- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Caracterização física**

A Tabela 1 mostra um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização física realizados. A Figura 3 mostra as curvas de distribuição granulométrica do material usando o tradicional ensaio de granulometria por peneiramento e sedimentação (PES), e também o ensaio de granulometria laser (GL). Os resultados mostram menores porcentagem de partículas no caso da GL, ou seja o PES estaria sobrestimado, Stefano et al. (2010) confirmou este peculiar comportamento da parte fina de alguns solos. Com base as informações (Tabela 1 e Figura 3) pode-se classificar o material de acordo com a ABNT como um silte arenoso com argila. De acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos, é classificado como uma argila de baixa plasticidade com areia, denominação CL. Considerando as partículas de argila menores que 2 micrometros, a porcentagem de este material é baixa, 13% no caso do método de PES e 3% no caso do método de GL.

O resultado da curva de compactação mostra-se na Figura 4. A curva de saturação é relativamente distante da faixa úmida da curva de compactação. O teor de umidade ótimo é 17% e a máxima densidade seca é 1,597 g/cm<sup>3</sup>. O ensaio correspondente à faixa seca e umidade de 8,6% mostrou a presença de grumos relativamente duros, uma textura granular e espaços porosos entre os grumos mesmo após o final da compactação. O índice de vazios e a porosidade correspondente a densidade seca máxima são da ordem de 0,73 e 0,42.

Argila	Granulometria (%)				G <sub>s</sub>	Limites de Atterberg (%)		
	Pedreg.	Areia fina	Silte	Argila		W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	IP
SUCS	0,0	43,6	56,4		2,772	42,5	21,0	21,5
ABNT	0,0	45,3	41,7	13,0	2,772	42,5	21,0	21,5

G<sub>s</sub> = densidade relativa dos grãos  
W<sub>L</sub> = limite de liquidez; W<sub>P</sub> = limite de plasticidade; IP = índice de plasticidade

Tabela 1 Resumo dos ensaios de caracterização física.

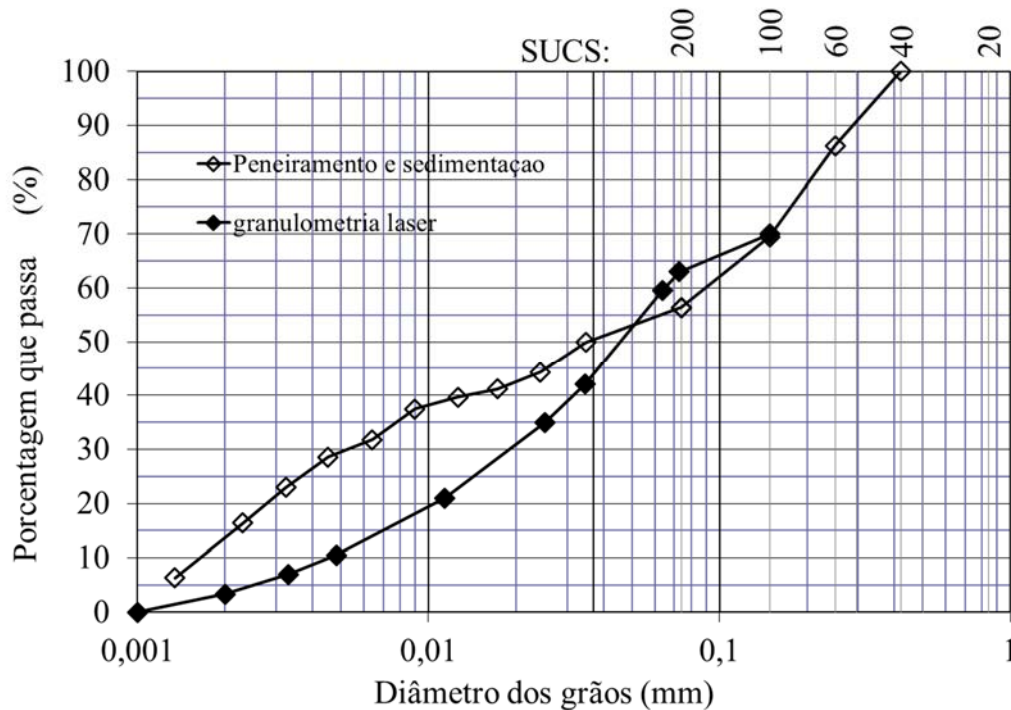


Figura 3. Distribuição granulométrica do SR

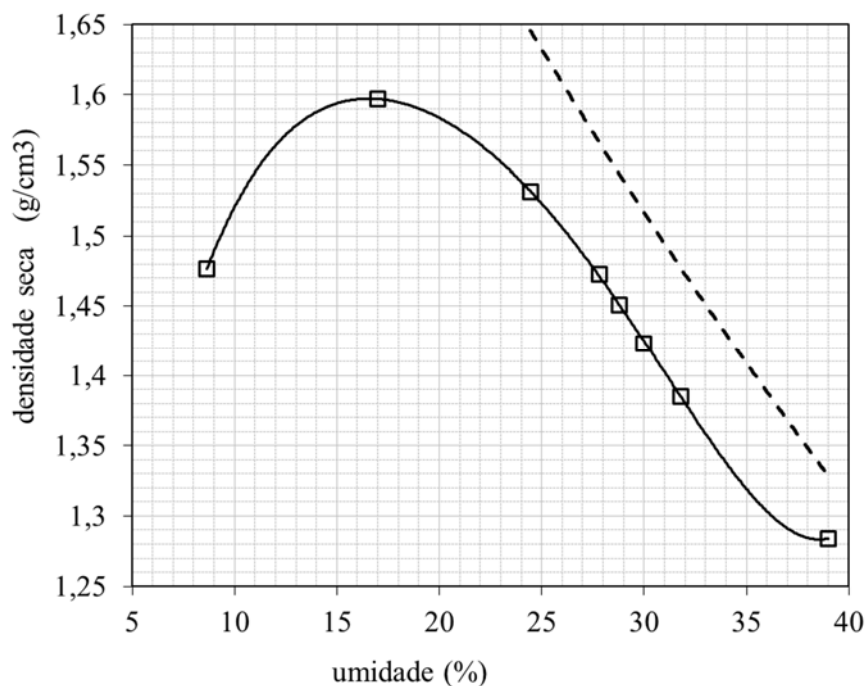


Figura 4. Curvas de compactação Proctor Normal

### 3.2 Análises químico, mineralógico e morfológico

A composição química do Solo Residual (SR) é mostrada na Tabela 2. O solo apresenta uma predominância dos elementos de Silício (Si), Alumínio (Al) e Ferro (Fe) com porcentagens maiores a 14%. Elementos secundários e com porcentagens menores a 2% são, Cálcio (Ca), Titânio (Ti) e Potássio (K). Outros elementos como o vanádio, zircônio, manganês, escândio, zinco e estrôncio apresentaram quantidades menores que 0,5%. Na apresentação de óxidos, a alumina e a sílica tem a maior predominância com cerca de 92,8%, seguido pelo óxido de ferro (III) com 5,2%, óxidos secundários e quantidades menores a 1% são o óxido de cálcio, dióxido de titânio e óxido de potássio.

As fases mineralógicas detectadas no ensaio de difração de raios x da fração fina (silte+argila) são caulinita, quartzo, goethita, e hematita, na Figura 5 é apresentado o difratograma. A presença da caulinita está vinculada aos importantes teores de sílica e alumina detectados no ensaio de fluorescência de raios X. O quartzo está vinculado também ao teor de sílica pois é a mesma composição química. A presença de goethita e hematita estão vinculados diretamente a coloração da amostra que é amarela a avermelhada, isso devido a presença dos oxihidróxido de ferro e os óxidos de ferro (Antunes et al. 2015; Fernandes et al. 2004). O material de quartzo seria responsável pela elevada quantidade de areia no material. Na Tabela 3 as quantidades das fases

mineralógicas são quantificadas, resultando a caulinita como a mais importante, seguido pelo quartzo, goethita e hematita.

Elemento	%	Óxidos	%
Si	43,11	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,70
Al	38,33	SiO <sub>2</sub>	43,15
Fe	14,17	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,25
Ca	1,98	CaO	0,85
Ti	1,18	TiO <sub>2</sub>	0,58
K	0,53	K <sub>2</sub> O	0,20
Outros	0,7	Outros	0,27

Tabela 2. Composição química da fração fina do SR.

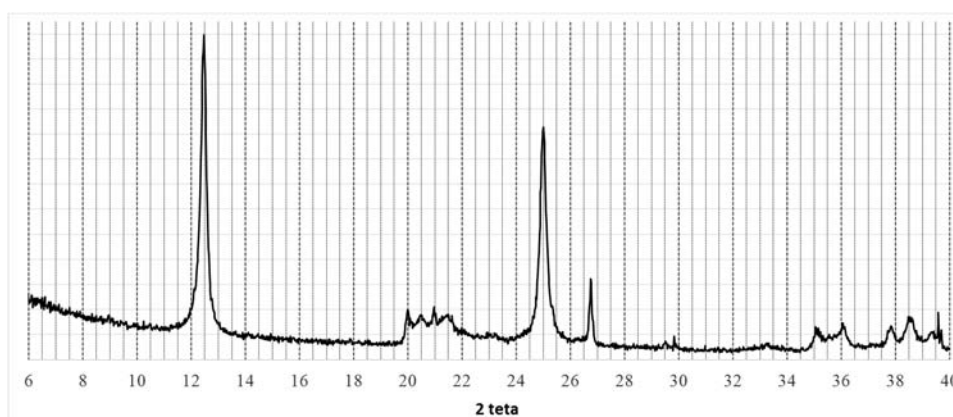


Figura 5. Difratograma da fração fina do Solo Residual. Ct: caulinita, Qz: quartzo, Gt: Goethita, Ht: hematita.

Mineral	Formula	(%)
Caulinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	93,7
Quartzo	SiO <sub>2</sub>	2,9
Goethita	FeO(OH)	1,2
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5

Tabela 3. Composição mineralógica do SR.

As imagens ao MEV do solo compactado são mostradas na Figura 6 e 7. Na primeira imagem (Figura 6) mostra-se com círculos tracejados alguns poros de armazenamento da ordem de 3 micrometros, caracterizados como caminhos preferenciais para a movimentação da água em relação aos poros menores. A segunda imagem (Figura 7) constitui uma ampliação de um de estes poros de armazenamento e zonas próximas ao mesmo. Em esta imagem pode-se visualizar a estrutura dos micro-agregados cauliniticos que apresentam uma forma de placas laminares irregulares distribuídos aleatoriamente. Alguns poros de armazenamento



e residuais são localizados entre os micro-agregados, situações similares foram reportados por Silva (2017).

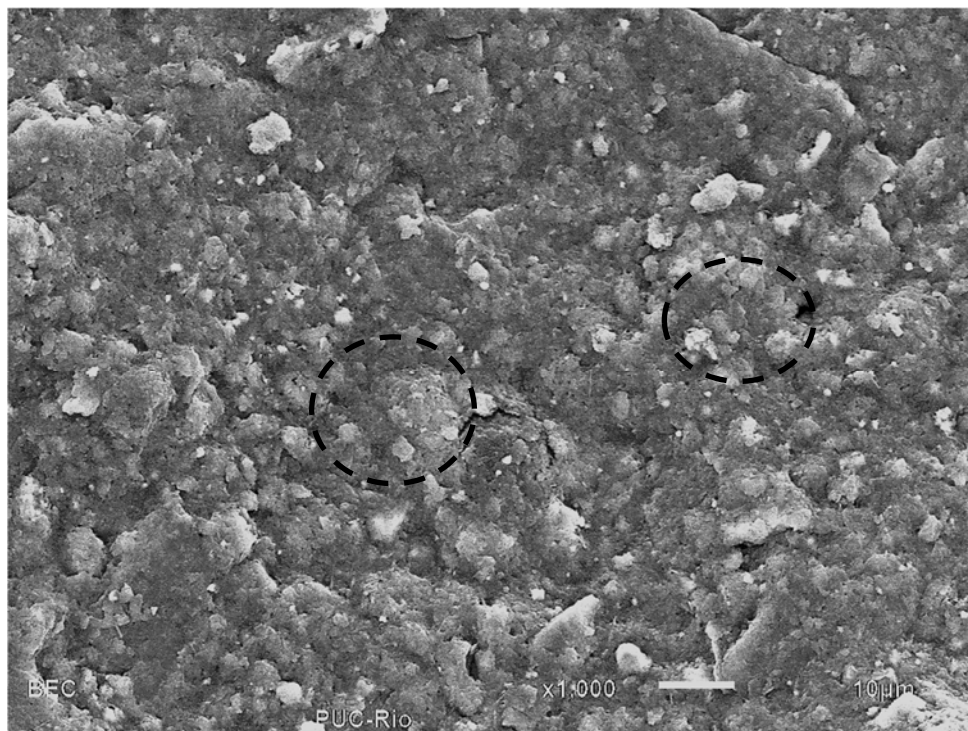


Figura 6. Imagem do MEV da Argila com um aumento de 1000X.

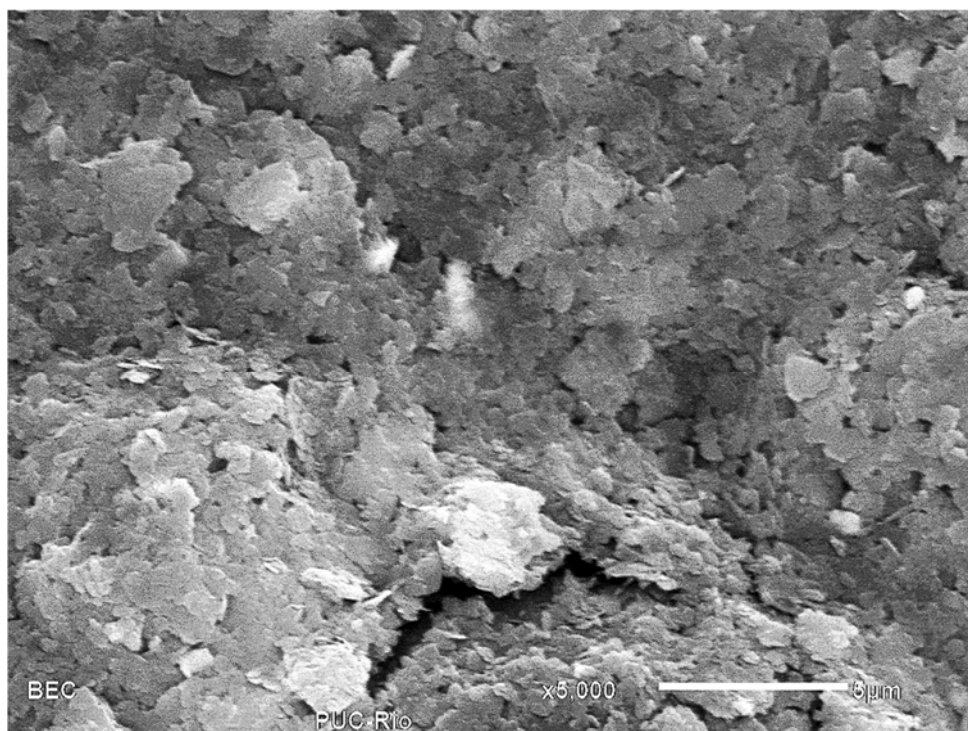


Figura 7. Imagem do MEV da Argila com um aumento de 5000X.

#### 4- CONCLUSÕES

A alumina e a sílica foram os óxidos predominante no solo, seguida pelo oxido de ferro. A estes óxidos estão vinculados a presença de caulinita, quartzo, goethita e hematita, que são as fases principais da fração fina (silte + argila). Outros óxidos como de potássio, cálcio e titânio estão presentes em baixas quantidades, e não foi possível detectar alguma fase mineralógica com clareza.

A classificação da amostra como um silte-arenoso com argila é um indicador do potencial erosivo do material, o que contrasta com os sinais erosivos mostrados na cobertura provisional de um aterro sanitário construída com este tipo de material. De confirmar-se o elevado potencial erosivo a caulinita seria instável na estrutura de este tipo de solo compactado.

A micrografias confirmam a presença de caulinita como principal fase mineralógica. Em sua estrutura mostrasse espaços vazios que podem ser caminhos preferenciais para a percolação da água.

#### REFERÊNCIAS

ANTUNES, F., HELENA POLIVANOV H., PORTOCARRERO H., DE CAMPOS T. Solos: Subsídio Para Estudos de Geologia de Engenharia. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Vol. 38 – 1, p. 180-198, 2015.

BENAHMED, N., AND BONELLI, S. Internal erosion of cohesive soils: Laboratory parametric study. **6th Int. Conf. on Scour and Erosion**, ICSE 6Paris, Societe hydrotechnique de France, 1041–1047, 2012.

BIZARRETA, J. C. O.; DE CAMPOS, T. M. P. Caracterização química, mineralógica e morfológica de um resíduo da indústria de papel. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 2013, RIO DE JANEIRO. **Anais do 14° CBGE**, 2013.

FERNANDES, R. B. A.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. e FONTES, M. P. F. Quantificação de óxidos de ferro de latossolos brasileiros por espectroscopia de reflectância difusa. **R.Bras. Ci. Solo**. 28: 2433-257, 2004.

GREENLAND, D.J. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent?. **Phil. Trans. Royal Soc.** London, 281: 193-208, 1977.

KRISDANI, Henry; RAHARDJO, Harianto; LEONG, Eng-Choon. Behaviour of capillary barrier system constructed using residual soil. In: Waste Containment and Remediation. 2005. p. 1-15.

LIBARDI P. L. **Dinâmica da água no solo**. EDUSP, 2005.

SILVA, A.M., SILVA, M.L.N., CURI, N., LIMA, J.M., BARRETO, V.C.M. E SILVA, T.F., Perdas por erosão e erodibilidade de cambissolo e latossolo roxo no sul de Minas Gerais - Resultados preliminares. **Proceedings of VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia (GO), 2001, pp. 1-8.

SILVA, A.M. da; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; LIMA, J.M. de; AVANZI, J.C.; FERREIRA, M.M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1223-1230, 2005.

STEFANO, C. D., FERRO, V., & MIRABILE, S. Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods. **BiosystemsEngineering**,106(2),205-215, 2010.

YOUNG, R.A . **The Rietveld Method**.I.U.Cr. New York, Oxford University Press Inc, 1995.

**ABSTRAC:** Residual soils are used as material for the construction of final cover. Some of these compacted materials have low hydraulic conductivity, high dry density, but their erosive potential is considerable. Samples was collected in the final cover of sanitary landfills. This material comes from residual soils of metamorphic rocks, located in Duque de Caxias - Rio de Janeiro. Rill erosion problems were detected in the final cover slope. Residual soil consist of silty sand and with clay (clay content of 13%). The fine fraction (silt + clay) consists mainly of kaolinite, with low amounts of quartz, goethite and hematite. Micrographs confirm the predominance of kaolinite. Low levels of clay, organic matter, iron oxide, and gypsite increase the potential for soil erosion.

**KEYWORDS:** compacted residual; characterization; kaolinite; erosion.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-69-1

