



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

Atena  
Editora  
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros  
Renata de Moraes Farias  
Palloma Borges Soares  
Ana Sofia Oliveira Japiassu  
Andressa Fiuza de Souza  
Igor Guimarães Matias

**DOI 10.22533/at.ed.30619250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva  
Daiara Luiza Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.30619250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho  
Ricardo Antonio de Rezende  
Cibele Tunussi  
Marcos Vinicius Agapito Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.30619250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes  
Rafael Bergjohann  
Luiz Carlos de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.30619250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva  
Raduan Krause Lopes  
Fabiano Medeiros Da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 192**

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Abel Jorge Rodrigues Ferreira  
Edinaldo José de Sousa Cunha  
Bruno Marques Viegas  
Edilson Marques Magalhães  
José Antônio da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.30619250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 200**

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira  
Talita Luana de Andrade  
Newton Soares da Silva  
Cristina Pacheco Soares  
Victor Carlos Pandolfelli  
Ivone Regina de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.30619250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli  
Paulo César Mappa  
Aellington Freire de Araújo  
Emerson Ricky Pinheiro  
Karoline Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza  
Paula de Oliveira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.30619250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 232**

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 250**

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas  
Djair Félix da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250622**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**Fernando Benedicto Mainier**

Universidade Federal Fluminense (UFF)  
Niterói - RJ

**Claudio Fernando Mahler**

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Rio de Janeiro - RJ

**Viktor Labuto Ramos**

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Rio de Janeiro - RJ

de vazios e coeficiente de adensamento. Outrossim, a composição gravimétrica dos resíduos também foi realizada. Os resultados foram comparados e apresentaram boa correlação. Houve pouca perda de plasticidade no solo, apesar da presença de resíduos nos últimos anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** adensamento, caracterização, resíduo, plasticidade, solo, grão.

**ABSTRACT:** In this study, the differences between two tropical soils of Baixada Fluminense were investigated. The original soil was characterized, including determination of physical indexes, weight, plasticity, grain size, grain density, hygroscopic moisture and grain size curve of the samples. The soil where the waste studied, and the physical indices determination, unit weight, plasticity, grain size, grain density, hygroscopic moisture and particle size samples. The main objective during the tests was to verify the loss of soil plasticity after the deposit of waste. Oedometric tests were also carried out for the determination of parameters such as the natural density of the soil, voids index and coefficient of densification. Also, the gravimetric composition of the residues was also performed. The results were compared and showed a good correlation. There was little loss of plasticity in the soil, despite the presence of

**RESUMO:** Neste estudo, foram investigadas as diferenças existentes entre dois solos tropicais da Baixada Fluminense. O solo original foi caracterizado, incluindo a determinação de índices físicos, peso unitário, plasticidade, tamanho de grão, densidade real dos grãos, umidade higroscópica e a curva granulométrica das amostras. Já o solo onde houve o depósito de resíduos também foi estudado, sendo realizado ensaio de determinação de índices físicos, peso unitário, plasticidade, tamanho de grão, densidade real dos grãos, umidade higroscópica e curva granulométrica das amostras. O principal objetivo durante os ensaios era verificar a perda da plasticidade do solo após o depósito de resíduos. Também foram executados ensaios de adensamento edométrico para a determinação de parâmetros como a densidade natural do solo, índice

residues in recent years.

**KEYWORDS:** oedometric, characterization, waste, plasticity, soil, grain.

## 1 | INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos, segundo Andersen (2015), projetos de fundações de estruturas vem requerendo cada vez mais informações sobre o solo estudado. Assim, em obras de engenharia é preciso fazer uma avaliação criteriosa, considerando-se novos padrões físico-químicos que poderão influenciar na correta caracterização do solo e conseqüentemente na estabilidade do talude.

A pesquisa buscou estudar o comportamento de solos tropicais contaminados por resíduos sólidos urbanos (RSU), em especial, sua correlação com a plasticidade do solo. A região estudada é próxima à cidade do Rio de Janeiro.

O principal problema seria a perda da plasticidade do solo na presença de materiais quimicamente ativos, ao longo dos anos. A plasticidade é um dos parâmetros indispensável para a determinação de parâmetros geotécnicos dos solos. Ela é de especial importância em solos coesivos, onde segundo Pinto (2006), pode ser definida como a maior ou menor capacidade do solo ser moldado sob determinadas condições de umidade, sem que ocorra variação de volume. A plasticidade do solo é mensurada por meio do Índice de Plasticidade (IP). Essa propriedade dita o comportamento do solo nas mais diversas aplicações. Segundo Caputo (2015) seu valor é influenciado pela granulometria, umidade, geometria das partículas e pelas composições químicas e mineralógicas do solo. Desta forma, a composição química do RSU (resíduos sólidos urbanos) passa a ser mais um item agregador na definição do seu valor físico.

O presente trabalho visa assim, analisar a capacidade do solo de aliviar a perda de plasticidade devido à contaminação superficial por resíduos sólidos urbanos (RSU). Especificamente, o artigo pretende demonstrar através de ensaios laboratoriais, as características geotécnicas do solo contaminado. Ademais, métodos, materiais e ensaios laboratoriais que poderiam auxiliar na determinação dos parâmetros geotécnicos são descritos. Os resultados obtidos nesse solo auxiliam no aumento do banco de dados de solos tropicais contaminados, em especial para os parâmetros geotécnicos. De forma adicional, os ensaios realizados também possibilitam a comparação entre solos tropicais contaminados em lixões a céu aberto.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Localização

O campo experimental de estudo se encontra na Região de São João do Meriti. Está situado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O terreno está localizado a 1,0 km do Rio Pavuna e a 25 km da cidade do Rio de Janeiro.

## 2.2 Caracterização Física do Solo

O ensaio é iniciado com uma análise tato visual, a fim de pré-identificar o solo que será trabalhado. O trabalho se utilizou das normas vigente da ABNT, sendo elas a NBR 7181/84 (análise granulométrica), a NBR 6457/86 (preparo da amostra), a NBR 6508/95 (determinação da massa específica dos grãos inferior a 4,8 mm), a NBR 6502/95 (classificação dos solos), a NBR 6459/1986 (liquidez) e a NBR7180/1984 (plasticidade) a fim de obter dados que permita auxiliar a sua caracterização e utilização do solo de maneira apropriada por meio de curvas.

## 2.3 Adensamento Edométrico

O ensaio de compressão edométrica (NBR 12007/1990), comumente denominado “ensaio de adensamento convencional”, é o tipo mais antigo e mais conhecido para determinação dos parâmetros de compressibilidade dos solos. O ensaio consiste na compressão axial de um corpo de prova, confinado lateralmente, pela aplicação de pressões verticais, com duração e razão de carregamento pré-definidos, normalmente com duração de 24 horas (até a deformação estabilizar). O estudo procurou determinar os parâmetros de compressibilidade dos resultados de amostras do solo em questão. Os parâmetros determinados foram: valores do coeficiente de adensamento  $C_v$  para cada estágio e a curva do índice de vazios versus tensão efetiva (escala logarítmica). Foram realizados os seguintes estágios: 0,031; 0,062; 0,125; 0,250; 0,500; 1,000; 2,000 e 4,000 (kg/cm<sup>2</sup>), e três estágios de descarregamento 2,000; 1,000; 0,500 (kg/cm<sup>2</sup>). Cada estágio de carregamento teve duração de 24 horas. A figura 1 e 2 exibem o ensaio.



Figura 1. Ensaio de adensamento em andamento (fonte autor)



Figura 2. Amostra do solo – Estado saturado (fonte autor)

## 2.4 Composição gravimétrica do RSU (Resíduos sólidos urbanos)

Para a gravimetria foram utilizados 2 (duas) toneladas de solo com resíduos sólidos urbanos (RSU) em 4 (quatro) ensaios realizados separadamente. Foi utilizado veículo particular para a coleta da amostra totalizando um total de 8 (oito) viagens. Utilizou-se de uma balança com precisão de 1 kg.

Os resíduos foram divididos em categorias. O solo foi encaminhado para o ensaio de caracterização do solo.

Em seguida a separação, cada grupo de resíduo foi acomodado em sacos específicos para posterior pesagem. Então, de uma maneira geral, procurou-se após esta separação inicial, proceder ao peneiramento da amostra de solo + RSU de forma a buscar resíduos não visíveis. Utilizou-se nesta etapa a peneira de 9,50 mm.

Os resíduos obtidos por este peneiramento foram acrescentados nas suas respectivas categorias.

A seguir, os resíduos foram pesados e os resultados compilados em planilhas. Por fim, foram selecionadas amostragem de cada uma das categorias de resíduos para a caracterização gravimétrica a seco.

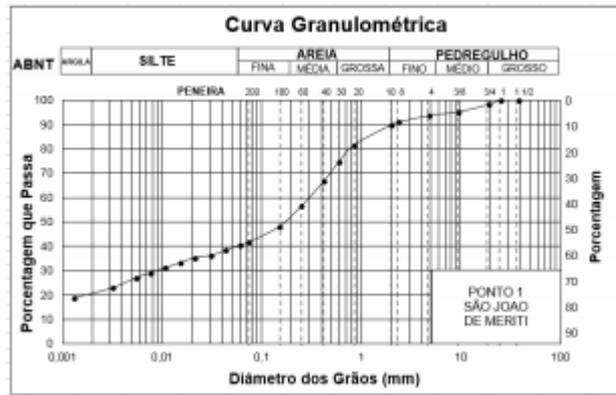
Após a seleção, os resíduos foram deixados em estufa à 60 graus até secar (em torno de 24 horas).

Então, as amostras de resíduos foram retiradas e novamente pesadas para a caracterização gravimétrica a seco.

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Caracterização Física do Solo

O solo pode ser caracterizado como um solo Areia Argilo-Siltosa (SC) bem graduada. A curva granulométrica é oferecida a seguir (Figuras 3):



Composição Granulométrica (%) (Escala ABNT)					
Argila	Silte	Areia			Pedregulho
		Fina	Média	Grossa	
21	20	12	22	15	10

Figura 3. Curva Granulométrica (fonte autor)

Os ensaios de limite de Atterberg foram realizados nos dois solos e são apresentados a seguir ( Figuras 4 e 5).

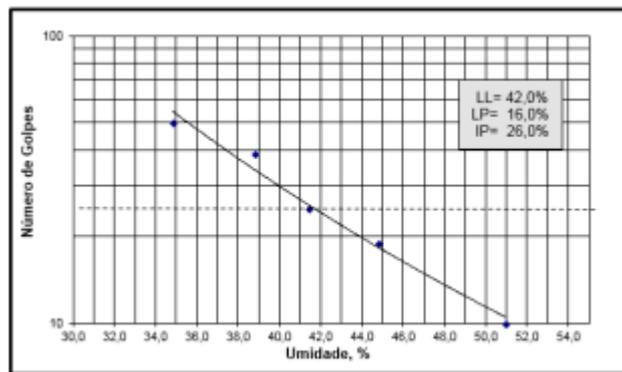


Figura 4. Limite de Atterberg para solo não contaminado (fonte autor)

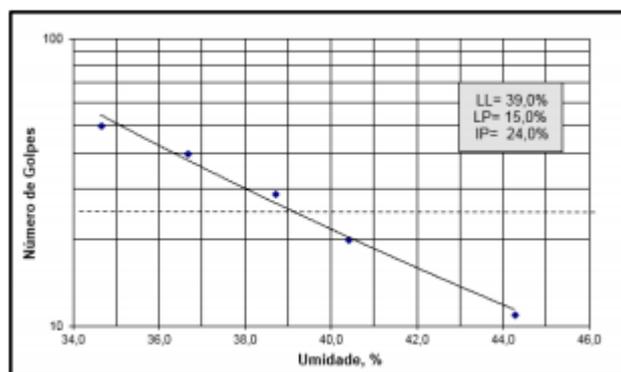


Figura 5. Limite de Atterberg para solo contaminado (fonte autor)

O triângulo de Feret é apresentado a seguir (Figura 6):

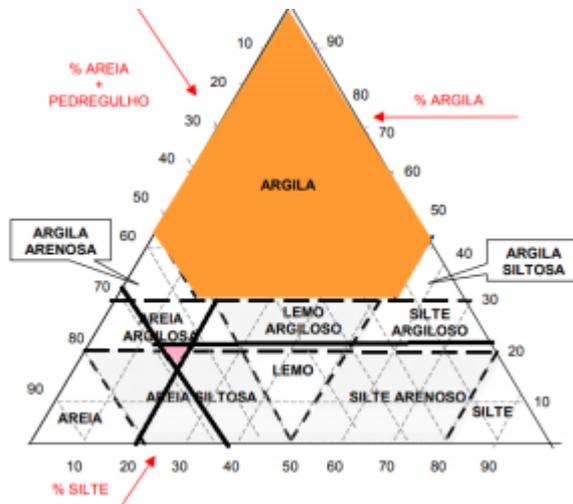


Figura 6. Triângulo de Feret (Feret, 1968)

O Sistema Unificado de Classificação dos solos é apresentado a seguir (Figura 7):

TABELA III - Classificação Unificada dos Solos					
Processo para identificação no campo			Grupo	Designação característica	
SOLOS DE GRANULAÇÃO GROSSA Muito de material maior que a abertura de peneira de malha nº 40	PEDREGULHOS Mais de 75% maior que a 4,75	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias	GW	Pedregulhos bem graduados, misturas de areia e pedregulho com pouco ou nenhum fino.	
		Predominância de um tamanho de grão ou graduação falhada (ausência de alguns tamanhos de grão)	GP	Pedregulhos mal graduados, misturas de pedregulho e areia com pouco ou nenhum fino.	
		Finos não plásticos (ML ou MH)	GF	Pedregulhos siltosos, misturas de pedregulho, areia e silte mal graduados.	
		Finos plásticos (CL ou CH)	GC	Pedregulhos argilosos, misturas de pedregulho, areia e argila bem graduados.	
	AREIAS Mais de 75% maior que a 4,75 e menos que a 4,75	AREIAS PURAS (pouco ou nenhum tamanho de fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias	SW	Areias bem graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
			Predominância de um grão ou graduação falhada	SP	Areias mal graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
		AREIAS COM FINOS (predominância de partículas de fino)	Finos não plásticos (ML ou MH)	SF	Areias siltosas, misturas mal graduadas de areia e silte.
			Finos plásticos (CL ou CH ou OH)	SC	Areias argilosas, misturas bem graduadas de areia e argila.

Figura 7. Sistema Unificado de Classificação dos solos (Casagrande, 1942)

Como é possível verificar a perda de plasticidade foi pequena devida à contaminação do solo por resíduos sólidos urbanos (RSU) superficialmente.

### 3.2 Adensamento Edométrico

A Tabela 1 representa os resultados da umidade inicial e final para o ensaio de adensamento edométrico.

Solo	W <sub>inicial</sub> (%)	W <sub>final</sub> (%)
Ensaio 1	16,68	27,98
Satur.		
Ensaio 2	16,68	27,50
Satur.		

Tabela 1. Umidade inicial das amostras no adensamento

As Figuras 8 e 9 apresentam as curvas índice de vazios vs tensão vertical. O valor do coeficiente de adensamento (Figura 10) variou no primeiro ensaio entre 25,24 e 48,42 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s com um valor médio de 40,37 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s e desvio padrão de 7,11 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s e no segundo ensaio (Figura 11) entre 23,16 e 48,42 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s com um valor médio de 40,95 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s e desvio padrão de 7,62 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s. A variação do índice de vazios no primeiro ensaio foi de 0,353 e no segundo ensaio de 0,327. O valor médio do coeficiente de adensamento após os dois ensaios foi de 40,66 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s e desvio padrão de 7,37 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s.

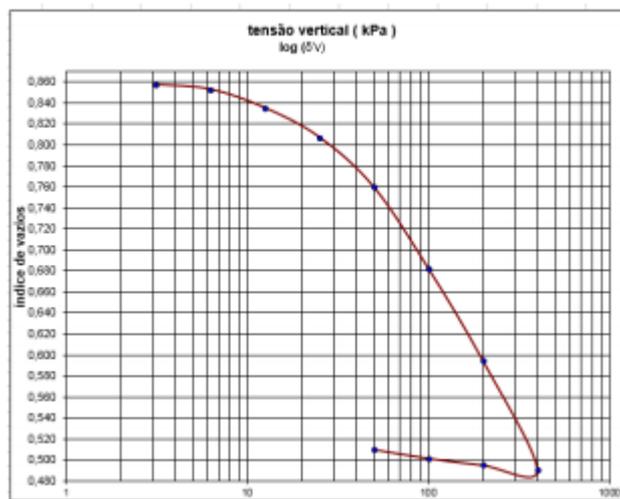


Figura 8. Ensaio em condições saturadas índice de vazios de acordo com a tensão efetiva aplicada Ponto 1 (06/09/2017) (fonte autor)

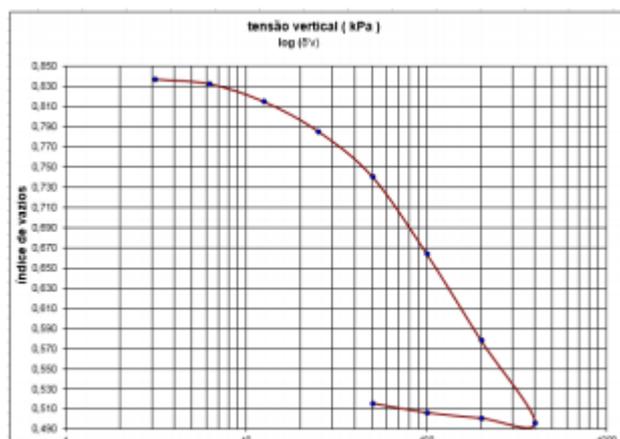


Figura 9. Ensaio em condições saturadas índice de vazios de acordo com a tensão efetiva aplicada Ponto (07/09/2017) (fonte autor)

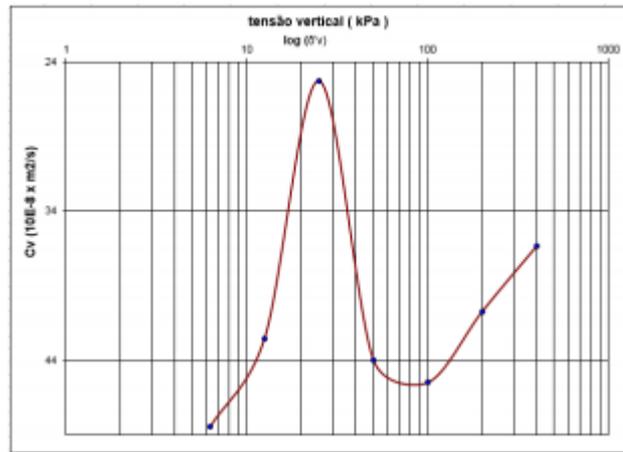


Figura 10. Condição Saturada, coeficiente de adensamento, de acordo com a tensão efetiva aplicada Ponto 1 (06/09/2017) (fonte autor)

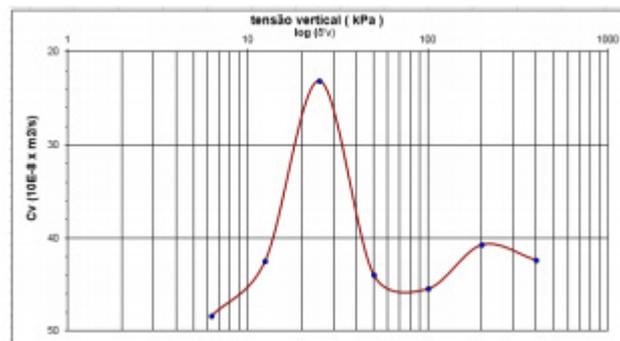


Figura 11. Condição Saturada, coeficiente de adensamento, de acordo com a tensão efetiva aplicada Ponto 1 (07/09/2017) (fonte autor)

### 3.3 Composição Gravimétrica do RSU (Resíduos Sólidos Urbanos)

A Tabela 2 e 3, a seguir mostra os valores finais com percentuais médios de cada resíduo sólido urbano (RSU) presente no solo e desvio padrão. Também define a quantidade de solo presente no solo contaminado. Dentre os resíduos sólidos urbanos (RSU) encontrados apenas a matéria orgânica obteve redução no peso após exposição a estufa. A redução não foi significativa.

Material	Percentual (%)	Desvio Padrão (%)
Solo	67	14
RCC	28	4
Vidro	< 1	< 1
Matéria Org.	2	1
Metal	< 1	< 1
Plástico	2	3

Tabela 2. Tabela informativa com percentuais médios de cada material e desvio padrão (gravimetria umidade natural) (fonte autor)

Material	Percentual (%)	Desvio Padrão (%)
Solo	65	14
RCC	30	4
Vidro	< 1	< 1
Matéria Org.	2	1
Metal	< 1	< 1
Plástico	2	3

Tabela 3. Tabela informativa com percentuais médios de cada material e desvio padrão (gravimetria a seco) (fonte autor)

Como é possível verificar, a maior parte dos resíduos pertence à classe resíduos da construção civil (RCC).

#### 4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos foram muito satisfatórios. É possível afirmar que os resíduos sólidos urbanos não alteraram ou alteraram muito pouco significativamente as propriedades do solo. Foi possível verificar que o limite de liquidez (LL) teve uma redução de apenas 3%. Já o limite de plasticidade (LP) foi levemente inferior em 1%. Assim, o valor do índice de plasticidade final foi meramente 2% inferior.

De maneira geral, a presença de apenas 2% de matéria orgânica, permitiu que as propriedades físicas do solo fossem mantidas. Os resíduos da construção civil (RCC) apresentam pequeno grau de variação físico-química ao longo do tempo. Os resultados estiveram dentro do esperado.

Houve também pouca variação nos coeficientes de adensamento do solo, assim como da variação dos índices de vazios do solo, o que especifica uma homogeneidade da área estudada.

Para este solo tropical os resultados foram positivos. Novos estudos devem ser feitos a fim de comparar outros solos tropicais. Também, é de grande interesse, pesquisas que especificam a variação da plasticidade no solo contaminado com resíduos de outras naturezas.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: 1986. **Amostra de Solo preparação para ensaios de compactação e ensaio**, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459:1986. **Limite de Liquidez**, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502:1995. **Rochas e Solos**, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: 1995. **Massa específica dos sólidos**, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180:1984. **Limite de Plasticidade**, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181:1984. **Solo – Análise Granulométrica**, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12007:1990. **Solo – Adensamento Edométrico**, Rio de Janeiro.

ANDERSEN, K.H. (2015) **Cyclic soil parameters for offshore foundation design**, Third ISSMGE McClelland Lecture Frontiers in Offshore Geotechnics III, Oslo, v.1

CAPUTO, H. P; CAPUTO, A. N. (2015) **Mecânica dos solos e suas aplicações – Fundamentos**. Vol. 1. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos – LTC, 256p.

PINTO, C. S. (2006) **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 367p.

PONCE, E.S.; MENDONÇA, R. M. G. (2015) **Comportamento do solo do aterro sanitário de Palmas – TO**, 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Bento Gonçalves, 1-9 p.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306