

**Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura  
(Organizadores)**



# EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E TERRITÓRIO 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura  
(Organizadores)

# Educação, Meio Ambiente e Território 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal 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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E24	Educação, meio ambiente e território 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação, Meio Ambiente e Território; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442192102  1. Divisões territoriais e administrativas 2. Educação ambiental. 3. Meio ambiente – Preservação. 4. Geologia. I. Machado, Felipe Santana. II. Moura, Aloysio Souza de.  CDD 320.60981
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

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

## APRESENTAÇÃO

Território é um dos termos mais utilizados pela Geografia, pois está intimamente relacionado aos sistemas de formação e transformação do espaço geográfico. Esta definição pode variar segundo a corrente de pensamento, e ou da abordagem que se realiza, mas a concepção mais comumente acolhida, o relaciona ao espaço delimitado a partir de uma associação de poder, seja político, religioso entre outros.

Na atualidade, o termo território é contemplado, nas mais diversas pesquisas e abordagens, como um espaço demarcado pelo uso de fronteiras – desnecessariamente visíveis – e que se fixa a partir de uma expressão e imposição de poder, contudo, desigualmente das concepções anteriores, o território pode se mostrar em múltiplas escalas, não possuindo necessariamente uma natureza política, mais também climáticas, vegetacionais e edáficas. A obra “Educação, Meio ambiente e Território” apresenta uma série de livros de publicação da Atena Editora. Em seu terceiro volume, com 27 capítulos, enfatizamos estudos sobre território, com destaque aos estudos de solos e geotécnicos, a influência de estudos erosivos para manutenção de aspectos geológicos e geográficos, e uma série de estudos de viabilidade hídrica, tanto superficiais quanto subterrâneos.

Acreditamos ser extremamente oportuno apresentar um primeiro capítulo que aborde uma temática tão atual (Jan 2019), uma vez que o Brasil tem sofrido com inúmeros desastres ambientais por parte de mineradoras localizadas no estado de Minas Gerais que não tem a destinação correta para seus rejeitos. O desastre de Mariana em novembro de 2015 e mais recentemente o desastre de Brumadinho são considerados os maiores desastres desta categoria do Brasil, pois além das perdas humanas, afetou inúmeras cidades ao longo das bacias hidrográficas do Rio Doce e Vale do São Francisco, os deixou sem água potável, dizimou grande parte da biodiversidade, e gerou um grande impacto nos estados nos quais perpassaram com influências visíveis inclusive no oceano Atlântico.

E por fim, finalizamos esse volume apresentando informações sobre danos físicos ao ambiente, mitigação de impactos ambientais, bem como técnicas de sensoriamento remoto e análises multitemporais sobre áreas de cultivo e florestais. Dessa forma, conseguimos elencar uma grande gama de aspectos relacionados ao território que não foram antes mencionadas em trabalhos científicos de forma a construir uma base de exemplos/metodologias que podem ser seguidos(as) e utilizadas como base para tomada de decisão dentro das diferentes esferas governamentais e científicas.

Esperamos que esta obra possa contribuir com o conhecimento sobre o território e com artífices ambientais para a sua preservação. Mesmo cientes da existência dos problemas mencionados nos diferentes capítulos, as informações normalmente são veiculadas de formas mais populares em detrimento de informações científicas. Isso interfere na opinião pública que ignora ou esquece problemas tão graves e que terão consequências ao longo de dezenas ou até centenas de anos. Acredita-se que

a informação presente nesse volume três possa estimular boas práticas que poderão ser disseminadas para evitar maiores problemas de ordem territorial e ecológica.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
VILA DE ITAPINA E OS LAÇOS COMO O RIO DOCE: REGISTROS DE MEMÓRIA APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO (SAMARCO/VALE/BHP)	
Bianca Pavan Piccoli Maria Cristina Dadalto Patrícia Pavesi Sônia Missagia Matos Leonardo Nunes Aranha Douglas dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ITAÍBA NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>35</b>
ANÁLISE DO SOLO LOCALIZADO NA REPRESA DO RIO TAPAJOS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA	
Derek Leão Monteiro Eliana Costa Seabra Jamilly Rocha de Araújo Wesley Leão Monteiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO SERRA GERAL EM BOA VISTA DAS MISSÕES - RS	
Willian Fernando de Borba Gabriel D'Ávila Fernandes José Luiz Silvério da Silva Bruno Acosta Flores Mirta Teresinha Petry Lueni Gonçalves Terra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
LEVANTAMENTO DE SOLOS DO JARDIM BOTÂNICO DE PORTO ALEGRE	
Edsleine Ribeiro Silva Luis Fernando da Silva Paulo César do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4421921025</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 57**

SUBSÍDIOS GEOLÓGICOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE IGREJINHA/RS

Saulo Borsatto  
Norberto Dani  
Rafael da Rocha Ribeiro  
Nelson A. Lisboa

**DOI 10.22533/at.ed.4421921026**

**CAPÍTULO 7 ..... 71**

USO DO XRF EM AMOSTRAS DE SOLO DA COMUNIDADE ILHA DIANA – SANTOS, SP

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco  
Alexandre Muselli Barbosa  
Marcos Jorgino Blanco  
Amanda Figueredo Fonseca  
Leonardo Silveira Takase  
Luiza de Araújo João Sobrinho  
Felipe Ian Strapasson Saldias

**DOI 10.22533/at.ed.4421921027**

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4421921028**

**CAPÍTULO 9 ..... 91**

PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS LINEARES DOS TIPOS RAVINA E BOÇOROCA

Gerson Salviano de Almeida Filho  
Geraldo Figueiredo de Carvalho Gama Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.4421921029**

**CAPÍTULO 10 ..... 100**

COMPARED BACKGROUND AND REFERENCE VALUES IN SOURCES OF CADMIUM-ENRICHED SOILS FROM BRAZIL

Fernando Machado de Mello  
Essaid Bilal  
Gustavo Neves  
Maria Eduarda Loureiro dos Reis Teodoro  
Thiago Peixoto de Araujo

**DOI 10.22533/at.ed.44219210210**

**CAPÍTULO 11 ..... 113**

CORRELAÇÕES DE RESISTÊNCIA PARA ALGUMAS ROCHAS METAMÓRFICAS DO ESTADO DE MINAS GÉRIAS, SUDESTE DO BRASIL

Klinger Senra Rezende  
Daniel Silva Jaques  
Eduardo Antônio Gomes Marques

**DOI 10.22533/at.ed.44219210211**

**CAPÍTULO 12 ..... 123**

CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DOS RIOS ARACAÍ, CARAMBEÍ E GUAÇU NA CIDADE DE SÃO ROQUE/SP

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima  
Mainara Generoso Faustino  
Eddy Bruno dos Santos  
Tatiane Bernardino Seixas Carvalho da Silva  
Maria Aparecida Faustino Pires  
Marycel Elena Barboza Cotrim

**DOI 10.22533/at.ed.44219210212**

**CAPÍTULO 13 ..... 137**

ANÁLISE DAS RELAÇÕES IÔNICAS COMO PARTE DA ANÁLISE HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À OESTE DO RIO GUANDU - BAIXADA FLUMINENSE - RJ

Isabela Martins Itabaiana  
Décio Tubbs Filho  
Patrick Aloe Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.44219210213**

**CAPÍTULO 14 ..... 147**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AURÁ (RMB) ENTRE OS ANOS DE 2002 A 2018

Gilmar Wanzeller Siqueira  
Fabio Marques Aprile  
Arthur Araújo Ribeiro  
Alda Lucia da Costa Camelo  
Alzira Maria Ribeiro dos Reis  
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

**DOI 10.22533/at.ed.44219210214**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE INTRÍNSECA A CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO EM SALVADOR DO SUL – RS

Jauana Marilise do Nascimento Riegel  
Gabriel D'Ávila Fernandes  
Pedro Daniel da Cunha Kemerich  
José Luiz Silvério da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.44219210215**

**CAPÍTULO 16 ..... 171**

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS DE CONSUMO POTÁVEL NA CIDADE DE BELÉM-PA

Milene Pereira Mendes  
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.44219210216**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

DETERMINAÇÃO DA CURVA CHAVE PARA UM TRECHO DO RIO DA PRATA-RS

Franciele Priori  
Sara Regina Sperotto  
Taison Anderson Bortolin

**DOI 10.22533/at.ed.44219210217**



**CAPÍTULO 18 ..... 187**

EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SÃO PAULO, BRASIL

Gerson Salviano de Almeida Filho  
Zeno Hellmeister Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.44219210218**

**CAPÍTULO 19 ..... 198**

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA BACIA HIDROGRÁFICA TAQUARI ANTAS

Tuane de Oliveira Dutra  
Pedro Antonio Roehe Reginato  
Vinícius Menezes Borges  
Marcos Imério Leão  
Gustavo Barbosa Athayde

**DOI 10.22533/at.ed.44219210219**

**CAPÍTULO 20 ..... 208**

COMPARISON OF TWO TECHNOLOGIES APPLIED IN A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT: PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND CYTOGENOTOXICITY EVALUATION

Thaís Dalzochio  
Fernando Hamerski  
Nicole Giovanna Gross  
Günther Gehlen

**DOI 10.22533/at.ed.44219210220**

**CAPÍTULO 21 ..... 216**

DANOS AO MEIO FÍSICO NA URBANIZAÇÃO DE SANTARÉM-PA: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO SANTARENZINHO

Eduardo Francisco da Silva  
Arthur Iven Tavares Fonseca  
Anderson Conceição Mendes  
Fábio Góis da Mota

**DOI 10.22533/at.ed.44219210221**

**CAPÍTULO 22 ..... 225**

PREVISÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ATIVIDADES DE CORTE E ATERRO

Christiane Ribeiro Müller  
Flávia Cauduro

**DOI 10.22533/at.ed.44219210222**

**CAPÍTULO 23 ..... 231**

ESTUDOS GEOTÉCNICOS COMO SUBSÍDIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E PROPOSIÇÃO DE TRILHAS INTERPRETATIVAS DO JARDIM BOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Patrick Aloe Teixeira  
José Miguel Peters Garcia  
Isabela Martins Itabaiana

**DOI 10.22533/at.ed.44219210223**

**CAPÍTULO 24 ..... 242**

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM LAVOURAS, ANÁLISE PARA O MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS

Bruno Zucuni Prina

Patrícia Ziani

Romario Trentin

**DOI 10.22533/at.ed.44219210224**

**CAPÍTULO 25 ..... 252**

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO POR NDVI DO MUNICÍPIO DE RONDON DO PARÁ NOS ANOS DE 2007 E 2017

Juliana Fonseca Cardoso

Isabela Loiane Carvalho Teixeira

José Cicero Pereira Júnior

Taissa Nery Ferreira

Denison Lima Correa

**DOI 10.22533/at.ed.44219210225**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 259**

## ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ITAÍBA NO ESTADO DE PERNAMBUCO

### **Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco  
Recife - Pernambuco

### **Rafaella Teixeira Miranda**

Techne Engenheiros Consultores  
Recife - Pernambuco

### **Maiara de Araújo Porto**

Techne Engenheiros Consultores  
Recife - Pernambuco

### **Túlio Martins de Lima**

Techne Engenheiros Consultores  
Recife - Pernambuco

### **Natália Milhomem Balieiro**

Techne Engenheiros Consultores  
Recife - Pernambuco

**RESUMO:** O artigo apresenta os serviços de caráter geológico-geotécnicos desenvolvidos com a finalidade de subsidiarem os estudos para a elaboração do Relatório Técnico Preliminar, Projeto Básico e Estudos Complementares para a Implantação da Barragem Itaíba, no Município de Itaíba, PE. Foram realizados mapeamentos preliminares, investigações diretas por meio de sondagens (mista e percussão) e ensaios geotécnicos específicos. A partir destes, foram analisados e discutidos os resultados do reconhecimento geológico-geotécnico de

superfície e subsuperfície, dos testemunhos de sondagens, dos ensaios de infiltração e de perda d'água sob pressão e dos ensaios de caracterização e especiais dos materiais naturais de construção. Foi constatado que o maciço rochoso apresenta características de deformabilidade compatível com qualquer tipo de barragem, desde que o aluvião depositado no eixo seja retirado. Ademais, constatou-se que os solos de empréstimo, as areias e as rochas são viáveis tecnicamente e satisfatórios em termos de volume.

**PALAVRAS-CHAVE:** Barragem, Investigações Geológicas-Geotécnicas, Ensaios, Eixo Barrável, Implantação.

**ABSTRACT:** This article presents the geological and geotechnique engineering services developed to support the Preliminary Technical Report, Basic Project and Complementary Studies for the Itaíba Dam employment, in Itaíba, PE. Preliminary mappings, direct investigations via soundings (mixed and percussion) and specific geotechnical tests were carried out, and the results of surface and subsurface geological-geotechnical reconnaissance, sounding samples, infiltration and water loss tests (under pressure) and characterization and special tests of natural building materials were analyzed and discussed. It was verified that the rock mass presents characteristics of

deformability compatible with any type of dam, given the alluvium deposited in the axis is removed. In addition, it was found that the loan solos, the sands and the rocks are technically feasible and satisfactory in terms of volume.

**KEYWORDS:** Dam, Geological-Geotechnical Investigations, Tests, Dam Axis, Employment.

## 1 | INTRODUÇÃO

O corrente artigo apresenta os serviços geológico-geotécnicos realizados com a finalidade de subsidiarem os estudos de elaboração do Relatório Técnico Preliminar, Projeto Básico e Estudos Complementares para a Implantação da Barragem Itaíba, no Município de Itaíba, Pernambuco. A barragem Itaíba, a ser construída pelo Governo do Estado de Pernambuco, objetiva incrementar a oferta hídrica da região.

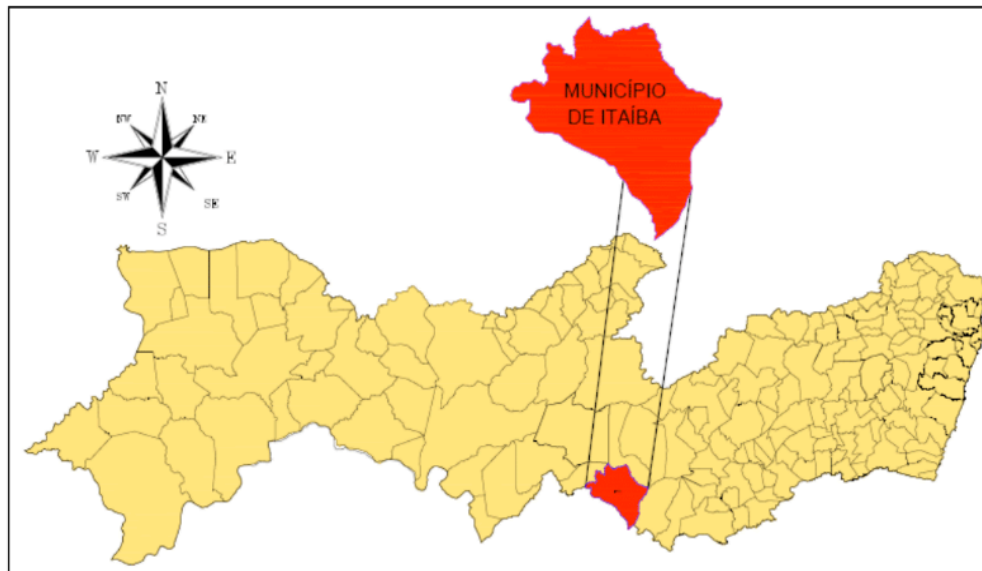
É de largo conhecimento a importância das barragens de abastecimento, todavia face ao grande investimento financeiro, humano e ambiental que a construção deste empreendimento envolve, é essencial um correto planejamento, monitoramento e manutenção pós-construtiva.

A missão essencial das investigações é oferecer ao projetista o quadro completo dos fenômenos geológico-geotécnicos que podem ser esperados da interação entre as solicitações próprias da obra que será implantada e as características geológicas (materiais e processos) dos terrenos que serão por ela afetados. Assim, todo o esforço investigativo deve ser orientado, desde o primeiro momento, propondo, aferindo, descartando e confirmando hipóteses fenomenológicas, para que, ao final, tenha um quadro fenomenológico real (MAPA DA OBRA, 2017).

Neste contexto o objetivo principal do estudo foi a caracterização do maciço rochoso ao longo do eixo barrável selecionado, e suas proximidades, sob o ponto de vista geológico e geotécnico, bem como as características dos materiais naturais de construção.

## 2 | ÁREA DO ESTUDO

O município de Itaíba (Figura 1) está localizado nas coordenadas geográficas de latitude 08°56'51”S e longitude 37°25'22”W, a 332 km da capital do Estado, limitando-se ao Norte com Tupanatinga, ao Sul com o Estado de Alagoas, a Leste com Águas Belas e Buíque, e a Oeste com o Estado de Alagoas e o município de Manari. Está inserido na mesorregião do Agreste, na Microrregião Vale do Ipanema, e na Região de Desenvolvimento Agreste Meridional.



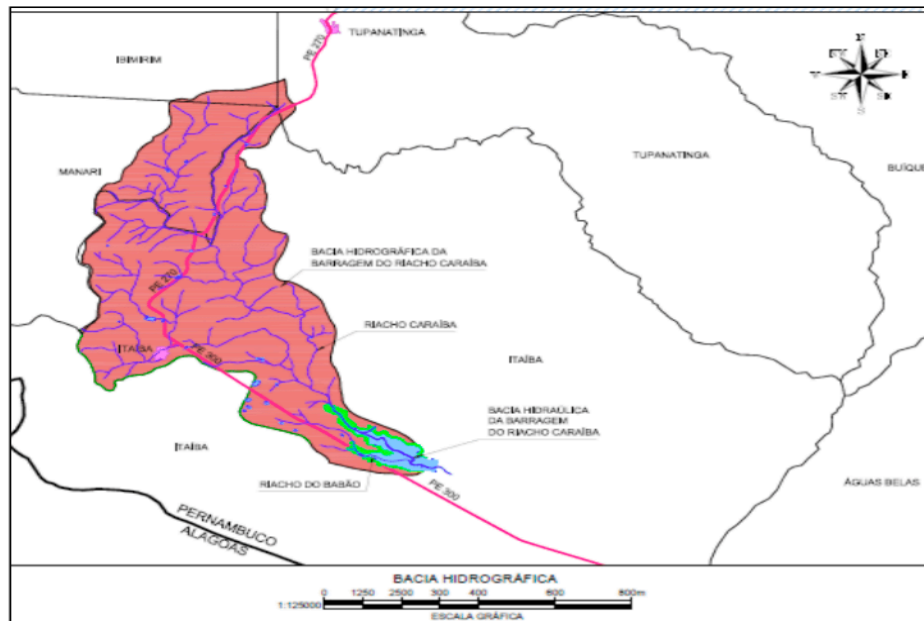
**Figura 1.** Mapa do Estado de Pernambuco. Em destaque o município de Itaíba.  
(Fonte: TECHNE, 2017).

O principal acesso ao município é feito pelas rodovias BR-101, PE-126 e PE-177. Sendo seus principais acessos terrestres estabelecidos pelas rodovias estaduais PE-300 e PE-270.

O Eixo localiza-se no Município de Itaíba, distante aproximadamente 17,00 km da sede, entre as coordenadas UTM, sistema SAD 69, 9.003.636 N / 687.258 E e 9.002.975 N / 687.108 E, com uma altitude aproximada de 400 m.

O acesso ao local da obra, a partir da cidade de Itaíba, é feito pela PE-300, no sentido da cidade de Águas Belas, até o km 25, dando acesso a uma estrada carroçável situada à esquerda; deste ponto percorre-se cerca de 1,00 km até o eixo, onde será implantada a futura barragem.

O município de Itaíba encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, que se estende pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Goiás e o Distrito Federal. Além da bacia do rio São Francisco, o município de Itaíba está localizado na área das bacias hidrográficas do Rio Ipanema, e do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores. A Figura 2 apresenta a bacia hidrográfica da barragem do Riacho Caraíba.



**Figura 2.** Bacia hidrográfica da barragem do riacho Caraíba.

(Fonte: TECHNE, 2017).

### 3 | INVESTIGAÇÕES REALIZADAS

#### 3.1 Caracterização Geológico-geotécnica

A caracterização geológico-geotécnica do eixo barrável de Itaíba constou de um reconhecimento geológico de superfície e de subsuperfície, com o intuito de descrever sua tipologia, grau de alteração, permeabilidade e discontinuidades do maciço rochoso, em relação à distribuição espacial.

A metodologia utilizada pode ser resumida nos seguintes procedimentos:

- a) Aquisição e interpretação da base de dados: Aquisição de bases cartográficas na área do empreendimento (levantamento topográfico de campo); Aquisição de mapas geológicos regionais e locais da área do empreendimento; Reconhecimento geológico-geotécnico da área da barragem e adjacências; e Programação e análise das investigações de campo.
- b) Caracterização tátil-visual de testemunhos de sondagens executadas;
- c) Elaboração de seções geológico-geotécnicas verticais;
- d) Diagnóstico das condições de fundação.

As sondagens e ensaios foram executadas segundo especificações da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente (ABGE, 1999), sendo as sondagens rotativas executadas no diâmetro NX e as sondagens a percussão com amostrador SPT padrão.

A passagem de percussão para rotativa foi especificada para o impenetrável ao amostrador SPT no caso de rochas sedimentares e impenetrável à lavagem no caso de rochas cristalinas. As sondagens rotativas foram programadas para atingirem a profundidade mínima de 8 metros em rocha sã.

A permeabilidade e a condutividade hidráulica do maciço rochoso, ao longo do eixo barrável e suas proximidades, frente a percolação d'água através dos seus planos de descontinuidades (fraturas, falhas e fissuras), foram calculadas a partir dos ensaios padronizados de perda d'água sob pressão realizados na fundação, através dos furos de sondagens rotativas e mistas.

A metodologia de descrição dos testemunhos de sondagens constou, principalmente, da classificação litológica, do grau de alteração da rocha, do índice de fraturamento, da percentagem de recuperação do testemunho e do RQD.

A programação de sondagens constou de 06 (seis) furos de sondagem à percussão, 13 (treze) furos de sondagem mista, 21 (vinte e um) ensaios de perda d'água com 5 (cinco) estágios de pressão e 15 (quinze) ensaios de infiltração. Alguns furos foram posteriormente cancelados e outros adicionados, mantendo a quantidade total de furos programada.

É importante ressaltar que para obter um maior respaldo a respeito da característica geológico-geotécnica dos materiais inseridos na área de estudo, foram previstos furos à montante e a jusante do eixo.

### 3.2 Materiais de Empréstimo

Definido no RTP (Relatório Técnico Preliminar) que a alternativa tecnológica mais viável para a barragem seria um barramento em terra homogênea, foram realizadas pesquisas de materiais naturais, com a qualidade requerida e na quantidade necessária, em áreas próximas ao sítio da barragem e coletadas amostras em poços de inspeção.

Foram estudados: Solos, para utilização nas obras de terra; Areia, para utilização nos concretos e filtros; e Rocha, para utilização em enrocamentos, transições e agregados graúdos (brita) para filtro e para concreto.

Para o material que compõe o maciço de terra (aterro compactado) foram analisadas duas jazidas de solos, próximas ao eixo, intituladas Jazida 01 e 02. A primeira localiza-se à montante do eixo barrável, na margem direita e esquerda do Riacho Caraíba, e a segunda, parcialmente à montante do eixo barrável, na ombreira direita, na margem direita do Riacho Caraíba.

A alternativa estudada para empréstimo de areia foi localizada inicialmente no Riacho Caraíba, no sítio da Barragem, contudo após realização de ensaios, foi constatado que a areia estava muito contaminada. Em alternativa, foram feitas novas prospecções, sendo encontrada uma nova jazida no leito do Rio Ipanema, distando 30,35km do eixo barrável, à montante da barragem do Cabeça.

Ressalta-se, porém, que após as chuvas ocorridas na região no ano de 2018, a

equipe da Techne juntamente com os consultores da SEPLAG, retornaram a área do Riacho Caraíba em 20/06/2018 e verificaram uma nova conformação no leito do Rio, com a presença de areia, possivelmente acumulada devido as chuvas ocorridas na área. Diante disso, foram realizadas novas prospecções no leito do riacho, à montante do eixo da barragem Itaíba.

Por fim, para o material rochoso foi localizada uma pedreira há 1,6 km do eixo, à jusante do eixo barrável.

A Tabela 1 apresenta o volume disponível e a localização dessas jazidas.

Local	Área (m <sup>2</sup> )	Espessura Média* (m)	Volume Disponível (m <sup>3</sup> )
Jazida 01	1.135.000	0,92	1.044.200
Jazida 02	304.000	0,82	249.280
Areal Rio Ipanema	87.586	2,00	175.172*
Areal Riacho Caraíba	-	-	23.560,35
Pedreira	14.271	7,00	99.897

\*Volumes estimados, podendo apresentar valores maiores dependendo da logística de exploração da jazida.

**Tabela 1.** Volumes de solos disponíveis para empréstimo.

### 3.3 Ensaios de Laboratório

Foram programados e realizados ensaios de laboratório e de campo com finalidade de proceder à caracterização dos materiais e obtenção das características de permeabilidade, resistência e deformabilidade dos solos de empréstimo, bem como das jazidas de areia e materiais pétreos. Os ensaios realizados e quantidades gerais são apresentados na Tabela 2, as normas utilizadas nos ensaios serão citadas no texto a seguir.

No empréstimo de solo, em amostras deformadas, foram realizados ensaios de caracterização (Preparação das Amostras de Solo – ABNT NBR 6457-86, Determinação da Massa Específica dos Grãos - ABNT NBR 6508-84, Ensaio de Granulometria - ABNT NBR 7181-84, Determinação do Limite de Plasticidade - ABNT NBR 7180-84 e do Limite de Liquidez - ABNT NBR 6459-84), além da determinação do coeficiente de permeabilidade à carga variável (ABNT NBR 14545-00) e ensaio de compactação Proctor Normal (ABNT NBR 7182-86). Também foram realizados ensaios “In situ” para determinação da densidade dos solos, utilizando o método do cilindro de cravação (ABNT NBR 9813-87).

Para caracterização do potencial expansivo dos solos foram realizados ensaios de pressão de expansão e expansão livre, segundo a ABNT NBR 12007-90. Para obtenção das características de resistência e deformabilidade dos solos de empréstimo foram realizados ensaios triaxiais, segundo a BS 1377/7-90 e de cisalhamento direto (ASTM D3080-04).



Ainda foram realizados no material de empréstimo ensaios para avaliação da dispersibilidade de solos Argilosos através de ensaios químicos (CTC).

Os materiais coletados nas jazidas de areia foram submetidos a análise granulométrica por peneiramento (ABNT NBR 7217-87 e DNER ME 083-98), densidade real (ABNT NBR NM 52-09 e DNER ME 084-95), teor de materiais pulverulentos (ABNT NBR 7219-87), permeabilidade constante (ABNT NBR 13292-95) e análise petrográfica (ABNT NBR 7389/1-09).

A amostra de material pétreo foi submetida a análise petrográfica (ABNT NBR 7389/2-09).

ENSAIOS	QUANTIDADES	
	Jazida 01	Jazida 02
<b>ENSAIOS – SOLO</b>		
Umidade Natural	27	3
Massa Específica Real dos Grãos	27	3
Limite de Liquidez	27	3
Limite de Plasticidade	27	3
Granulometria por Peneiramento	27	3
Granulometria por Sedimentação	27	3
Densidade Natural	27	3
Proctor Normal (Compactação)	27	3
Permeabilidade a carga variável	27	3
Densidade “In Situ”	27	3
Triaxial UU - ensaio consolidado e não drenado	4	0
Expansão livre	4	0
Pressão de expansão	4	0
Ensaio Químico - CTC	4	0
<b>ENSAIOS – AREIA</b>		
	Rio Ipanema	Riacho Caraíba
Granulometria por Peneiramento	2	3
Densidade Real	2	3
Ensaio Pulverulento	2	3
Massa Específica dos grãos	2	3
Permeabilidade a carga constante	2	3
Análise petrográfica	1	-
<b>ENSAIOS – ROCHA</b>		
Análise petrográfica	1	

**Tabela 2.** Resumo dos ensaios laboratoriais e de campo realizados.

## 4 | ASPECTOS GEOLÓGICOS GERAIS

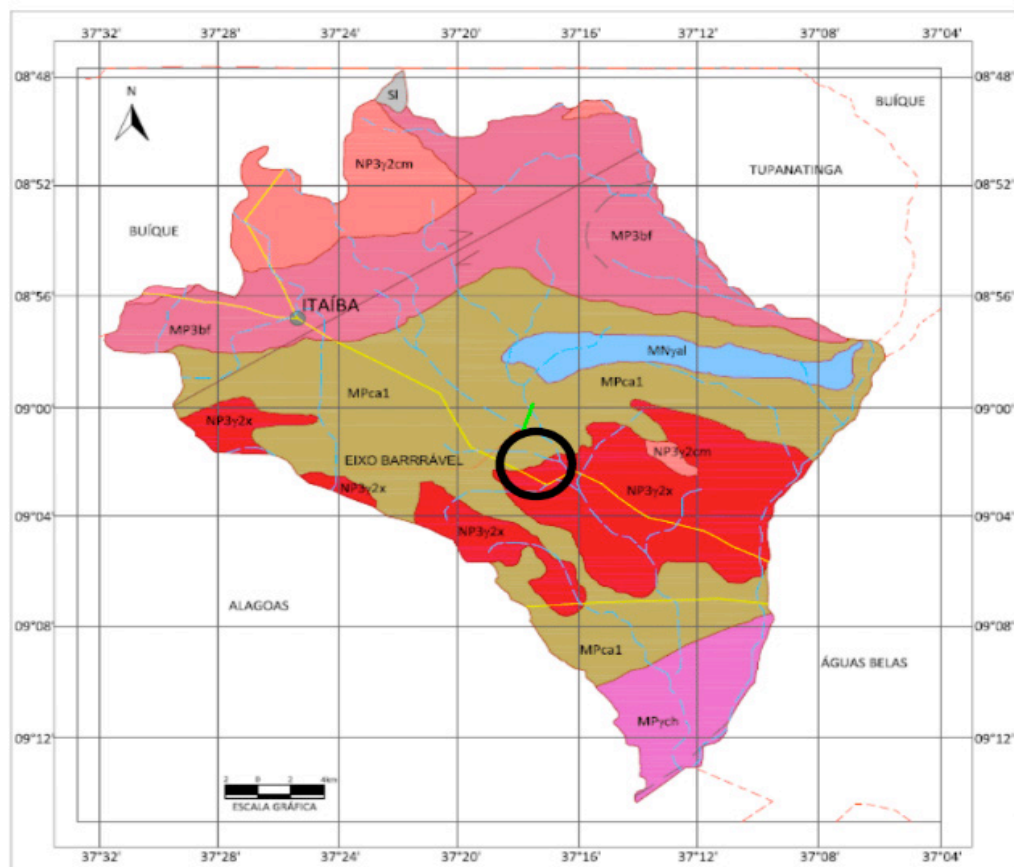
A área de estudo encontra-se geologicamente inserida na Província Borborema, inicialmente assinalada por Almeida *et al.* (1977). Esses autores compartimentaram o território brasileiro em dez extensas regiões geológicas, que apresentavam feições tectônicas, estratigráficas, magmáticas e metamórficas características e distintas dos domínios contíguos. Essas regiões foram denominadas províncias estruturais.

A área de implantação da Barragem Itaíba apresenta uma geomorfologia aplainada, com relevo mais acentuado próximo ao Riacho Carnaíba. Ao longo das ombreiras e no leito do riacho podem ser observados afloramentos rochosos.

No que tange aos solos, predomina, nas ombreiras, o solo residual e secundariamente, verifica-se a presença de solos de alteração. Já no vale do Riacho Carnaíba está presente um solo aluvionar composto de areia média a grossa, que se apresenta recoberto por camadas argilo-siltosas.

O Serviço Geológico do Brasil caracteriza a geologia do município de Itaíba como pertencente, predominantemente, aos Complexos Cabrobó e Belém de São Francisco, e as Suítes peraluminosa Xingo e cálcio-alcálica de alto a médio potássio Itaporanga (Figura 3). As litologias dos complexos fazem parte do mesoproterozóico, enquanto que as suítes datam do neoproterozóico. De maneira secundária observam-se as suítes intrusiva leucocrática peraluminosa e a Chorrochó, e as rochas sedimentares da Formação Tacaratu.

O eixo barrável está localizado no Complexo Cabrobó (Figura 3), que apresenta sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares (paragneisses com lentes de anfibólitos /metamáficas), e lentes de quartzitos, anfibólitos, mármore e meta-arcósios. Compõem as sequências metassedimentares biotita gnaisses, micaxistos, muscovita gnaisses, metagrauvas, paragneisses (ocasionalmente migmatizados) e migmatitos. Observam-se solos de alteração, residual e aluvionar ao longo do eixo, com granulometria variando de areia grossa à média a argilo-siltosa (descrição macroscópica).



#### UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS

##### PALEOZOICO

FORMAÇÃO TACARATU (SI): ARENITO FINO A GROSSO E CONGLOMERADO

##### NEOPROTEROZOICO

SUÍTE CÁLCIO-ALCALINA DE MÉDIO A ALTO POTÁSSIO ITAPORANGA (cm): GRANITO E GRANODIORITO PORFIRÍTICO ASSOCIADO A DIORITO

SUÍTE PERALUMINOSA XINGÓ (x): LEUCOGRANITO E GRANODIORITO, FEIÇÃO MIGMATÍTICA LOCAL

SUÍTE CHORROCHÓ (ch): AUGEN-GNAISSE QUARTZO-MONZOGRANÍTICO A GRANÍTICO

SUÍTE INTRUSIVA LEUCOCRÁTICA PERALUMINOSA: LEUCOGRANITOÍDE A DUAS MICAS COM GRANADA E CORDIERITA

##### MESOPROTEROZOICO

COMPLEXO BELÉM DO SÃO FRANCISCO (cm): LEUCO-GNAISSE TONALÍTICO-GRANODIORÍTICO MIGMATIZADO, ENCLAVE DE SUPRACRUSTAIS

COMPLEXO CABROBÓ (MPCa1): XISTO, GNAISSE, METAVULCÂNICA MÁFICA E MÁRMORE

#### CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

CONTATO GEOLÓGICO

FALHA OU FRATURA

FALHA OU ZONA DE CISCALHAMENTO TRANSCORRENTE DEXTRAL

LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

#### CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

RODOVIAS

LIMITES INTERMUNICIPAIS

RIOS E RIACHOS

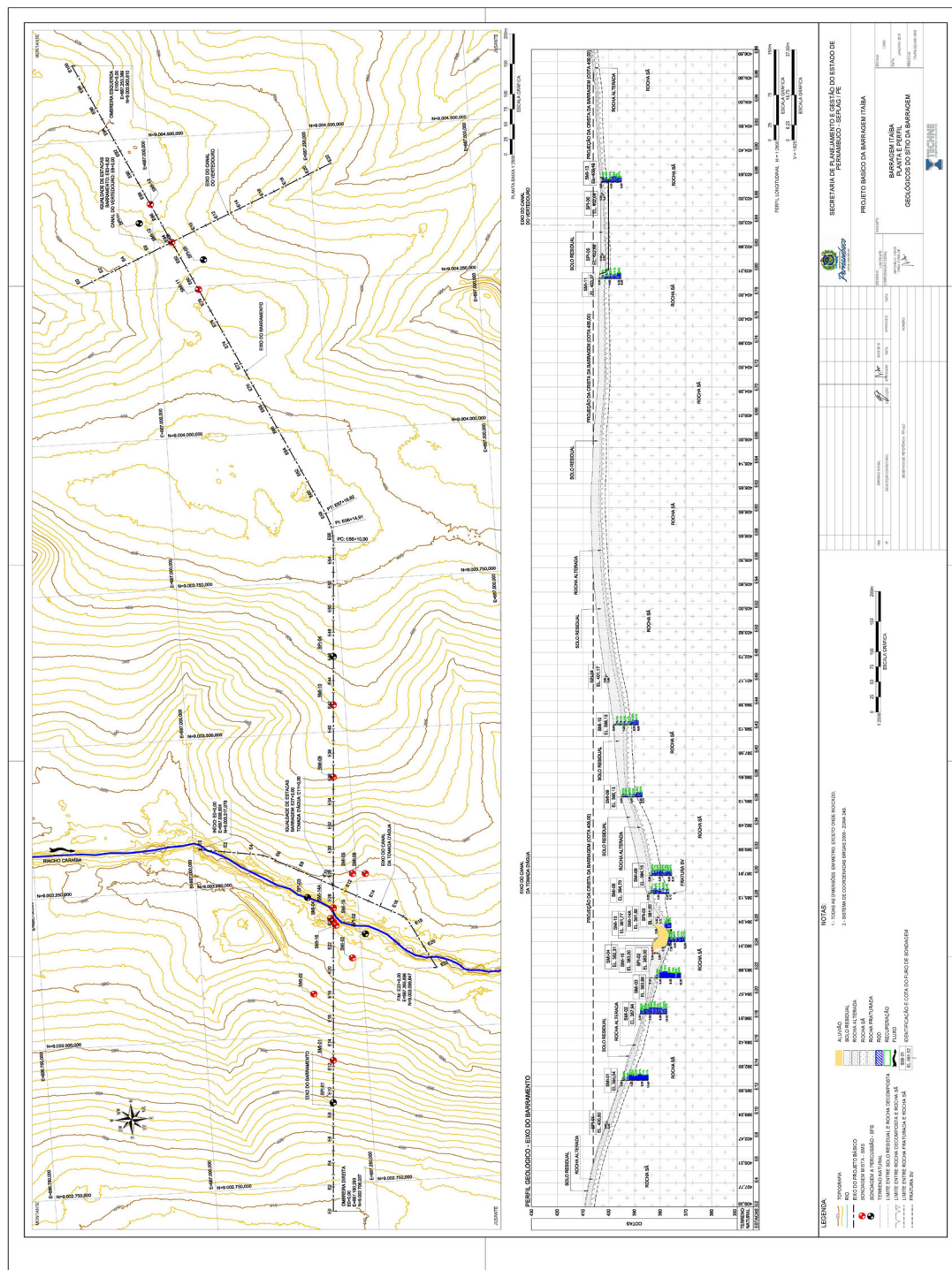
SEDE MUNICIPAL

Figura 3. Mapa geológico de Itaíba. Em destaque o eixo da barragem.

(Fonte CPRM, 2005 – adaptado).

## 5 | GEOLOGIA E GEOTECNIA DO EIXO BARRÁVEL

A análise geológica da área de implantação do eixo barrável, como já descrita, envolveu, além do contexto geológico, o reconhecimento de superfície, uma investigação de subsuperfície e a análise petrográfica. A Figura 4 mostra a planta com a localização das sondagens e o perfil geológico obtido no estudo. Inicialmente o plano de sondagem abrangia 6 (seis) ensaios SPT e 13 (treze) sondagens mistas, todavia, em decorrência da regularidade geológica do local foram cancelados 3 (três) furos (SMI-07, SMI-08 e SMI-12).



**Figura 4:** Planta e perfil geológicos do sítio da barragem.

(Fonte: TECHNE, 2017).

No decurso da investigação as sondagens a percussão executadas no perímetro do riacho Carnaíba (SMI-04, SPT-02 e SPT-03) apresentaram uma desproporção quanto à espessura do solo aluvionar. Enquanto o furo executado a montante (SPT-03) identificou uma camada de 0,38cm de aluvião, as sondagens realizadas no leito e a jusante registraram 2,0m e 5,0m deste material, respectivamente. Em defluência dessa dissemelhança foram adicionados 3 furos ao plano de sondagem, intitulados SMI-14A, SMI-15 e SMI-16, locados no leito e no terraço do riacho Carnaíba. Por

consequente, a investigação de subsuperfície voltou a contemplar às 13 sondagens mistas previstas preliminarmente.

## 5.1 Recobrimento de Solos

Os solos dispostos ao longo do eixo barrável apresentam espessura gradando de 0,30 a 5,10m. Nas ombreiras predomina um solo residual com espessura máxima de 0,61m e no perímetro do Caraíba o aluvião, que chega a atingir 3,40m no leito (SMI-14A). O solo aluvionar depositado na margem direita do riacho, a 4m para montante do barramento, apresentou uma espessura de 5,10m (SMI-15). Com relação à margem direita situada a jusante, a espessura deste solo gradou de 2,82m (50m da Est.23+0,00 – SPT-02) à 5,10m (4m da Est.23+14,00 – SMI-16).

No eixo da barragem o solo residual encontra-se depositado sobre solo de alteração, saprólito (furos SPT-01, SMI-09, SMI-10 SMI-11) ou maciço rochoso pouco a medianamente alterado (SMI-01 e SMI-13, extremidade das ombreiras). Já o solo aluvionar se sobrepõe ao maciço rochoso no eixo (SMI-04 e SMI-14-A) e ao solo de alteração à montante e à jusante (SMI-15 e SMI-16).

Abaixo algumas observações acerca das camadas de solo presentes na área de estudo:

O solo residual possui uma granulometria variante. As sondagens posicionadas nas extremidades das ombreiras mostram uma solo argilo-silto arenoso e à medida que se aproxima do leito do Carnaíba, observa-se um material composto de uma areia média a grossa siltosa.

O índice de resistência à penetração do solo residual grada de 16 a 43 golpes no eixo. Quanto à permeabilidade, varia de impermeável a  $1,56 \times 10^{-6}$  cm/s.

Duas sondagens indicaram nível d'água a 2,10 e 2,20m a partir da boca do furo: SMI-14-A e SMI-15. Referenciando a profundidade do NA com a topografia, observa-se que esses níveis estariam entre as cotas 383,80m e 383,87m. Os furos foram executados em margens diferentes (direita e esquerda, respectivamente) e os resultados sugerem que a camada mais permeável apresenta uma deposição, preferencialmente, sub-horizontal.

Embora a granulometria do solo aluvionar varie, a fração argila está, predominantemente, subordinada ao silte e a areia.

Os resultados dos ensaios de permeabilidade *in situ* realizados no aluvião depositado no eixo e a jusante gradam de  $1,15 \times 10^{-3}$  a  $3,92 \times 10^{-6}$  cm/s. Todavia, salienta-se que a sondagem SMI-14-A identificou uma camada de areia média à grossa com 1,70m de espessura, que não pode ser ensaiada em decorrência do nível d'água (2,20m). O índice de resistência à penetração do solo aluvionar varia de 10 a 26 golpes.

## 5.2 Maciços Rochosos

As sondagens mistas indicam que aflora no eixo barrável duas litologias: gnaisse

migmatizado e granito. Intrusões de corpos graníticos são comuns na província geotectônica em que está inserido o empreendimento. Observou-se uma grande variedade no grau de alteração dessas rochas (A5 a A1), condicionada pelos seus planos de descontinuidade. Próximo ao riacho Carnaíba foi registrado solo de alteração sobreposto ao granito alterado (furos SMI-04, SMI-15 e SMI-16).

O grau de fraturamento do granito varia, preferencialmente, entre as classes F2 e F4 (pouco a muito fraturado). Quanto a inclinação, observam-se fraturas sub-horizontais, sub-verticais e inclinadas. O preenchimento é preferencialmente, granular, e a superfície é irregular. No que tange ao gnaisse migmatizado, predominam fraturas sub-horizontais e sub-verticais, irregulares e preenchidas com material granular; eventualmente observa-se uma mistura de material granular e argiloso. Essa rocha metamórfica apresenta-se, na maioria das sondagens, medianamente fraturada (F3) e de maneira subordinada, encontra-se pouco a muito fraturada.

Com relação ao Rock Quality Designation (RQD), prevalece um maciço pobre a muito pobre (R4 a R5). Este parâmetro apresenta-se muito irregular nas sondagens, estando diretamente relacionado com o grau de fraturamento das rochas. Chama a atenção os furos SMI-15 e SMI-16, executados no contorno do riacho Carnaíba, cujo RQD foi 0% ao longo de toda a camada rochosa (2m de espessura, aproximadamente).

Os maciços apresentam uma permeabilidade muito baixa a baixa; apenas 2 trechos ensaiados mostram valores médios ( $3,56 \times 10^{-4}$  e  $1,40 \times 10^{-4}$  cm/s): 9,75 a 12,0m da sondagem SMI-03 e 5,0 a 8,0m da SMI-09. A primeira foi executada 30m à jusante da Est.18+0,00 e a segunda no eixo, Est.36+0,00. Com relação a condutividade predomina a classe H2 (baixa) e o resultado mais expressivo foi obtido no furo SMI-03, onde o migmatito medianamente fraturado apresentou uma condutividade média (H3), com valor próximo da classe H4 (alta).

## **6 | ANÁLISE DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

### **6.1 Materias de Empréstimo de Solo**

#### *6.1.1 Jazida 01*

Na Jazida 01 foram realizados 111 poços de inspeção, dos quais 27 foram ensaiados. A Tabela 3 apresenta o resumo dos ensaios de caracterização dessa jazida, necessários à classificação dos solos.

Os solos foram classificados essencialmente como areias argilosas (SC), areias siltosas (SM) e argila de baixa plasticidade (CL) no Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS. Em geral, este tipo de solos, principalmente as areias argilosas (SC), é indicado para utilização em barragem de terra, por apresentarem bom teor de finos que conferem ao solo baixa permeabilidade e pela sua boa trabalhabilidade. É

recomendável pela impermeabilidade e ângulo de atrito favoráveis à estabilidade.

Amostra	Prof. (m)	Compactação		Consistência			Granulometria				Classif. do solo
		w <sub>ót</sub> (%)	ρ <sub>d</sub> máx (g/cm <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedreg. (%)	
P01J1	1,10	13,32	1,85	NL	NP	-	5,40	14,10	55,86	24,64	SM
P02J1	0,95	12,74	1,89	38,16	21,69	16,47	19,30	29,00	35,86	15,84	CL
P03J1	1,30	15,40	1,71	39,59	22,55	17,04	28,40	23,00	16,26	32,34	CL
P04J1	0,90	7,65	1,94	26,21	18,10	8,11	12,30	20,40	56,96	10,34	SC
P06J1	0,90	11,26	1,93	23,46	15,81	7,65	15,10	18,40	55,70	10,80	SC
P07J1	0,95	10,37	1,92	36,56	22,43	14,13	21,70	16,20	32,80	29,30	SC
P08J1	1,10	12,60	1,86	33,27	21,50	11,77	13,60	24,60	41,84	19,96	SC
P09J1	1,10	13,61	1,80	37,30	22,49	14,81	15,45	28,90	41,79	13,86	SC
P10J1	1,10	10,83	1,89	NL	NP	-	7,20	8,30	54,10	30,40	SM
P11J1	1,00	9,50	1,95	NL	NP	-	6,60	13,60	73,56	6,24	SM
P12J1	1,20	7,06	1,99	NL	NP	-	6,60	13,70	74,02	5,68	SM
P13J1	1,20	13,24	1,85	22,03	15,54	6,49	11,40	12,05	59,59	16,96	SC
P14J1	0,95	11,52	1,97	NL	NP	-	6,50	9,00	67,78	16,72	SM
P15J1	1,00	13,95	1,87	26,32	19,02	7,30	9,55	8,70	37,35	44,40	GC
P16J1	1,00	10,00	1,91	NL	NP	-	5,60	15,20	59,28	19,92	SM
P17J1	1,05	10,40	1,92	NL	NP	-	9,60	14,05	66,71	9,64	SM
P18J1	1,40	19,75	1,48	52,51	29,82	22,69	44,70	33,95	15,47	5,88	MH
P19J1	0,90	15,60	1,88	43,00	25,84	17,16	37,70	20,00	36,08	6,22	CL-ML
P20J1	0,80	13,80	1,88	39,93	24,08	15,85	21,60	27,40	41,64	9,36	CL
P22J1	1,00	14,85	1,79	39,40	24,39	15,01	24,90	19,97	27,79	27,34	SC
P25J1	0,90	15,10	1,91	34,20	22,02	12,18	18,00	26,87	42,03	13,10	SC
P28J1	1,20	15,43	1,63	44,28	27,35	16,93	26,50	27,80	25,70	20,00	ML
P30J1	0,90	11,75	1,97	34,54	20,31	14,23	17,90	23,80	25,90	32,40	GC
P64J1	1,00	7,90	1,97	24,91	17,38	7,53	7,40	17,90	47,46	27,24	SC
P66J1	0,80	14,43	1,88	23,72	16,89	6,83	5,20	16,35	51,29	27,16	SC
P70J1	0,90	12,00	1,92	25,52	17,54	7,98	13,50	16,00	49,24	21,26	SC
P76J1	1,10	10,34	1,91	36,93	27,04	9,89	23,30	13,80	41,38	21,52	SM

**Tabela 3.** Resultados dos ensaios laboratoriais e de campo realizados necessários à classificação dos solos.

Ensaio especiais de pressão de expansão e expansão livre realizados nas amostras apresentaram deformações específicas abaixo de 2%, para pressões de expansão em torno de 10 a 20 kPa, indicando a não suscetibilidade do material à expansão. Contudo, no ensaio da amostra P25J1 foi obtido uma deformação específica de 5,8%, um valor considerável, e uma pressão de expansão de 30KPa. Foi Indicado que novos ensaios sejam realizados no Projeto Executivo para confirmação desses

valores, por forma a averiguar a possibilidade de se tratar realmente de um solo expansivo.

Os ensaios de compactação (Proctor Normal) apresentaram valores de umidade ótima entre 7,06 e 19,75% (média = 12,39% e Desvio padrão = 2,84) e peso específico máximo entre 1,48 e 1,99 g/cm<sup>3</sup> (média = 1,87g/cm<sup>3</sup> e Desvio Padrão = 0,11) .

A umidade natural média do solo foi de 4,11%, a massa específica dos grãos de 2,66 g/cm<sup>3</sup>, a densidade natural de 1,42g/cm<sup>3</sup> e a densidade in situ de 1,28g/cm<sup>3</sup>. A permeabilidade média foi de 1,77x10<sup>-6</sup> cm/s, indicando solos com baixa permeabilidade.

O ensaio para avaliação da dispersão dos solos, CTC, realizado em quatro amostras, não demonstraram tendência de comportamento dispersivo.

Parâmetros de resistência variaram de 0,40 a 0,61 kgf/cm<sup>2</sup> para coesão e de 17 a 19 graus para ângulo de atrito, resultantes dos ensaios triaxiais.

### *6.1.2 Jazida 02*

Na Jazida 02 foram realizados 26 poços de inspeção, dos quais 3 foram ensaiados. Os solos foram classificados essencialmente como areias argilosas (SC) no SUCS.

Apresentaram resultados de permeabilidade indicando solos de baixa a muito baixa permeabilidade (média de 9,09x10<sup>-7</sup> cm/s). Os ensaios de compactação (Proctor Normal) apresentaram valores de umidade ótima entre 13,25 e 14,15% (média = 13,82% e Desvio Médio = 0,49) e peso específico máximo entre 1,74 e 1,85 g/cm<sup>3</sup> (média = 1,81g/cm<sup>3</sup> e Desvio Médio = 0,06).

A umidade natural média do solo foi de 4,53%, a massa específica de 2,65 g/cm<sup>3</sup>, a densidade natural 1,33g/cm<sup>3</sup> e a densidade in situ de 1,34g/cm<sup>3</sup>.

## **6.2 Materiais Arenosos**

### *6.2.1 Areal Rio Ipanema*

Os ensaios granulométricos indicaram uma areia média a grossa. No ensaio para determinação da massa específica aparente obteve-se 1,47g/cm<sup>3</sup> para o poço 01, e 1,48g/cm<sup>3</sup> para o Poço 02, para ambos os poços a massa específica absoluta foi de 2,63g/cm<sup>3</sup>. A média dos valores do ensaio de permeabilidade a carga constante foi de 3,48x10<sup>-2</sup> cm/s.

Os ensaios para avaliação da presença de impurezas no agregado, através do ensaio pulverulento, apresentaram valores muito baixos, inferiores a 1%, não comprometendo a qualidade da areia, no que concerne a este aspecto.

Em relação aos ensaios petrográficos ambas as amostras apresentam características similares, diferindo apenas em parte das suas composições mineralógicas. O poço 01 e o poço 02 possuem mais de 90% do material mineralógico (quartzo e feldspato) de caráter inócuo, ou seja, não reagem em contato com o



cimento e apresentam resistência físico-mecânica adequada. A quantidade de óxidos e sulfetos, material deletério e friável se mostra não significativa, estando dentro dos limites permitidos pela ABNT para o uso do agregado.

### **6.2.2 Areal Riacho Caraíba**

No areal do Riacho Caraíba os ensaios granulométricos indicaram uma areia de média a fina.

O ensaio para a determinação da massa específica aparente apresentou valor de 1,48g/cm<sup>3</sup> e absoluta de 2,61g/cm<sup>3</sup> para o poço 01; 1,45g/cm<sup>3</sup> e absoluta de 2,63g/cm<sup>3</sup> para o Poço 02; e 1,57g/cm<sup>3</sup> e absoluta de 2,60g/cm<sup>3</sup> para o poço 03 . A média dos valores do ensaio de permeabilidade a carga constante foi de 2,06x10<sup>-2</sup> cm/s.

Os ensaios para avaliação da presença de impurezas no agregado, através do ensaio pulverulento, apresentaram valores muito baixos, inferiores a 1%, não comprometendo a qualidade da areia, no que concerne a este aspecto.

## **6.3 Material Rochoso**

A amostra analisada trata-se de uma rocha ígnea plutônica com traços de metamorfismo, intrudida por material granítico-pegmatítico de caráter pré-tectônico (antes do tectonismo que levou ao metamorfismo na rocha). Possui caráter leucocrático (maior porcentagem de minerais félsicos), coloração cinza e textura equigranular. A variabilidade do tamanho dos grãos se deve à intrusão granítico-pegmatítica, encontrando-se granulação fina a média.

Trata-se de um material passível de ser utilizado como agregado graúdo em concreto, sendo recomendada a utilização de aditivos, de forma a combater as possíveis reatividades ou a realização de ensaio mais específico, como o ensaio: Método de Barras Acelerado – ABTN NBR 15577-04.

## **7 | CONCLUSÕES**

A Barragem Itaíba está inserida, geologicamente, no Domínio Pernambuco-Alagoas da Província Borborema. Na área de implantação do eixo observam-se duas litologias principais, gnaisse migmatizado e granito, recobertas por solos residuais e de alteração e por sedimentos do quaternário.

Os solos dispostos ao longo do eixo barrável apresentam espessura gradando de 0,30 a 5,10m. Nas ombreiras predomina um solo residual com espessura máxima de 0,61m e no perímetro do Caraíba o aluvião, que chega a atingir 3,40m no leito.

Os maciços rochosos apresentam uma grande variedade no grau de alteração, condicionada pelos seus planos de descontinuidade. O grau de fraturamento varia

de F2 a F4 e as fraturas são sub-horizontais, sub-verticais e inclinadas. Predomina o preenchimento granular e a superfície é irregular. Com relação ao Rock Quality Designation (RQD), observa-se a prevalência de maciços pobres a muito pobres (R4 a R5).

A permeabilidade dos maciços grada, predominantemente, de muito baixa a baixa, porém, 2 trechos ensaiados mostram valores médios ( $3,56 \times 10^{-4}$  e  $1,40 \times 10^{-4}$  cm/s): 9,75 a 12,0m da sondagem SMI-03 e 5,0 a 8,0m da SMI-09. Com relação a condutividade predomina a classe H2 (baixa) e o resultado mais expressivo foi obtido no furo SMI-03, onde o migmatito medianamente fraturado apresentou uma condutividade média (H3), com valor próximo da classe H4 (alta).

Em suma, o maciço rochoso presente ao longo do eixo barrável apresenta boas condições com relação ao suporte de carga, a estanqueidade e a resistência ao efeito de erosão causado principalmente pela água. Suas características de deformabilidade possibilitam que qualquer tipo de barragem seja implantada, desde que se retire o aluvião depositado ao longo do eixo.

Em relação aos materiais naturais de construção conclui-se que:

Os solos de empréstimo são viáveis tecnicamente e satisfatórios em termos de volume disponível para utilização em aterros, sendo a maioria das amostras classificadas como areias argilosas (SC) no Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS.

Em geral, este tipo de solo, é indicado para utilização em barragens de terra, por apresentarem um bom teor de finos que conferem ao solo baixa permeabilidade e pela sua boa trabalhabilidade. É recomendável pela impermeabilidade e ângulo de atrito favoráveis à estabilidade.

Uma das amostras do material do empréstimo 1 apresentou potencial expansivo; como tal, é conveniente a realização de novos ensaios deste tipo nesta jazida, com o intuito de averiguar a possibilidade de se tratar realmente de um solo expansivo. Caso esta jazida não possa ser descartada, por precaução, o material da mesma deve ser utilizado apenas nas áreas inferiores do maciço, onde o peso próprio do material adjacente erradicará qualquer possibilidade de expansão do material. Relativamente a jazida 2, o solos de empréstimos não apresentaram potencial expansivo. Os materiais das jazidas 1 e 2 não apresentaram potencial dispersivo ou colapsivo.

Em relação ao material arenoso, constatou-se que este apresenta uma granulometria satisfatória, dentro dos limites granulométricos recomendáveis para materiais utilizáveis, em ambas as jazidas. Todos os valores de permeabilidade obtidos foram da ordem de grandeza de  $10^{-2}$  cm/s, levando a crer que é um bom material para aplicação em filtro. No que concerne aos ensaios pulverulentos, os resultados obtidos foram sempre inferiores a 1%, não comprometendo, portanto os valores impostos pela norma (valor máximo de 3% para concreto sujeito a desgaste superficial e 5 a 10% para outro tipo de concreto).

Tanto o material arenoso como o material pétreo apresentaram características

satisfatórias para aplicação em concreto, contudo é recomendável a utilização de aditivos no agregado graúdo, por forma a prevenir possíveis reatividades (RAA), visto que houve indicação de material potencialmente reativo na amostra de rocha ensaiada.

## 8 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a TECHNE Engenheiros Consultores e a Secretaria de Planejamento e Gestão de Pernambuco - SEPLAG/PE.

## REFERÊNCIAS

ABGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. 1999. **Manual de sondagens. Boletim nº 3**, - 4ª Edição. São Paulo, 73p.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1977. **Províncias estruturais brasileiras**. In: *Simpósio de Geologia do Nordeste*, VIII, Campina Grande, 363-391 p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2005. **Diagnóstico do Município de Venturosa. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**, Estado de Pernambuco.

Mapa da Obra. 2017. **A Importância da Geotecnia na Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/gestao/importancia-da-geotecnia-construcao-civil/>>. Acesso: jan.2018.

TECHNE. 2017. **Elaboração do Relatório Técnico Preliminar, Projeto Básico e Estudos Complementares para a Implantação da Barragem Itaíba, no Município de Itaíba/PE**: Relatório R05 - Relatório dos Estudos Geotécnicos/Geológicos. Recife. 55p.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

### **Felipe Santana Machado**

Felipe é professor de biologia, especialista em morfofisiologia animal e gestão ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais. Participa do grupo de pesquisa CNPq “Diversidade, Sistemática e Biogeografia de Morcegos Neotropicais” como colaborador.

### **Aloysio Souza de Moura**

Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-144-2

