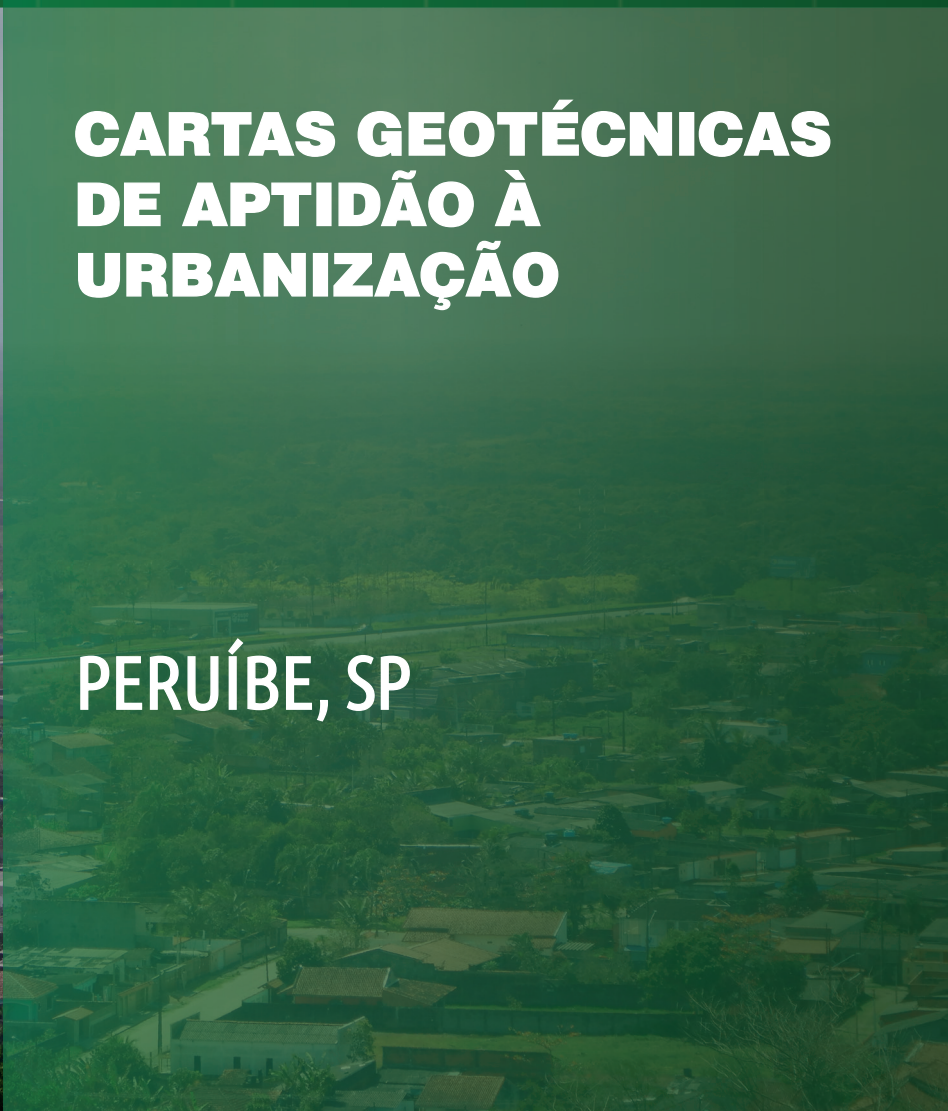




**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

PERUÍBE, SP



Realização

*Divisão de Geologia Aplicada - DIGEAP
Departamento de Gestão Territorial - DEGET*

2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário Executiva

Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Líliá Mascarenhas Sant'Agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente Interino

Cassiano de Souza Alves

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Raimundo Almir Costa da Conceição

Execução

Douglas da Silva Cabral

Luiz Fernando dos Santos

Sueli Akemi Tomita

Estagiária

Ana Beatriz da Silva Ribeiro

Diagramação (SUREG/SP)

Marina das Graças Perin

Foto da capa: Acervo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@cprm.gov.br

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO PERUÍBE, SP

EQUIPE

Douglas da Silva Cabral
Luiz Fernando dos Santos
Sueli Akemi Tomita

APRESENTAÇÃO

As Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização constituem documentos cartográficos que traduzem a capacidade dos terrenos para suportar os diferentes usos e práticas da engenharia e do urbanismo, com o mínimo de impacto possível e com o maior nível de segurança para a população.

O documento é previsto no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, inicialmente produzido em parceria com o Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional), com o objetivo de indicar as aptidões de uso de áreas frente aos desastres naturais e a seus processos geradores, tais como movimentos de massa nas encostas e eventos destrutivos de natureza hidrológica.

Em 2017, as cartas passaram a ser desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, com fins à caracterização do meio frente a diferentes tipos de solicitações para urbanização, além da indicação de aptidões frente a desastres naturais.

O trabalho consiste no levantamento de informações do meio, com a descrição de características do terreno (geologia, solos/materiais inconsolidados e geomorfologia) e a execução de ensaios (*in situ* e em laboratório). Tais informações são analisadas e trabalhadas em escritório para composição do documento cartográfico.

Além das Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização, o SGB desenvolve outros projetos, que são fundamentais para auxiliar o gestor municipal e a sociedade em geral, em questões relacionadas a gestão de desastres naturais.

O Projeto Setorização de Áreas de Risco Geológico consiste na identificação e caracterização das porções do território municipal sujeitos a sofrerem perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza geológica.

O Projeto Cartas de Suscetibilidade representa em cartas o potencial de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e inundações. Seus produtos são insumos para a elaboração das cartas de aptidão à urbanização.

Por fim, o Projeto Cartas de Perigo a movimentos gravitacionais de massa que auxilia e define o alcance potencial do atingimento do material mobilizado durante deslizamentos, quedas/tombamentos e corridas de massa.

Todos esses projetos formam uma gama de informações essenciais para o planejamento e gestão urbanos.

Cassiano de Souza Alves

Diretor-Presidente Interino
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RESUMO

Este relatório apresenta de forma objetiva e sintética os aspectos que permeiam a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Peruíbe - SP, produzida pelo do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM e conduzida pelo Departamento de Gestão Territorial (DEGET), da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT).

São apresentadas brevemente a metodologia e dados utilizados, assim com os resultados da integração entre os dados de campo e ensaios laboratoriais.

É importante destacar que as informações contidas neste relatório complementam às apresentadas nas Cartas e SIG produzidos e que somados constituem o produto final entregue à gestão municipal.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1 Disponibilidade e estruturação básica dos dados finais	5
1.2 Aspectos metodológicos	7
1.3 Área de Estudo	7
• Área de Expansão Urbana 1	8
• Área de Expansão Urbana 2	9
• Área de Expansão Urbana 3	9
• Área de Expansão Urbana 4	10
1.4 Materiais utilizados	10
1.5 Ensaio de Laboratório	11
2. RESULTADOS	12
2.1 Classes de aptidão à urbanização frente a movimentos de massa, enchentes e inundações.....	13
2.2 Descrição das Unidades Geotécnicas	13
1. Unidade Geotécnica Depósitos Alúvio-Coluvionares (UG_Al-Co)	13
2. Unidade Geotécnica Colúvio/Residual com substrato de gnaisses e migmatitos (UG_Co-SR/MR-g.m)	15
3. Unidade Geotécnica Colúvio/Residual com substrato de granulitos (UG_Co-SR/Gra)	17
4. Unidade Geotécnica Cordões Marinhos Arenosos (UG_Ca-MA)	19
5. Unidade Geotécnica Depósitos Aluvionares (UG_Al-ar.ag).....	21
6. Unidade Geotécnica Depósitos Flúvio-Marinhos Argilosos Orgânicos (UG_M/FM.ag.o)	22
7. Unidade Geotécnica Tálus com Colúvios subordinados e substrato de Gnaisses e Migmatitos (UG_T-Co/MR-g.m) e 8. Unidade Geotécnica Tálus com Colúvios subordinados e substrato de Granulitos (UG_T-Co/Gra).....	24
9. Unidade Geotécnica Terraços Arenosos Marinhos (UG-Ta-MA)	28
3. REFERÊNCIAS	29
ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta informações que complementam a leitura da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Peruíbe (SP), realizada no ano de 2022, pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, através de atividades de campo e laboratório realizadas conforme cronograma apresentado na Tabela 1.

Tabela 01 - Período de realização das atividades de campo e laboratório

Atividades	Mês
Campo – Etapa 1	Setembro de 2021
Campo – Etapa 2	Dezembro de 2021
Campo – Etapa 3	Maio de 2022
Laboratório-- Etapa 1	Novembro de 2021
Laboratório-- Etapa 2	Março de 2022
Laboratório – Etapa 3	Agosto de 2022

Além disso, tem o propósito de dar ao usuário informações mais claras dos insumos utilizados e do processo de produção que envolve os resultados cartográficos finais. Desta forma, nos tópicos seguintes, serão detalhadas informações referentes à área de estudo, dados utilizados, características das unidades mapeadas, ensaios de laboratório, leitura, usos e limitações da carta e outras informações pertinentes ao entendimento completo e correto dos produtos.

A Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização pode ter diversas finalidades:

1. Subsidiar o poder público na prevenção de desastres relacionados a movimentos de massa e inundações;
2. Regular de forma técnica o parcelamento do solo urbano sob uma abordagem preventiva e de planejamento;
3. Contribuir para projetos de urbanização, indicando onde não se deve permitir a aprovação de novos lotes urbanos voltados para ocupação permanente, áreas em que a aprovação dos lotes está condicionada a estudos de obras de intervenção que garantam a segurança da ocupação e áreas onde não há restrições à aprovação de novos lotes;

Entretanto, ela não pode ser utilizada para subsidiar de forma direta:

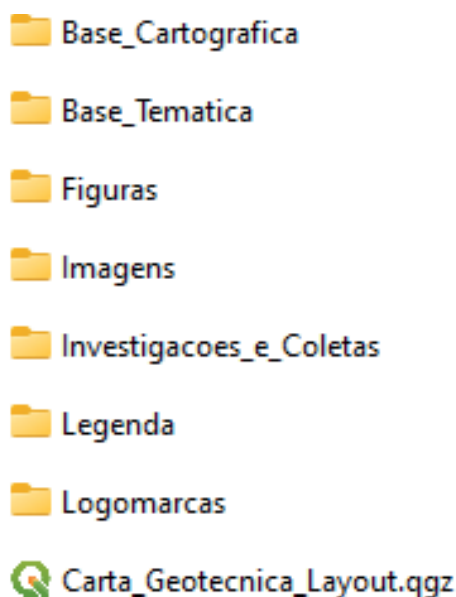
1. Análises de estabilidade de talude e encostas;
2. Projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais;
3. Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza
4. Aplicações incompatíveis com a escala cartográfica de elaboração (1:1.000 - 1:2.000).

1.1 Disponibilidade e estruturação básica dos dados finais

O produto final da Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização do município de Peruíbe é composto pelo conteúdo apresentado na Tabela 2. O Conteúdo da pasta SIG (Figura 1) é projetado no Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 UTM Zona 23S. Todos esses dados poderão ser acessados através do *Repositório Institucional de Geociências (RIGeo)*, no link rigeo.cprm.gov.br.

Tabela 02 - Produtos finais da Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização

Produto	Descrição
Pasta Cartas em PDF	
Carta	Documento cartográfico com as Áreas 1 a 4.
Pasta SIG	
Subpasta Base Temática	
Áreas_Expansão_A	Limites da área de estudo – áreas de expansão urbana.
Aptidão_Urbana_A	Polígonos de aptidão à urbanização, separados em classes de alta, média e baixa.
Titulos_Minerários_A	Áreas com algum tipo de requerimento necessário para a exploração mineral.
Restrições_Ocupação_A	Áreas de Preservação Permanente, Áreas tombadas e regiões com algum tipo de restrição legal.
Unidades_Geotécnicas_A	Polígonos das unidades geotécnicas mapeadas.
Sub pasta Investigações e Coletas	
Amostragem_P	Informações dos materiais coletados em campo.
Sond_Trado_P	Informações dos pontos nos quais foram realizadas sondagens a trado.
Subpasta Pontos de Campo	
Pontos_de_Campo_P	Informações de todos os pontos de campo realizados.

**Figura 01** - Estruturação do SIG

1.2 Aspectos metodológicos

A metodologia utilizada durante os trabalhos é resumida na Figura 2 e apresentada no Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Cartas Geotécnicas de Aptidão a Urbanização (ANTONELLI *et al.*, 2021), disponível no link: [Guia de Procedimentos Técnicos](#).



Figura 02 - Fluxograma da metodologia aplicada

1.3 Área de Estudo

A área do projeto (Figura 3) foi baseada nas áreas de expansão (vetores de crescimento) fornecidas pela Prefeitura de Peruíbe-SP. Estas se localizam na porção central do município, exceto a Área 4 que fica na praia do Guaraú. Com a finalidade de refinar os limites das áreas, alguns trechos foram editados para se adequar a escala de trabalho. Importante ressaltar que parte da área de expansão 3 (vetor 3) não foi acessada durante as atividades de campo por ser propriedade particular onde a equipe não obteve autorização de entrada.

Com o objetivo de facilitar o entendimento, as áreas de expansão foram denominadas de Área 1 localizada a norte; Área 2 e Área 3, localizadas na porção central e Área 4 no sul do município. A área total analisada é de 27,5 km², o que corresponde a 8,42% do território municipal.

Abaixo são apresentadas, para cada área, as características essenciais do terreno que foram alvo das análises realizadas neste trabalho.

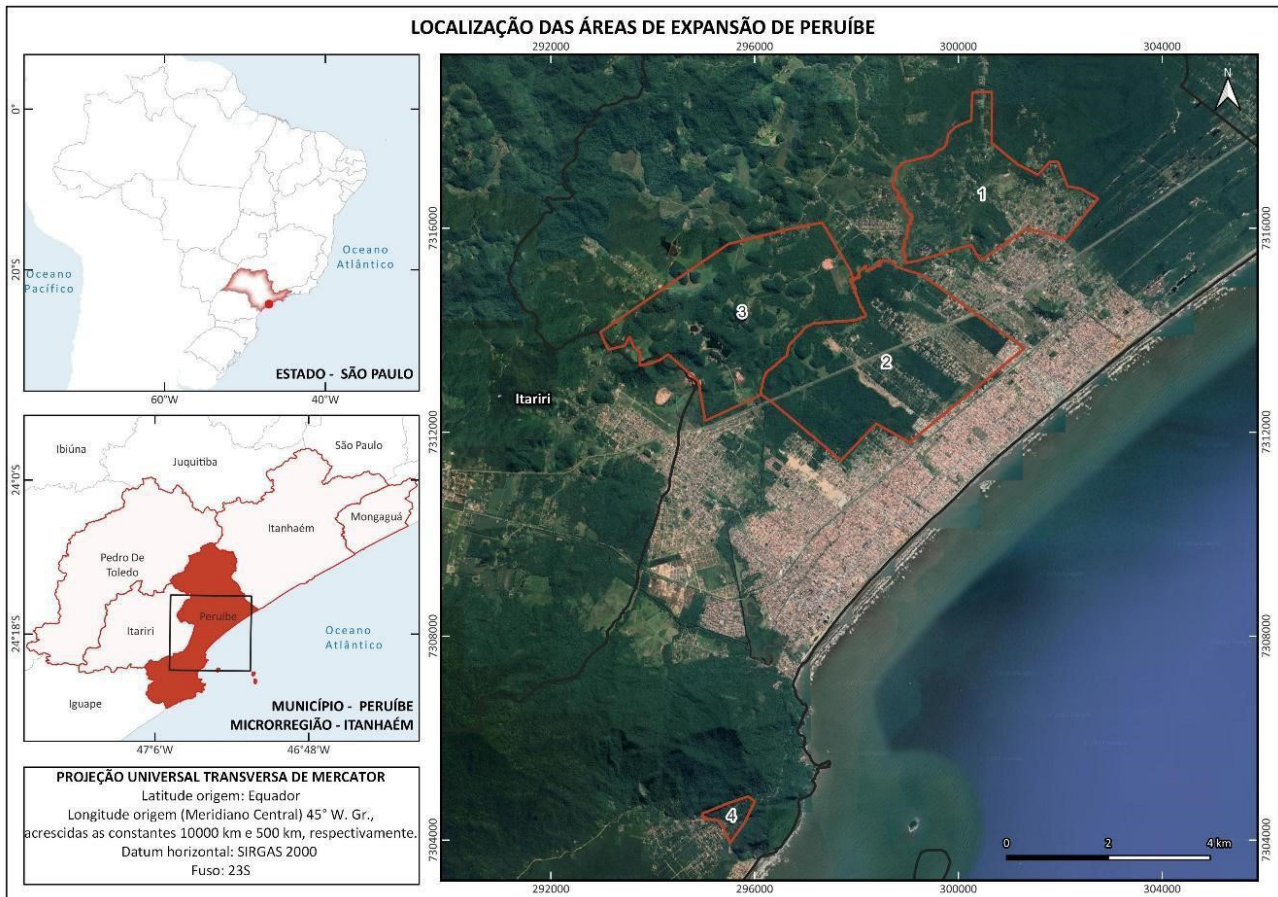


Figura 03 - Mapa de localização

• Área de Expansão Urbana 1

Área predominantemente plana e parcialmente urbanizada que faz divisa com a Terra Indígena Piaçaguera a leste. Ocorrem trechos de mata densa e fechada, principalmente em áreas alagadiças, dificultando o acesso a determinadas localidades de ocorrência dos depósitos aluvionares e flúvio-lagunares. As litologias que compõem este vetor são as do Complexo Costeiro, Depósitos Marinhos Litorâneos da Formação Cananéia (areias e argilas), Sedimentos Flúvio-Lagunares correlacionáveis aos da Formação Ilha Comprida e Depósitos Aluvionares.

As rochas do Complexo Costeiro ocorrem em pequena área, destacada pela forma de um morrote, tombado, conhecido como Morro Butrapoam. É composto por migmatitos oftálmicos, biotita gnaisses e *augen* gnaisses. Predominam suscetibilidades médias a movimentos de massa e, em menor proporção, baixas. A alta suscetibilidade está localizada em duas pequenas faces mais íngremes do morro.

Os terraços da Formação Cananéia correspondem a cerca de metade da área de expansão. Formada por depósitos sedimentares de areias litorâneas finas, esta unidade é caracterizada por terrenos mais altos, planos, localizados em áreas com cotas altimétricas entre 5 e 13 metros. Apresentam baixa suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa. Ocorrem em terraços marinhos de ampla extensão lateral e com feições preservadas

de cordões litorâneos que se orientam paralelos à linha de costa de composição predominantemente arenosa nas cristas elevadas, bem marcadas no relevo, e de depressões preenchidas por areias com matéria orgânica, areias argilosas a argilas, localmente, orgânicas, paralelas às cristas. Estas planícies entre cordões apresentam solos hidromórficos pouco profundos, naturalmente mal drenados, ou alagadiços, saturados até os horizontes mais superficiais.

Os Depósitos Aluvionares recentes ocupam área significativa do vetor, formados por areias, cascalheiras, siltes, argilas e turfas – sedimentos característicos de planície de inundação. São áreas suscetíveis a inundações. Os terrenos são úmidos, mal drenados, durante todo o ano e, comumente, há água acumulada pela proximidade aos cursos de água.

E, em menor área, ocorrem sedimentos marinhos flúvio-lagunares correlacionáveis aos sedimentos da Formação Ilha Comprida compostos por argilas plásticas e argilas orgânicas depositados em ambiente de dinâmica flúvio-lagunar, parcialmente recobertos pelos depósitos aluvionares atuais. São suscetíveis à inundação pela proximidade aos cursos d'água.

Restrito apenas a uma pequena área junto ao morrote mencionado ocorre rampa de alúvio-colúvio, depósito interdigitado de material aluvionar e coluvionar na base da encosta do morrote. Possui baixa suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa.

- **Área de Expansão Urbana 2**

Localizada a oeste do sítio de urbanização densa de Peruíbe, a Área 2 tem as mesmas características da Área 1 e também é parcialmente urbanizada. Possui terraços arenosos sustentados pela Formação Cananéia, com maior extensão que a Área 1. Adicionalmente, possui dados de sondagens SPT de até 35 metros de profundidade. O relevo é plano e, além das mesmas unidades geológicas, há também um aterro sanitário localizado na porção oeste do vetor, próximo ao Rio Preto.

A SABESP forneceu dados de quatro (04) pontos de sondagens SPT da Estação de Tratamento de Esgoto de Peruíbe. Nesses ensaios foram descritos sedimentos marinhos argilosos a arenosos e areias argilosas, que variam em consistência/compacidade de moles à compactos até cerca de 22 metros de profundidade, passando para solo de alteração de rocha e chegando a 35 metros de profundidade no impenetrável.

Já na Escola Técnica de Peruíbe (ETEC), são cinco (05) pontos de sondagens SPT e as espessuras das camadas se assemelham, de maneira geral, às sondagens da SABESP. As camadas intercaladas de argilas arenosas e areias chegam a cerca de 25 metros de profundidade com consistência/compacidade variando de mole a compacta e, a partir dos 25 metros de profundidade, muda para solo de alteração de rocha.

- **Área de Expansão Urbana 3**

Pouco ocupada, a Área 3 é formada por rochas do Complexo Costeiro, Depósitos Aluvionares, Sedimentos Flúvio-Lagunares, Depósitos em Rampas de Alúvio-Colúvio, Depósito de Colúvio/Tálus e Depósitos Tecnogênicos.

As rochas do Complexo Costeiro estão distribuídas por toda área compostas por gnaisses e migmatitos, destacando-se no relevo pelas unidades de Morrotes, Colinas e Formações Tecnogênicas (Esplanada de Desmonte de Morros e Terrenos Alterados pela Atividade de Mineração). Relevo acidentado comparado às áreas 1 e 2. A suscetibilidade a movimentos de massa varia de baixa à alta, onde as baixas e médias localizam-se nas superfícies menos inclinadas, geralmente nas colinas, as altas nas encostas mais íngremes observadas nos Morrotes, nas Cristas Isoladas e Morros Altos e, as médias, nas declividades intermediárias que ocorrem tanto nas formas de relevo mais arredondadas e suaves quanto nas formas mais dissecadas e íngremes.

Há entre os Morrotes e as Colinas, Depósitos Aluvionares formados por areias, cascalheiras, siltes, argilas e turfas, em áreas planas, interdigitados com Depósitos Continentais Elúvio-Coluvionares formados por areias e argilas em contato com a base dos Morrotes e Colinas. São áreas suscetíveis às inundações e distribuem-se nas regiões planas onde ocorrem as drenagens.

Nos limites norte e leste da área, ao longo da planície de inundação do Rio Preto, ocorrem os sedimentos de origem Flúvio-Lagunar constituídos por argilas orgânicas e areias, que podem estar aflorantes, ou capeados por sedimentos aluvionares e/ou colúvio-aluvionares. Estes sedimentos têm alta suscetibilidade à inundação e processos correlatos.

Por fim, a sudoeste da área e de forma restrita, ocorrem Depósitos de Colúvio e/ou Tálus, acumulações detriticas transportadas por gravidade e depositadas em superfícies inclinadas e nas bases das encostas íngremes com alta e média suscetibilidade a movimentos de massa.

- **Área de Expansão Urbana 4**

Ocupações ocorrem às margens da Estrada do Guaraú, acesso ao bairro e praia do Guaraú, com menor extensão dentre as quatro áreas de expansão, formada por rochas do Complexo Itatins na região serrana e na planície costeira por Depósito Aluvionares, Depósitos Litorâneos, sedimentos alúvio-coluvionares na interface das planícies de inundação com a serra e Depósitos de Tálus e Colúvio.

O Complexo Itatins compreende rochas de idade Paleoproterozóica, que ocorrem de maneira descontínua, e ocupam as partes mais elevadas da Serra do Itatins e Serra de Peruíbe, na região da Praia do Guaraú. Este Complexo é formado por charnockitos, granulitos charnockíticos, hiperstênio-granodioritos, em suas porções mais elevadas e interiores, já nos costões e nas partes mais litorâneas são observados kinzigitos, sillimanita-granada gnaisses, granada-biotita gnaisses, além de rochas metabásicas migmatizadas em forma de veios, serpentinitos e granitos de anatexia. Nesta área, as rochas do Complexo Itatins estão em relevo de Domínio Serrano, morfologia com alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa frequente e variados (quedas de blocos, deslizamentos e fluxos de massa).

Os Depósitos Aluvionares, anteriormente citados, estão na porção baixa da área, ocorrendo sobre os sedimentos marinhos dos Depósitos Litorâneos. Ambos ocorrem nas áreas planas e, por sua baixa declividade, tem alta suscetibilidade a inundações.

Os depósitos formados por tálus e colúvios ocupam cerca de metade do vetor em área, indicativo da ocorrência de processos gravitacionais de massa, provenientes das cotas altimétricas superiores, sendo uma região com alta suscetibilidade a movimentos de massa. Parte observável dos depósitos são compostos por blocos de rocha métricos a decamétricos dispersos em superfície, indicativos da ocorrência de matacões imersos em solo em profundidade e por blocos encaixados nas drenagens nas vertentes e baixadas, indicativos de processos de fluxos de massa (corridas de detritos).

Parte da área configura-se em uma bacia suscetível a processos de fluxos de massa (probabilidade da ocorrência de deslizamentos a montante convergindo para as drenagens e formando os fluxos), o que reduz a possibilidade de ocupação segura.

1.4 Materiais utilizados

Foram levantados os dados do meio físico existentes para as áreas de trabalho. Para a elaboração dos produtos finais, foram utilizados como fonte principal, os dados abaixo, readequados a escala de trabalho quando possível.

- Dados coletados em campo: solo, relevo, feições relacionadas a processos de movimento de massa (paredões, cicatrizes, etc.), inundações, enxurradas e erosões;

- Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala: 1: 750.000 (Perrota et al., 2006);
- Mapas geológicos do litoral de São Paulo, escala: 1:100.00 (Suguio & Martin, 1978; Giannini, 1987)
- Mapa pedológico do estado de São Paulo, escala: 1:500.000 (Rossi, 2017);
- Suscetibilidade a movimentos de massa e inundações provenientes da carta de suscetibilidade do município de Peruíbe - SP e refinadas em atividade de campo, escala: 1:25.000 (IPT/SGB-CPRM, 2014);
- Mapa de padrões de relevo do município de Peruíbe - SP, escala: 1:25.000 (IPT/SGB-CPRM, 2014);
- Mapa de declividade e mapa hipsométrico do município de Peruíbe - SP (IPT/SGB-CPRM, 2014);
- Ortofoto do município de Peruíbe - SP (IPT/SGB-CPRM, 2014);
- Mapas e Perfis geofísicos do litoral do estado de São Paulo (DAEE, 1979);
- Sondagens SPT – SABESP, ETEC; Caracterização de sedimentos; Sondagens DER (Governo de São Paulo, 2021; Prefeitura de Peruíbe, 2021; Giannini, 1987);
- Mapas de títulos minerários do estado de São Paulo ([ANM, 2022](#))
- Mapas de áreas de tombamento originais, georreferenciamento, adequação e respectivas envoltórias (SC/CONDEPHAAT,1985; IDESP, 2022; São Paulo, 1979; São Paulo, 1985)
- Unidades de Conservação (ICMBio - CEM-USP; [IDESP, 2022](#));
- Digital Elevation Model, Copernicus, COP-DEM, (GLO-30), 30m. <https://doi.org/10.5270/ESA-c5d3d65>.
- Modelo Digital de Terreno (MDT), 5m. ([Repositório Institucional de Geociências: Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: município de Peruíbe - SP](#)).
- Google earth V 7.3.4.8642. (2017, 2021, 2022). Peruíbe/SP, Brasil. 298651.99 m E, 7312667.20 m S. Maxar Technologies e TerraMetrics 2022. <http://www.earth.google.com> [Outubro, 2022], utilizando serviços de *Web Map Services* (WMS).
- Demais legislações pertinentes, tais como: Peruíbe (2007), Brasil (1984), São Paulo (2013), Brasil (2012).

1.5 Ensaios de Laboratório

Durante as atividades de campo foram coletadas 33 amostras de campo, das quais 13 foram analisadas no Laboratório de Mecânica dos Solos do Serviço Geológico do Brasil, localizado no município de Araraquara - SP.

A Tabela 3 mostra os tipos de ensaio que as amostras foram submetidas e as respectivas normas de procedimentos técnicos seguidos.

Através dos ensaios (Figura 4), os tipos de solo das áreas de estudo, foram classificados, seguindo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), o que auxilia na determinação da aptidão à urbanização.

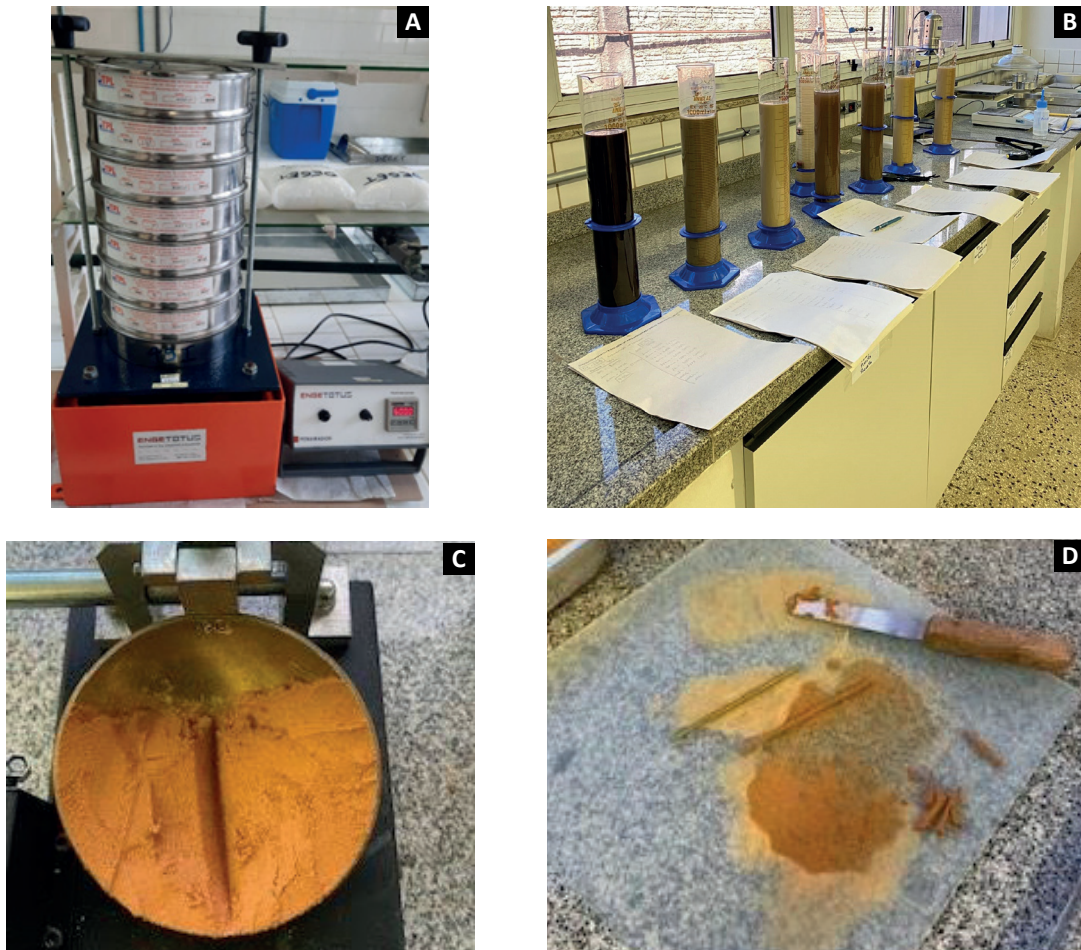


Figura 04 - Ensaios realizados: (A) Granulometria. Fonte: Ribeiro (2022), (B) Ensaio de sedimentação, (C) Limite de Liquidez e (D) Limite de Plasticidade.

Tabela 03 - Ensaios executado em laboratório

Ensaio	Norma
Umidade higroscópica	Norma 6457 (ABNT, 2016)
Densidade e massa específica dos grãos	DNER-ME 093/94 (DNER-ME, 1994)
Análise granulométrica (peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação)	Norma 7181 (ABNT, 2016)
Limites de Atterberg (limite de liquidez- LL e limite de plasticidade- LP)	LL: Norma 6459 (ABNT, 2016) LP: Norma 7180 (ABNT, 2016)

2. RESULTADOS




A interpretação de todos os dados obtidos através do levantamento preliminar, modelagens, atividades de campo e ensaios laboratoriais resultaram em dois planos de informação principais: as unidades geotécnicas e as classes de aptidão à urbanização. A primeira é a combinação do substrato litológico, padrões de relevo e coberturas inconsolidadas. A segunda é a integração entre as áreas classificadas quanto a suscetibilidade a movimentos de massa e inundações, às áreas de perigo e as unidades geotécnicas, resultando em áreas de baixa, média e alta aptidão à urbanização.

A seguir são descritas as principais características das classes de aptidão e das unidades geotécnicas, identificadas no município.

2.1 Classes de aptidão à urbanização frente a movimentos de massa, enchentes e inundações.

As principais características das classes de Aptidão à urbanização são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 04 - Classes de Aptidão e suas características

Símbolo no mapa	Classe	Características
	Alta	Áreas sem restrição à urbanização ou já consolidadas do ponto de vista geológico-geotécnico
	Média	Áreas com restrições geotécnicas, mas que podem ser ocupadas segundo determinados critérios técnicos e diretrizes (áreas consolidáveis com intervenções estruturantes)
	Baixa	Áreas com severas restrições para a ocupação e/ou áreas caracterizadas como não consolidáveis do ponto de vista geológico-geotécnico, às quais se deve dar outro tipo de uso devido ao alto custo para urbanização

2.2 Descrição das Unidades Geotécnicas

Os terrenos apresentam diferentes comportamentos e propriedades geotécnicas que refletem as interações entre os condicionantes do meio-físico, tais como as litologias e sua evolução tectônica; as coberturas inconsolidadas compreendendo todo o pacote intemperizado que capeia o substrato rochoso; a compartimentação geomorfológica regional que pode condicionar, potencializar e acelerar os problemas geotécnicos relacionados com a dinâmica das vertentes, principalmente os relacionados a eventos de movimentos de massa nas áreas de relevo mais acidentado.

As unidades geológico-geotécnicas definidas e caracterizadas neste mapeamento refletem a tendência do comportamento dos terrenos frente às solicitações decorrentes dos processos de urbanização futuros, sob o ponto de vista da geologia de engenharia.

Foram identificadas nove (09) unidades geológico-geotécnicas cuja denominação e siglas adotadas foram estabelecidas com a finalidade de possibilitar, de forma direta, a identificação de algumas características geotécnicas específicas e definidoras da unidade.

1. Unidade Geotécnica Depósitos Alúvio-Coluvionares (UG_AI-Co)

É formada por associação de depósitos interdigitados de origem aluvial e coluvionar, não individualizados, de baixada, constituídos por areias médias moderadamente selecionadas a pelitos muito pobremente selecionados (Figura 5), de idade holocênica a atual, recobrindo as porções mais distais e planas da planície costeira, junto às encostas íngremes da Serra do Mar. Ocorrem inúmeros e pequenos canais de drenagem, definindo uma malha divagante. O lençol freático pode ser sazonalmente aflorante em alguns locais, constituindo terrenos mal a moderadamente drenados. Caracterizam-se por superfícies plano-horizontalizadas de gradientes extremamente suaves convergentes em direção à linha de costa em interface com superfícies planas situadas em antigos fundos de lagunas isoladas por cordões litorâneos (Souza, 2007).



Figura 05 - Ponto 56: Amostra de sondagem a trado. Intercalação de areias argilosas e argilas arenosas sobre sedimentos lagunares. NA: 1,0m.

A probabilidade de ocorrência de movimentos de massa é baixa, localmente moderada nas áreas de relevo mais acentuado. São terrenos suscetíveis a erosões e inundações, configurando áreas alagadiças nas proximidades das planícies paleolagunares.

Essa unidade ocorre em Rampas de Alúvio-Colúvio e Baixadas Alúvio-Coluviais (Figura 6). Os solos desta unidade são materiais superficiais transportados e, em geral, apresentam baixa capacidade de carga e resistência que variam sazonalmente devido à saturação em água.

As Baixadas Alúvio-Coluviais e Rampas de Alúvio-Colúvio estão sujeitas aos processos de inundação e alagamento principalmente pelos solos mal a moderadamente drenados em áreas planas. Podem ocorrer recalques nas camadas de argilas compressíveis e, em menor frequência, erosão nas vertentes causadas principalmente pela retirada de vegetação superficial que expõe o solo que está frequentemente sujeito à erosão laminar causada pelas águas pluviais nas áreas mais íngremes.

Com o objetivo de melhor ocupação e aproveitamento da área, recomenda-se estudos e investigações para detalhamento das características do terreno. Realizar investigações preliminares baseadas em ensaios de SPT (ABNT NBR 6484/2001). Complementá-los de acordo com as condições geotécnicas e estruturais do projeto feito por engenheiro civil que irá dimensionar o projeto conforme as características e os problemas locais. E, por fim, realizar estudos para caracterização dos eventos hidrológicos e implantar sistema de monitoramento dos eventos citados.



Figura 06 - Ponto 6: Panorama do relevo de baixada Alúvio-Coluvionar.

2. Unidade Geotécnica Colúvio/Residual com substrato de gnaisses e migmatitos (UG_Co-SR/MR-g.m)

Nesta unidade há horizontes de material coluvionar (transportado) sobre solo residual de substrato de gnaisses e migmatitos. As rochas principais são migmatitos, biotita gnaisses, kinzigitos e enderbitos. A espessura dos solos desta unidade varia de rasos, pouco profundos a profundos, dependente da proximidade do lençol freático e da declividade, determinantes do alcance dos processos pedogenéticos e intempéricos.

Os horizontes superficiais (eluvionares) de solos residuais bem desenvolvidos, por pedogênese, profundos são homogêneos (Figura 7) (cor, granulometria e mineralogia) de comportamento geral isotrópico, bem drenados, geralmente desenvolvidos em unidades de relevo de menor amplitude e baixa a média declividade (colinas, por exemplo). O solo se torna menos homogêneo e isotrópico conforme o aumento da profundidade, dependendo do manto de alteração intempérica, seguindo um perfil de alteração intempérico de solos tropicais. Começam a apresentar estruturas e feições da rocha (solos de alteração), tornando-os heterogêneos e de comportamento anisotrópico em profundidade. Apresentam baixa a média suscetibilidade a movimentos de massa e pouco suscetíveis às erosões.

Em ensaio de laboratório, a amostra de solo profundo é caracteristicamente argilo-arenoso (Figura 8) e resultou em limite de plasticidade de 35%, limite de liquidez 53% e índice de plasticidade 18%, o que o caracteriza como solo altamente plástico.

Os solos rasos, associados às unidades de relevo de domínio serrano, são altamente suscetíveis à erosão e a movimentos de massa por discontinuidades geotécnicas interiores aos solos e nos contatos solo/rocha. Nas unidades geomorfológicas de maior amplitude e declividade os terrenos englobados nesta unidade geotécnica apresentam alta suscetibilidade a movimentos de massa variados (queda de blocos, deslizamentos translacionais e/ou fluxos de massa, p.ex.). Afloramentos de rocha (paredões) estão presentes, assim como, matacões e blocos de rocha, além da geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes. Estes depósitos individualizados e associados a esta unidade geotécnica são representados em unidades distintas (coluviões e tálus).

Os solos pouco profundos apresentam características semelhantes aos solos rasos, no entanto, seu relevo é sustentado por morrotes e morros altos. Apresentam solos eluviais rasos, bem drenados e baixa capacidade de

carga. Quando compactados, sua capacidade de carga aumenta. No horizonte dos solos de alteração possuem maior capacidade de carga que os solos eluviais por estar em processo de intemperismo de baixa intensidade, indiretamente expostos. São suscetíveis às erosões.

Podem ocorrer movimentos de massa em encosta e no depósito de tálus; queda de blocos de rocha; deslocamento de lascas de rocha (atingimento); presença de matacões e blocos de rocha; rupturas de talude; recalques diferenciais e erosão.



Figura 07 - Ponto de campo no. 5 – Talude de corte mostrando horizonte superficial do solo residual de gnaisses e/ou migmatitos.



Figura 08 - Ponto de campo no. 17: Amostra de argila arenosa, com fragmentos de rocha cor laranja. NA: seco.

3. Unidade Geotécnica Colúvio/Residual com substrato de granulitos (UG_Co-SR/Gra)

Unidade compreendida por depósitos coluvionares depositados sobre solo residual pouco profundo a raso que favorece e resulta na alta suscetibilidade a movimentos de massa e à erosão devido a descontinuidades geotécnicas internas do solo e nos contatos solo/rocha (Zornoff et al., 2011). Afloramentos de rocha (paredões) estão presentes, assim como, matacões e blocos de rocha.

Esta unidade é representada pelo domínio serrano sustentado por rochas como biotita-gnaisses, kinzigitos, enderbitos e granulitos, com cotas altas e grande amplitude, íngreme, onde podem ocorrer: quedas, rolamento e/ou tombamento de blocos, deslizamentos rasos e/ou fluxos de massa em eventos de pluviosidade intensa após acumulado. Pela sua forma, declividade, espessura de solo e fatores ligados ao processo de formação da rocha e do relevo, esta região é geradora de depósitos de tálus e colúvios.

Existe histórico recente de movimentos de massa (Figura 9) dentro da área de abrangência desta unidade geotécnica, como o deslizamento planar, raso, com a formação da superfície de ruptura no contato solo/rocha (Figura 10), mobilizando junto blocos métricos a decamétricos ocorrido no ano de 2019 e fechando temporariamente o único acesso e isolando os moradores do bairro do Guaraú. Outra informação relevante é o mapeamento de dois (02) setores de risco de grau R3-Alto na área de abrangência da unidade geotécnica.

Este cenário geológico-geotécnico foi considerado na espacialização das classes de aptidão para a área de expansão urbana 4, onde esta unidade geotécnica ocorre.



Figura 09 - Ponto 1: Cicatriz de deslizamento planar no vetor 4 na estrada de acesso à Praia do Guaraú, em fase de recuperação por obras de contenção.



Figura 10 - Ponto 1: Cicatriz de deslizamento planar no vetor 4 na estrada de acesso à Praia do Guaraú. (Data do evento: 18/05/2019). Fonte: IPT (2019).

4. Unidade Geotécnica Cordões Marinheiros Arenosos (UG_Ca-MA)

Os cordões litorâneos são formados por uma sucessão de regiões altas (cristas, ou cordões) predominantemente arenosas e de depressões (cavas, ou planícies entre cordões) de composição arenosa com matéria orgânica e, de forma mais restrita, de argilas orgânicas.

As regiões francamente arenosas das cristas dos cordões litorâneos têm feições rígidas aflorantes, cimentadas (Figura 11) e resistentes à erosão, que dentro do perfil dos solos, neste caso de Espodossolos, se denomina horizonte *orstein*. Os Espodossolos são bem drenados, no entanto, a presença destes horizontes rígidos condiciona a infiltração pluvial tornando-os menos permeáveis relativamente, podendo ocorrer em subsuperfície em profundidade variável (Coelho et al., 2010). Estes horizontes, que podem chegar até a 2m de espessura, conferem maior estabilidade geomorfológica e baixa fragilidade ambiental (Fierz & Ross, 2018) a esta porção desta unidade geotécnica.

As depressões são áreas planas e horizontalizadas (Figura 12) colocadas entre cordões litorâneos arenosos compostos por sedimentos arenosos com matéria orgânica (Figura 13) e argila subordinada formando solos arenosos hidromórficos a solos orgânicos (quando com maior quantidade de finos e matéria orgânica) por terem lençol freático aflorante a sub-aflorante.

Sua forma é ondulada, marcada por cristas arenosas alternadas com planícies alagadas, ou muito úmidas, caracterizadas pelas porções escuras interpretadas em imagens de satélite. Sua colocação altimétrica mais baixa permite o acúmulo de água pluvial e/ou a instalação de drenagens intermitentes gerando áreas brejosas e com deposição de matéria orgânica proveniente da colonização destas áreas por vegetação. Atualmente, estas áreas apresentam drenagens intermitentes, ou retificadas artificialmente e transformadas em valas de drenagem. São áreas com lençol freático aflorante, sujeitas a processos de inundação (se houverem drenagens) e a alagamentos pela baixa permeabilidade natural destes terrenos, sendo inadequados à ocupação urbana.

De forma mais restrita, algumas destas áreas podem apresentar sedimentos mais finos (areias argilosas a argilas orgânicas), resultado da formação e fechamento de lagunas, ou drenagens intermitentes, compreendendo solos moles orgânicos, compressíveis e de baixa capacidade de carga, impróprios à ocupação e sujeitos a recalques diferenciais.



Figura 11 - Ponto de campo no. 13 - Afloramento de espodossolo, horizonte *orstein*, parte da crista dos cordões arenosos.

Os solos hidromórficos são pouco profundos, naturalmente mal drenados ou alagadiços, saturados até os horizontes mais superficiais fazendo com que apresentem baixa permeabilidade e baixa coesão, necessitando de intervenções estruturais para sua ocupação, como o rebaixamento do nível freático. Atenção deve ser dada a possibilidade de ocorrerem depósitos argilosos orgânicos de consistência mole e baixa capacidade de carga (solos moles) com alto potencial de gerarem recalques. São terrenos suscetíveis a alagamentos por pluviosidade e, se cursos d'água estiverem associados, a inundações.



Figura 12 - Ponto de campo no. 51: Relevo aplainado em área de cordões arenosos.



Figura 13 - Ponto de campo no. 50: Amostra de trado com areia marinha fina a média com argila e matéria orgânica, marrom escura. NA: 0,90m.

5. Unidade Geotécnica Depósitos Aluvionares (UG_Al-ar.ag)

Os depósitos aluvionares ocorrem ao longo dos cursos d'água e são altamente heterogêneos constituídos de sedimentos depositados nas planícies de inundação (Figura 14) formados por areias finas moderadamente selecionadas a pelitos pobremente selecionados até areias grossas a cascalhos muito pobremente selecionados (Figura 15) nos canais de drenagem.

Os sedimentos arenosos têm a matéria orgânica removida pela percolação da água, enquanto os mais argilosos incorporam a matéria orgânica proveniente da vegetação próxima e pela remobilização de sedimentos de origem flúvio-lagunar originando as argilas e siltes orgânicos. São formados solos jovens e pouco profundos (do ponto de vista pedológico). Na planície costeira colocam-se sobre ou estão interdigitados lateralmente com os sedimentos coluvionares, nas proximidades dos morros, e os sedimentos de origem flúvio-lagunar.



Figura 14 - Ponto de campo no. 27: Planície de inundação.

Os solos aluvionares, a depender de sua evolução e proximidade do lençol freático, apresentam moderada a baixa capacidade de suporte (solos moles). Em geral são saturados, com baixa resistência ao SPT, podem ser compressíveis e gerar recalques de estruturas e fundações. Por estarem próximos a rios e por terem baixa cota altimétrica, são solos frequentemente inundados e mal drenados e apresentam lençol freático raso, geralmente com menos de 1,0 metro.

Processos fluviais atuam com maior intensidade promovendo processos erosivos, por exemplo. Ademais, estes solos estão sob regime de pluviosidade anual de 3.000 mm. Os solos aluvionares argilosos são ricos em matéria orgânica, homogêneos, de cores variando de preto a cinza.

São depósitos sedimentares cuja construção se deu mediante os processos hídricos das inundações e, portanto, são áreas sujeitas a estes mesmos processos, além de alagamentos, enchentes e solapamentos de margem.



Figura 15 - Ponto campo no. 43: Amostra de trado com areia fina intercalada com argilas siltosas e/ou arenosas com detritos vegetais, com cores cinza e marrom. NA: 1,0m.

6. Unidade Geotécnica Depósitos Flúvio-Marinheiros Argilosos Orgânicos (UG_M/FM.ag.o)

Áreas planas, baixas, próximas aos cursos d'água atuais (Figura 16) compostas por sedimentos argilo-siltosos e argilosos orgânicos (Figura 17), pobremente selecionados, depositados em ambiente de dinâmica flúvio-lagunar, parcialmente recobertos por depósitos aluvionares atuais. As camadas sedimentares foram interdigitadas culminando na colmatação da paleolaguna pelo último episódio de regressão marinha durante o Holoceno.

Os sedimentos de margem de laguna constituem-se de areias finas acinzentadas enquanto que os de fundo lagunar são argilosos variam de cinza a preto com muita matéria orgânica, chegando a formar depósitos turfosos, de consistência mole, irrecuperáveis nas tradagens. Estas áreas baixas são entrecortadas por canais fluviais atuais e estão associadas a depósitos aluvionares atuais e a áreas alagadiças (Souza, 2007), denominados Depósitos Flúvio-Lagunares.



Figura 16 - Ponto 33: Planície Flúvio-Lagunar.

Esta unidade tem baixa capacidade de suporte (solos moles), podendo sofrer recalques quando submetidos a cargas, atingindo estruturas e fundações. Apresentam lençol freático aflorante a sub-aflorante, formando os solos orgânicos ou hidromórficos típicos de regiões alagadiças, muito mal drenados, de alta suscetibilidade às inundações e alagamentos, pouco profundos.

A deposição interdigitada de camadas de areia e argila orgânica de origens e tempos distintos formam um pacote com camadas de diferentes adensamentos e propriedades geomecânicas (Vaz, 1996).

As argilas são em geral sobre-adensadas com SPT entre 0 e 2 golpes, muitas vezes homogêneas e uniformes, com a entremeação de camadas de areia contínua e espessuras constantes. Estas argilas são mais arenosas quando imediatamente abaixo de camadas de areias superficiais, quando existentes (Massad, 1999).

As argilas orgânicas estão sujeitas ao efeito de adensamento primário e secundário por carga em superfície e que se refletem em recalques diferenciais, que podem ser observados em estruturas.



Figura 17 - Ponto de campo no. 33: Amostra de sondagem a trado de areia fina argilosa, cinza e amarelo variegado. NA: 1,10m.

7. Unidade Geotécnica Tálus com Colúvios subordinados e substrato de Gnaisses e Migmatitos (UG_T-Co/MR-g.m) e 8. Unidade Geotécnica Tálus com Colúvios subordinados e substrato de Granulitos (UG_T-Co/Gra)

A Unidade Geotécnica 7 ocorre em pequena área do vetor 3 e não houve possibilidade de acesso na terça parte deste vetor, pois não houve autorização do proprietário para reconhecimento do local, bem como para

a realização de tradagens, fotos e coletas de amostras, mesmo com reiterados pedidos desta instituição e por parte da Prefeitura de Peruíbe (SP).

Por se tratarem de unidades semelhantes do ponto de vista geológico-geotécnico, a unidade 7 será mencionada nesta descrição junto com a 8 pois, os dois depósitos de tálus de forma geral apresentam características semelhantes, especialmente de gênese e de comportamento geomecânico esperado, mas deve-se destacar que no vetor 4 a magnitude do processo é muito maior devido à maior amplitude e declividade do relevo associado, o que resulta inclusive, na existência de bacia de fluxo de massa e que outra diferença significativa é que o substrato rochoso que formam as unidades são distintos.

As Rampas de Colúvio/Depósito de Tálus são os padrões de relevo que definem geograficamente estas unidades. Os tálus são depositados por ação da gravidade e são constituídos por materiais heterogêneos: fragmentos de migmatitos e gnaisses ou granulitos, com diferentes graus de alteração de seus componentes, geralmente com blocos de rocha de tamanhos variados e angulosos imersos em matriz areno-silto-argilosa (solo coluvionar), ou ainda, apenas de blocos de rocha, localizados em sopés de encostas íngremes ou relacionados à dinâmica de deposição de fluxos de massa.

Considerando este cenário geológico-geotécnico, as áreas abrangidas por estas unidades são propensas à novas ocorrências de quedas de blocos, deslizamentos e fluxos de massa.

Estes depósitos podem estar saturados e submetidos a lentos deslocamentos, que podem ser acelerados (por um corte no pé do corpo de tálus, por exemplo). Em superfície ocorrem em áreas próximas a encostas íngremes (Figuras 18 a 20) decorrentes de processos gravitacionais de movimentos de massa.

São observados blocos de rocha métricos a decamétricos irregularmente distribuídos com solo, podendo estar imersos neste. A heterogeneidade dos depósitos é sua principal característica, tanto de composição (matacões, blocos, detritos e solos) quanto de alteração pelos processos intempéricos, levando a um comportamento anisotrópico. São depósitos incoerentes, instáveis e com capacidade de carga variável, em geral baixa, e mascarada pelos blocos presentes.

Os canais com blocos de rochas, detritos e os depósitos espalhados em forma de leque nas áreas mais planas e próximas às encostas e interdigitados com aluviões evidenciam a ocorrência dos processos de enxurrada e fluxo de massa em pulsos episódicos que obedecem a sazonalidade dos períodos de precipitação mais intensa.

Os colúvios são transportados pela ação da gravidade e pela erosão, sendo depositados nas encostas e/ou sopés, ou originários do recuo de encostas (Figura 21). São mais porosos que os solos residuais situados abaixo em perfil vertical, condicionando descontinuidades hidráulicas sendo, portanto, suscetíveis a movimentos de massa. São sedimentos síltico-argilosos mal selecionados associados às vertentes das elevações e também apresentam fragmentos de migmatitos e gnaisses ou granulitos. Sua localização em encostas íngremes e, portanto, de solo pouco espesso, condicionam movimentos sazonais por rastejo e a deflagração de deslizamentos em períodos de precipitação intensa. Isolados têm comportamento isotrópico (quando não tem superposição de pedogênese ou de outras feições), bem drenado, colapsáveis se saturados ou se sofrerem carregamento. Outra característica importante é a baixa resistência ao ensaio SPT (Vaz, 1996).

Quanto aos processos aos quais a área está sujeita, podemos citar: quedas de blocos de rocha (atingimento), deslocamentos de lascas de rocha (atingimento), rastejos (no depósito de tálus), movimentos de massa (no depósito de tálus), fluxos de massa (nas drenagens), enxurradas (na área de expansão 4) e a presença de matacões e blocos de rocha condicionando o comportamento geomecânico do maciço.



Figura 18 - Ponto de campo no. 8: Margem da Estrada do Guaraú. Depósito de tálus com blocos métricos encaixados na drenagem da encosta.



Figura 19 - Ponto de campo no. 8: Margem da Estrada do Guaraú. Depósito de tálus (indicado) com blocos métricos encaixados na drenagem da encosta.



Figura 20 - Ponto de campo no. 1: Margem da estrada de acesso a Praia do Guará. Bloco de rocha (indicado) de cerca de 3 metros depositado no local.



Figura 21 - Ponto de campo no. 2: talude de corte evidenciando depósito de tálus com colúvio subordinado em processo de pedogênese sobre rocha alterada mole (RAM).

9. Unidade Geotécnica Terraços Arenosos Marinhos (UG_Ta-MA)

O Terraço Marinho é o padrão de relevo (Figura 22) que dá nome a unidade geotécnica. São predominantemente planos, horizontalizados, sustentados por areias finas quartzosas litorâneas (Figura 23), localizados em áreas que compreendem cotas altimétricas entre 5 e 13m (Formação Cananéia, da geologia), ocorrendo em terraços marinhos de ampla extensão lateral e, localmente, com feições preservadas de cordões litorâneos.

A granulometria predominante de areia quartzosa (areia fina) aliada a pequenas porcentagens de argilas advindas da evolução do perfil define a permeabilidade de moderada a alta correspondente a solos bem drenados, de boa condutividade hidráulica, com lençol freático profundo, tornando baixas as possibilidades de inundações prolongadas e de alagamentos provocados por chuvas.

Os solos são bem desenvolvidos, profundos, homogêneos em cor, granulometria e textura, com comportamento geotécnico isotrópico e composição de argilo-minerais e minerais inertes, como o quartzo.



Figura 22 - Ponto d campo no. 26: panorama dos terraços marinhos.

Têm alta capacidade de carga, escavabilidade variável (favorável nos horizontes de areias quartzosas e desfavorável nos horizontes mais endurecidos), baixa suscetibilidade à erosão, que aumenta conforme a declividade e possibilidades remotas de inundações (Vaz, 1996; Gré, 2013).

São terrenos adequados à ocupação urbana (alta aptidão) desde que consideradas as restrições à ocupação de ordem legal e demais que porventura possam existir. A distribuição da classe de aptidão dentro desta unidade geotécnica respeitou outros fatores, quando geograficamente ocorrentes, como a proximidade de sopés de morros com vertentes suscetíveis a movimentos de massa, proximidade dos cursos d'água e de unidades geotécnicas suscetíveis a inundações, ou a outros problemas geotécnicos potenciais.



Figura 23 - Ponto 60 - Perfil de corte de estrada de afloramento de Terraços Marinhos.

Após a finalização da definição das unidades geotécnicas, avaliou-se a aptidão das quatro áreas de expansão quanto à urbanização considerando a suscetibilidade a movimentos de massa, o perigo a movimentos de massa (quedas de blocos, deslizamentos planares e fluxos de massa) e características dos solos quanto à capacidade de carga. O resultado gerou os mapas de Aptidão à Urbanização (Anexos 1 a 5) com classes alta, média e baixa.

3. REFERÊNCIAS

- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro. 2016.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro. 1997.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT- Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro. 2016.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro. 2016.

- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo- Análise granulométrica. Rio de Janeiro. 2016.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo- Sondagens de simples reconhecimento com SPT- Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar in Ver. Bras. Geociências, 28(2):135-150. 1998.
- ANM, Agência Nacional de Mineração. Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE). <http://geo.anm.gov.br/>. Acesso em: 10/2022.
- ANTONELLI, T. et al. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: volume 2, versão 1: cartas geotécnicas de aptidão para urbanização. Serviço Geológico do Brasil, Brasília, 23p. 2021.
- CEM, Centro de estudos da Metrópole da Universidade de São Paulo (USP). Base cartográfica digital georreferenciadas das Unidades de Conservação do Brasil. 2022. <https://centrodametropole.fflch.usp.br/>. Acesso: 10/2022.
- COELHO, M.R. et al. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do Estado de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 34:833-846. 2010. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xRYBDvMnbkFHSGw3qnPHHK/?lang=pt&format=pdf>. Acesso: 10/2022.
- DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Estudo de águas subterrâneas: Região administrativa 2: Santos. 3v. graf., mapas. 1979.
- DANTAS, M.E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. *Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, 2000. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17229>
- DANTAS, M.E. (Org.). Biblioteca de padrões de relevo: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. [Rio de Janeiro]: CPRM, 2016. il.
- DANTAS, M.E. et. al. O emprego da geomorfologia para avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa e inundação - Mimoso do Sul- ES. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2019.
- DNER-ME. 093: Solos- determinação da densidade real. [S.l.]. 1994.
- FIERZ, M.S.M; ROSS, J.L.S. A Serra do Mar e a Planície Costeira em São Paulo: morfogênese, morfodinâmica e as suas fragilidades. Bol. Paulista de Geografia, v.100, p.17-38. 2018.
- GIANNINI, P.C.F. Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP). Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 2 volumes. 1987.
- GRÉ, J.C.R. Estudo geotécnico para a avaliação da aptidão física de terrenos de planície costeira à urbanização: trecho Itapiruba- Laguna, SC. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.
- ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Limites das Unidades de Conservação Federais (Shapfile), escala 1:250.000. <https://www.gov.br/icmbio/>. Acesso em 10/2022.
- IDE-SP, Infraestrutura de Dados Geoespaciais do Estado de São Paulo. <http://idesp.sp.gov.br/>. Acesso em: 10/2022.
- IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Impacto Ambiental. 2019. Disponível em: https://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1525. Acesso em 10/2022.
- IPT-SGB/CPRM, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Serviço Geológico do Brasil. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: município de Peruíbe – SP. 2015. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15205>. Acesso em 10/2022.
- MASSAD, F. Baixada Santista: implicações da história geológica no projeto de fundações. *Solos e Rochas*, São Paulo, 22(1):3-49. 1999.
- PERUÍBE. Lei complementar no. 100 de 29 de março de 2007. Institui o Plano Diretor de Peruíbe (SP). <http://leismunicipais/ilpvw>. Acesso em 10/2022.
- PERROTTA, M.M. et al. Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo: Sistema de Informações Geográficas- SIG. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. Programa Geologia do Brasil. Recuperado em 2022-11-03, de <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2966>.
- PINTO, C. de S. Curso básico de Mecânica dos Solos- 3ª edição. Oficina de Textos. 2006.
- ROSSI, M. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. Secretaria de Meio Ambiente, Instituto Florestal, São Paulo. 2017. <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2017/09/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>. Acesso em 10/2022.

- SILVA, M.P. Modelagem termodinâmica de fusão parcial e metamorfismo em condições de fácies granulito: exemplo do complexo Itatins, SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/T.44.2018.tde-26042018-093309. Recuperado em 2022-11-03, de www.teses.usp.br.
- SC, Secretaria de Cultura do Estado de São Paulo; Condephaat, Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo. Bens tombados: Serra do Mar e Paranapiacaba. <http://condephaat.sp.gov.br/benstombados/serra-do-mar-e-de-paranapiacaba-3/>. Acesso em 10/2022.
- SÃO PAULO. Decreto no. 13.426 de 16 de março de 1979. Criação da Secretaria de Cultura do Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Exec. Suplemento, p.38, 1979.
- BRASIL. Decreto no. 90.347 de 23 de outubro de 1984. Áreas de proteção ambiental. Diário Oficial da União- Seção 1-24/10/1984, Página 15539.
- SÃO PAULO. Decreto no. 58.996 de 25 de março de 2013. Institui o Zoneamento Ecológico-econômico da Baixada Santista. Diário oficial do Estado de São Paulo, v.123, no.56, de 26 de março de 2013, p.1. 2013.
- SÃO PAULO, Secretaria de Cultura do Estado de São Paulo. Resolução 40 de 06 de junho de 1985. Dispõe sobre o tombamento da Serra do Mar e Paranapiacaba. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Sec. I, São Paulo, 95 (110) de 15 de junho de 1985.
- SOUZA, C.R. de G. Ambientes Sedimentares de Planície Costeira e Baixa-Média Encosta em Bertioga (SP). XI Congresso da ABEQUA – Associação Bras. de Estudos do Quaternário. Belém (PA). 2007.
- SUGUIO, K., MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral Paulista e Sul Fluminense. *Intern. Symp. on Coastal Evol. in the Quaternary*, São Paulo, Spec. Publ. (1): 55, 8 mapas. 1978.
- VARGAS, M. A Baixada Santista: suas bases físicas. *Revista USP*, São Paulo, n.41, p.18-27. 1999.
- VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. *Solos e Rochas*, São Paulo, 19, (2): 117-136. 1996
- ZORNOFF, D.R.; ROSSI, M.; KANASHIRO, M.M. Estudo do meio físico como subsídio para a criação de Unidade de Conservação (UC) em Peruíbe-Itanhaém. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

ANEXO I

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO –
FOLHA GERAL (ESCALA 1:30.000).

ANEXO II

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO –
FOLHA 1 (ESCALA 1:10.000).

ANEXO III

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO –
FOLHA 2 (ESCALA 1:10.000).

ANEXO IV

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO –
FOLHA 3 (ESCALA 1:10.000).

ANEXO V

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO –
FOLHA 4 (ESCALA 1:10.000).

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

Sede Brasília
Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro – ERJ
Av. Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – CEP: 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Hidrologia e Gestão
Territorial
Tel.: (21) 2295-8248
(21) 2546-0214

Departamento de Gestão
Territorial
Tel.: (21) 2295-6147
(21) 2546-0419

Divisão de Geologia Aplicada
Tel.: (31) 3878-0304

Divisão de Gestão Territorial
Tel.: (71) 3878-0304

Ouvidoria
Tel.: 21 2295-4697
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento
ao Usuário – SEUS
Tel.: 21 2295-5997
seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

2022



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA