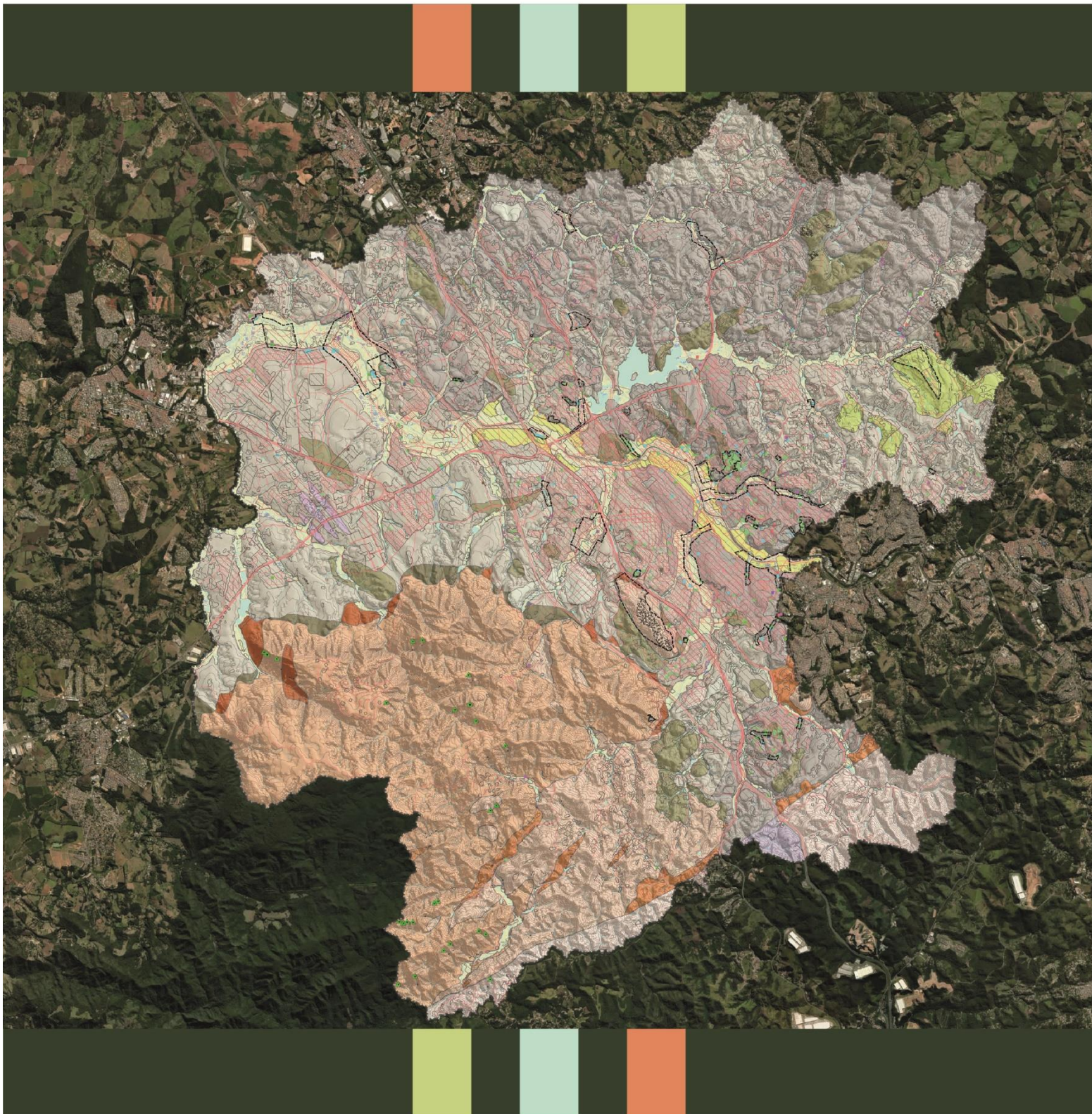


Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Jundiaí/SP

Guia de Utilização



2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Carta geotécnica de aptidão à urbanização do município de Jundiaí, SP [livro eletrônico] : guia de utilização / coordenação Omar Yazbek Bitar, Robson José Apezato, João Osório Gimenez Germano. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : Prefeitura Municipal de Jundiaí, 2025. -- (IPT Publicação ; 3074)

ISBN 978-65-5702-046-3

1. Geologia aplicada 2. Geotécnica 3. Jundiaí (SP) - Descrição 4. Planejamento territorial urbano 5. Urbanização - Brasil I. Bitar, Omar Yazbek. II. Apezato, Robson José. III. Germano, João Osório Gimenez. IV. Série.

25-300469.1

CDD-624.15136

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia geotécnica 624.15136

Henrique Ribeiro Soares - Bibliotecário - CRB-8/9314

AGRADECIMENTOS

Aos profissionais que, direta ou indiretamente, contribuíram no desenvolvimento da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Jundiaí/SP, no período de agosto/2024 a agosto/2025. Em especial, aos técnicos das unidades da administração municipal que participaram no acompanhamento das atividades realizadas pela equipe do IPT, pelas contribuições e informações disponibilizadas, salientando-se o fundamental apoio logístico proporcionado pela Defesa Civil municipal aos trabalhos de campo.

Capa: arte digital desenvolvida por Augusto Max Colin - IPT, ilustrando o zoneamento geotécnico contido na Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Jundiaí/SP.

Governo do Estado de São Paulo

Tarcísio de Freitas
Governador

**Secretaria de Ciência, Tecnologia e
Inovação - SCTI/SP**

Vahan Agopyan
Secretário

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT**

Anderson Ribeiro Correia
Diretor Presidente

Adriano Marim de Oliveira
Diretor de Operações

Fabiano Albuquerque de Moraes
Diretor de Desenvolvimento de Pessoas e
Administração

Levi Pompermayer Machado
Diretor de Ambientes Inovadores e Inteligência de
Mercado

Natália Neto Pereira Cerize
Diretora de Finanças e Planejamento

**Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente -
CIMA**

Fabício Araújo Mirandola
Diretor Técnico

Prefeitura Municipal de Jundiaí

Gustavo Martinelli
Prefeito

**Unidade de Gestão de Infraestrutura e
Serviços Públicos - UGISP**

Marcos Galdino
Gestor

**Unidade de Gestão da Casa Civil / Defesa
Civil - UGCC**

Fabio Nadal Pedro
Gestor

João Osório Gimenez Germano
Coordenador – Defesa Civil

**Fundação Municipal de Ação Social -
FUMAS**

Jeferson Aparecido Coimbra
Superintendente

**Unidade de Gestão de Planejamento
Urbano e Meio Ambiente - UGPUMA**

André Ferrazzo
Gestor

DAE S.A. – Água e Esgoto

Luiz Roberto Del Gelmo
Diretor Presidente

**Companhia de Informática de Jundiaí -
CIJUN**

Michel Macahiba Domingues
Diretor Presidente

EQUIPE TÉCNICA

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT**

**Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente-
CIMA**

Coordenação:

Omar Yazbek Bitar

Elaboração:

Airton Marambaia Santa
Alessandra Cristina Corsi
Ana Maria de Azevedo Dantas Marins
Carlos Geraldo Luz de Freitas
Cláudio Luiz Ridente Gomes
Fausto Luis Stefani
Fernando Fernandez
Filipe Antonio Marques Falcetta
Luiz Gustavo Faccini
Nivaldo Paulon
Omar Yazbek Bitar
Priscila Taminato Hirata
Zeno Hellmeister Jr.

Colaboração:

Carlos Tadeu de Carvalho Gamba
Edna Baptista dos Santos Gubitoso
Gerson Salviano Almeida Filho
José Luiz Albuquerque Filho
Juliana Thais Oliveira de Carvalho
José Henrique do Carmo Martins de Sousa
Milena Vitória Lima
Pedro Mastini Galve
Priscila Ikematsu
Raquel Almeida da Silva

Prefeitura Municipal de Jundiaí - PMJ

Grupo de Acompanhamento Técnico

Coordenação:

Robson José Apezato
João Osório Gimenez Germano

Composição:

**Unidade de Gestão de Infraestrutura e
Serviços Públicos - UGISP**

Robson José Apezato
Vívian Vieira de Campos

**Unidade de Gestão da Casa Civil / Defesa
Civil - UGCC**

Ademir Polli
Alfredo José de Camargo Alegre
Cleber Rogério Cezarino
Emerson Luis Gonçalves
Everton Carlos Pereira
Flavio Alves Marculino
João Osório Gimenez Germano
Maria Elisabete Dantas
Michel Chagas Cardoso de Melo
Paula Daniela Cavicchio
Paulo Davi Alves Siqueira
Rafael da Silva Lourenço
Roberta Proença de Gouvêa
Robson Teixeira Neves

**Fundação Municipal de Ação Social -
FUMAS**

Bárbara Castro Lepore Prestes
Rafael Negrin Moreira

**Unidade de Gestão de Planejamento
Urbano e Meio Ambiente - UGPUMA**

Alexandre Torricelli do Amaral
Claudinei José Mello Trinca
Guilherme Theodoro Nascimento Pereira de
Lima

DAE S.A. - Água e Esgoto

Maria das Graças Martini
Nádia Zacharczuk

**Companhia de Informática de Jundiaí-
CIJUN**

Maíra Tafarello
Thiago Della Serra Amaral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. ÁREA CARTOGRAFADA E ESCALA	2
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	3
5. PRODUTOS GERADOS	6
6. MAPAS TEMÁTICOS INTERMEDIÁRIOS	8
6.1 HIPSOMETRIA	9
6.2 DECLIVIDADE	10
6.3 RELEVO	11
6.4 GEOLOGIA	12
6.5 SOLOS	13
6.6 AQUÍFEROS E VULNERABILIDADE A CONTAMINAÇÃO	14
6.7 SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÕES	15
6.8 SUSCETIBILIDADE A EROSÃO PLUVIAL	16
6.9 SUSCETIBILIDADE A ESCOAMENTO SUPERFICIAL	17
6.10 POTENCIALIDADE A EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS	18
6.11 TENDÊNCIA PLUVIOMÉTRICA	19
6.12 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	20
6.13 AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	22
6.14 ÁREAS PROTEGIDAS E RESTRIÇÕES À OCUPAÇÃO	23
7. ZONEAMENTO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	24
8. ESTUDOS, INVESTIGAÇÕES E ENSAIOS GEOTÉCNICOS APLICÁVEIS	27
9. CARTA SÍNTESE DE APTIDÃO GEOTÉCNICA	29
10. APLICAÇÕES DA CGAU-MJ	31
11. LIMITAÇÕES AO USO DA CGAU-MJ	35
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
BIBLIOGRAFIA	37
APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	43
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO LOCACIONAL PRÉVIA	89
APÊNDICE C – GLOSSÁRIO	94

1. INTRODUÇÃO

Este Guia de Utilização é parte integrante da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Jundiaí/SP (CGAU-MJ). A elaboração da CGAU-MJ resulta de parceria entre a Prefeitura Municipal de Jundiaí (PMJ) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), firmada em 12/08/2024, por meio do Contrato Nº 096/2024, tendo como referência os marcos legais vigentes em nível nacional e internacional acerca do tema.

A cartografia geotécnica se constitui hoje como instrumento de base ao planejamento territorial e à gestão de riscos, sendo obrigatória no País aos municípios que contém áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos e hidrológicos correlatos, conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei Federal 12.608/2012 - BRASIL, 2012a). Em sua edição, a PNPDEC introduziu a exigência da cartografia geotécnica em outras normas legais, destacando-se:

- Lei Federal 6.766/1979 (Lei Lehmann - BRASIL, 1979), onde se determina que os requisitos contidos na carta geotécnica de aptidão à urbanização devem ser atendidos em novos projetos de parcelamento do solo urbano;
- Lei Federal 10.257/2001 (Estatuto da Cidade - BRASIL, 2001), na qual se estabelece a obrigatoriedade de elaborar plano diretor em municípios que possuem áreas suscetíveis a processos geológicos ou hidrológicos que podem gerar impactos e, ainda, que a identificação e o mapeamento de áreas de risco devem levar em conta as cartas geotécnicas; e
- Lei Federal 12.340/2010, indicando cinco requisitos a cumprir pelos municípios que possuem áreas suscetíveis a processos geológicos e hidrológicos, para fins de acesso a recursos da União, visando sua aplicação na gestão de riscos, entre os quais se encontra a elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização (CGAU). Na Lei, explicita-se a finalidade de *elaborar carta geotécnica de aptidão à urbanização, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a segurança dos novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para a construção civil* (BRASIL, 2010a - Art. 22, Parágrafo 2º, item V).

No contexto internacional, salienta-se o Acordo de Sendai 2015-2030 para Redução de Riscos e Desastres da Organização das Nações Unidas (ONU), que estabelece ações prioritárias a adotar pelos países signatários (UN, 2015). A primeira delas é a de ampliar a compreensão dos riscos, melhorando o conhecimento do território e dos múltiplos fatores que nele atuam, objetivando-se tanto reduzir os riscos existentes quanto evitar a criação de novos, o que pressupõem a contribuição da cartografia geotécnica nos municípios.

Assim, o instrumento deve subsidiar as ações municipais voltadas à gestão de riscos e desastres, incluindo-se a adaptação a mudanças climáticas, bem como ao planejamento, desenvolvimento urbano, obras de infraestrutura, habitação, meio ambiente, defesa civil e outras. Deve, ainda, auxiliar o Legislativo, Judiciário e Ministério Público, na defesa de interesses coletivos, bem como empresas, organizações da sociedade civil e cidadãos em geral, propiciando o conhecimento sobre o meio físico para a formulação e execução de políticas, planos, programas e projetos relativos ao uso e ocupação do solo.

2. OBJETIVOS

Este Guia visa auxiliar a utilização da CGAU-MJ por parte de técnicos da administração municipal, empresas públicas e privadas, organizações da sociedade civil e, ainda, pelo público em geral, no exercício da cidadania. Busca-se sintetizar os critérios empregados na definição da abrangência e escala de trabalho, bem como os procedimentos metodológicos adotados e produtos obtidos, para aplicação em atividades de planejamento territorial, parcelamento do solo, licenciamento urbanístico-ambiental, gestão de riscos e aproveitamento de agregados, conforme estabelecido pela PNPDEC.

3. ÁREA CARTOGRAFADA E ESCALA

A área contemplada na elaboração da CGAU-MJ corresponde à totalidade do território municipal, abrangendo zonas urbanas, áreas rurais e unidades de conservação (UCs). As zonas urbanas incluem áreas urbanizadas/edificadas (AUEs) e áreas de expansão urbana, ou seja, áreas passíveis de urbanização, conforme legislação municipal vigente. Áreas rurais e UCs são também abrangidas pelo mapeamento geotécnico realizado, tendo em vista a potencial aplicação das diretrizes e recomendações elaboradas para eventuais intervenções em seus domínios, como obras de infraestrutura, equipamentos públicos e outras instalações legalmente admitidas nesses contextos.

Consideram-se, assim, as especificidades das áreas rurais, que vem sendo pressionadas continuamente pela dinâmica de expansão urbana no Município. A legislação de ordenamento territorial incidente (municipal e estadual) permite, em alguns locais da zona rural, a instalação de usos compatíveis e de suporte à vida cotidiana, como equipamentos públicos de saúde e educação, hotelaria, comércio local, mineração e outros. Para esses usos se faz necessário, também, atender a diretrizes e recomendações geotécnicas para sua implantação. Tem-se em conta, para tal, além de eventuais impedimentos e restrições legais vigentes, os fatores condicionantes relativos ao ambiente, propiciando maior alcance territorial na aplicação do instrumento.

A escala geográfica de referência adotada na elaboração da CGAU-MJ é 1:10.000. Essa escala é corroborada por discussões presentes em diversos fóruns e trabalhos técnico-científicos, nos quais se discute o desenvolvimento da cartografia geotécnica no País, face aos propósitos introduzidos pela PNPDEC em 2012, estando presente em diversas cartas similares publicadas. A definição dessa escala considera, ainda, a disponibilidade prévia de mapas geológicos para a totalidade do território, a partir dos quais se pode desenvolver o detalhamento de campo, em condições adequadas de compatibilidade em relação à escala de referência proposta.

Os arquivos digitais em formato *shapefile* do zoneamento geotécnico e do conjunto de produtos temáticos gerados, que compõem a CGAU-MJ, deverão estar disponibilizados para acesso público na plataforma multiescalar de dados oficiais do Portal GeoJundiaí da PMJ (PMJ, 2024). Também deverão estar disponíveis, no mesmo Portal, o mapa integrado da CGAU-MJ, apresentado em escala reduzida (1:50.000), de modo a facilitar a visualização conjunta de seus principais componentes, bem como o manuseio e eventual impressão em papel, além do presente Guia de Utilização, ambos em formato pdf.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em decorrência da PNPDEC, as cartas geotécnicas têm incorporado novos conceitos, definições e abordagens, incluindo-se, nesse contexto, além da denominação específica de *carta geotécnica de aptidão à urbanização*, explicitada na legislação, outros tipos de cartas geotécnicas associadas. Destacam-se a carta geotécnica de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações, referente ao mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos e hidrológicos, também previstos em dispositivos legais, assim como a carta geotécnica de risco ou carta de setorização de risco, contemplada em normas editadas em âmbito federal, estadual e municipal para gestão das denominadas “áreas de risco”.

A carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações compreende dois conjuntos principais de processos do meio físico: processos associados à geodinâmica externa ou superficial (ou seja, processos geológicos), que incluem deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa ou fluxo de detritos; e processos hidrológicos, incluindo inundação, alagamento e enxurrada. Considera-se que os processos de inundação e de enxurrada estão associados a enchente, que se configura na fase inicial (quando a calha do leito regular do curso hídrico se encontra repleta ou cheia). Com isso, para os efeitos de elaboração da carta de suscetibilidade, o processo de enchente abrange os processos de enxurrada e inundação. Suscetibilidades aos processos de erosão (pluvial, fluvial e eólica) e de escoamento das águas superficiais, entre outros, podem também ser incorporados a esse tipo de cartografia, a depender de cada caso. A carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do Município de Jundiaí foi elaborada pelo IPT e Serviço Geológico do Brasil (SGB), na escala 1:25.000 (IPT, 2015a), contemplando aqueles dois conjuntos de processos, sendo básica aos trabalhos de elaboração da CGAU-MJ.

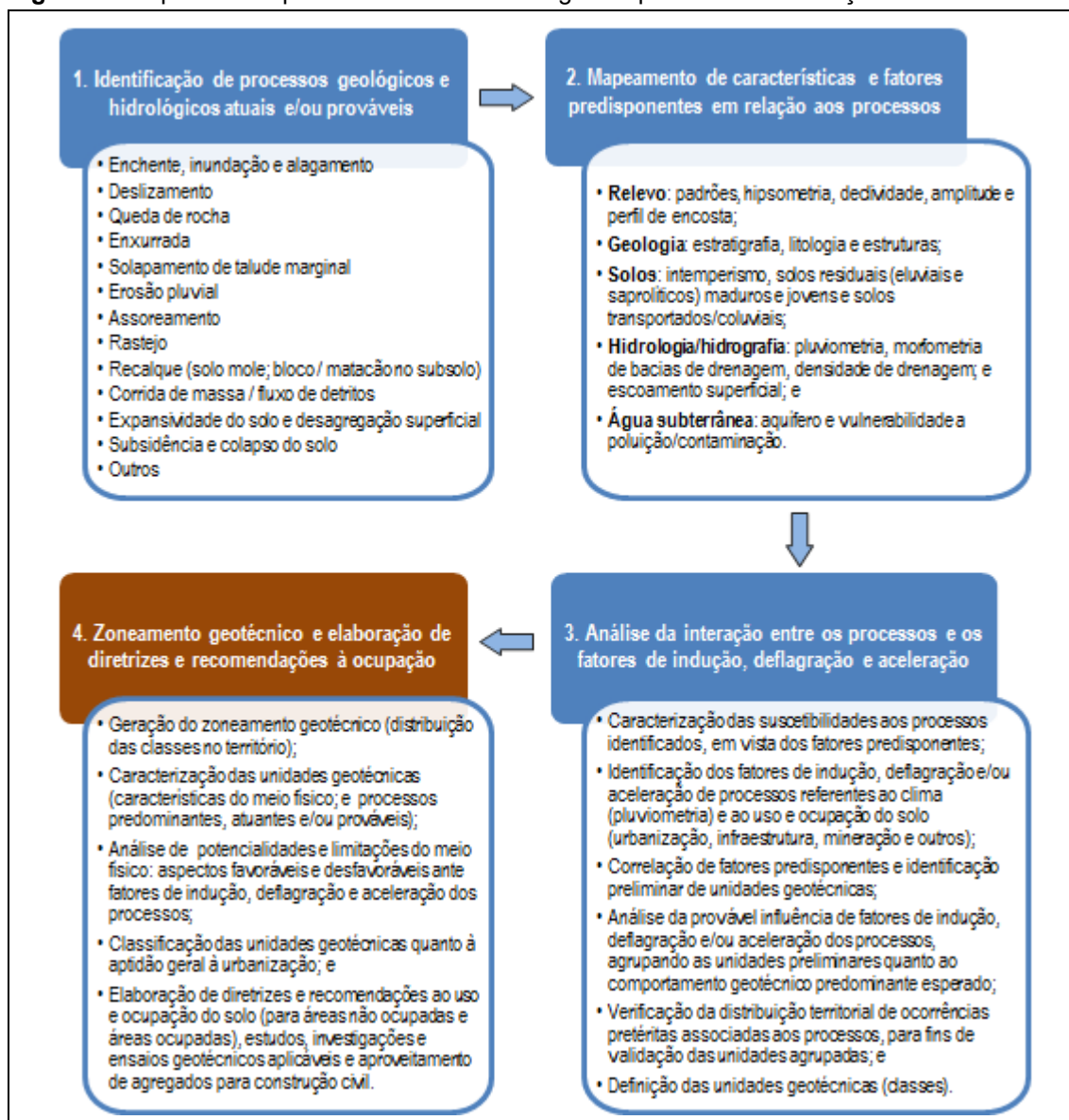
Na carta geotécnica de risco ou “carta de setorização de risco”, mapeiam-se as “áreas de risco”, classificando-as em distintos graus mediante análise da interação entre processos do meio físico e a ocupação instalada em um dado local, sendo comumente apresentada na escala 1:2.000 ou maior. No Município de Jundiaí, os mapeamentos de setorização de riscos têm sido realizados desde a década de 2000, especialmente para as “áreas de risco” geológico (deslizamento de encosta e solapamento de margem de rio e córrego). Esses mapeamentos se encontram em processo de atualização pelas equipes da PMJ e do IPT, podendo ser disponibilizados no Portal GeoJundiaí (PMJ, 2024).

A elaboração da CGAU-MJ se apoia em métodos e procedimentos difundidos no País para esse tipo de instrumento nos últimos anos, sobretudo a partir da PNPDEC, conforme Diniz (2012), Sobreira e Souza (2013), Santos (2014), Batista *et al.* (2015), IPT (2015b), Canil *et al.* (2018), Antonelli *et al.* (2021), IPT (2022), Coutinho (2022), Bitar e Sepe (2024) e outros. Fundamenta-se, assim, em práticas desenvolvidas por diferentes instituições, entre universidades, institutos de pesquisa e outras, incluindo-se o IPT, que atua no tema desde a década de 1970 (Prandini *et al.*, 1995). Sem prejuízo de outros trabalhos consultados para elaboração da CGAU-MJ, considera-se a formulação básica contida em IPT (2015b), no sentido de que esse tipo de instrumento deve sintetizar as características e processos do meio físico (**geo**)

e indicar soluções/medidas adequadas (**técnica**) para que as atividades de uso e ocupação do solo sejam realizadas de modo seguro e sustentável.

Na elaboração da CGAU-MJ, partiu-se de um *modelo inicial orientador*, conforme aplicado em IPT (2022) e Bitar e Sepe (2024), adaptado ao contexto e fundamentado na análise de processos geológicos e hidrológicos atuantes e/ou prováveis no território municipal, iniciando-se pelos registros de ocorrências correlatas da Defesa Civil da PMJ e de outras fontes (**Figura 1**).

Figura 1- Sequência de procedimentos metodológicos aplicada na elaboração da CGAU-MJ.



Fonte: adaptado de IPT (2022) e Bitar e Sepe (2024).

A abordagem geral segundo o referido *modelo* se constituiu como base metodológica aos trabalhos de cartografia executados, avaliando-se os fatores do meio físico predisponentes ao desenvolvimento dos processos identificados (relacionados especialmente ao relevo, geologia, solos, hidrografia e águas subterrâneas), assim como a interação desses processos com fatores de indução, deflagração e/ou aceleração, com vistas à geração do zoneamento geotécnico e formulação de diretrizes e recomendações à ocupação do solo.

Na identificação inicial de processos geológicos e hidrológicos, atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos), utilizaram-se dados de feições correlatas e de ocorrências registradas acerca de eventos pretéritos, sobre deslizamento, inundação, alagamento, assoreamento, afundamento, enxurrada, erosão, solapamento, queda de rocha e outros fenômenos. Utilizaram-se, para tal, as bases de dados contidas em IPT (2015a) e PMJ, bem como informações compiladas junto ao acervo da Defesa Civil da PMJ.

Esses conjuntos de dados foram utilizados na definição das unidades geotécnicas (UGs), em caráter indicativo, sem prejuízo de que outras feições e ocorrências possam ser obtidas e incluídas ao longo tempo, contribuindo para a atualização contínua da CGAU-MJ. Nos levantamentos de campo foram analisados dados sobre taludes resultantes de cortes antropogênicos em encostas, assim como de localização de barragens, obtidos em caráter amostral, tendo em vista a finalidade de subsidiar a compartimentação das UGs e a geração do zoneamento geotécnico a incluir em mapa integrado da CGAU-MJ.

Dados de experiências anteriores das equipes da PMJ e do IPT no mapeamento de riscos no Município, conforme efetuados ao longo das últimas décadas, foram considerados como insumos aos trabalhos de cartografia geotécnica. No caso de barragens, consideram-se dispositivos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB - BRASIL, 2010b), especialmente quanto a estudos de previsão de manchas de inundação, em áreas de planícies aluviais e terraços fluviais, para fins de estimativa de *dano potencial associado* classificado como Alto ou Médio em cenário de ruptura.

As características do meio físico nesse contexto se referem aos distintos horizontes ou camadas mais superficiais do solo, onde ocorre a maior parte das interações com a ocupação e as consequentes alterações nos processos geológicos e hidrológicos. Consideram-se, assim, os solos residuais próximos à superfície dos terrenos (solo eluvial, resultante da evolução de processos pedogenéticos superficiais; e solo de alteração de rocha ou solo saprolítico, resultante da evolução de processos de intemperismo físico-químico atuantes nos maciços originais), assim como níveis inferiores de rocha alterada e rocha sã, quando próximos à superfície e, ainda, solos transportados (colúvio/tálus) e sedimentos aluviais.

A partir da definição da abordagem geral (focalizando-se a interação entre os processos do meio físico e a ocupação do solo) e dos procedimentos metodológicos (seguindo-se o referido *modelo*), desenvolveram-se as seguintes etapas e atividades de trabalho: Organização das equipes do IPT e PMJ; Discussão dos critérios a serem adotados nos trabalhos; Compilação e avaliação de dados digitais provenientes da PMJ e outras fontes; Seleção, análise e inclusão de novos dados digitais disponíveis; Geração de mapas temáticos intermediários; Cruzamento dos dados e geração do zoneamento geotécnico; Elaboração do Quadro-legenda; Organização da base de dados digitais; Reuniões periódicas ao longo dos trabalhos, entre as equipes do IPT e da PMJ, com participação de técnicos de diversas unidades municipais e potenciais usuários da CGAU-MJ; Revisão do zoneamento e do Quadro-legenda; Elaboração deste Guia; Organização final da base de dados digitais; e Inclusão dos dados no Portal GeoJundiaí/PMJ para acesso público.

5. PRODUTOS GERADOS

A CGAU-MJ é composta pelos seguintes produtos principais, parte dos quais se encontram incluídos no mapa integrado que abriga o zoneamento geotécnico elaborado para a totalidade do território municipal:

- **Mapas temáticos intermediários:** compreende o conjunto de mapas e/ou esboços temáticos intermediários utilizados como insumos nos trabalhos de cartografia geotécnica, sendo compilados, adaptados e/ou elaborados durante a execução da CGAU-MJ. São eles: Hipsometria; Declividade; Geologia, Relevo; Solos; Aquíferos e vulnerabilidade a contaminação; Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações; Suscetibilidade a erosão pluvial; Suscetibilidade a escoamento superficial; Potencialidade a eventos hidrológicos extremos; Tendência pluviométrica; Uso e ocupação do solo; Agregados para construção civil; e Áreas protegidas e restrições à ocupação (**item 6**);
- **Mapa integrado da CGAU-MJ:** produto cartográfico de integração dos componentes da CGAU-MJ, contendo os mapas temáticos intermediários, o zoneamento geotécnico gerado na compartimentação do território municipal em unidades geotécnicas (UGs) e o Quadro-legenda simplificado (**item 7**);
- **Zoneamento geotécnico:** produto cartográfico central, apresentado no mapa integrado da CGAU-MJ, resultante da compartimentação geotécnica efetuada a partir do cruzamento e análise de dados e informações contidos nos mapas temáticos intermediários e da espacialização das UGs. Relevo sombreado e imagem de satélite acompanham o zoneamento geotécnico no mapa integrado, sendo incluídos como planos de fundo, entre outros elementos cartográficos convencionais (limite municipal; AUEs extraídas do mapa de *Uso e ocupação do solo*; massa d'água; curso d'água; curvas de nível; e sistema viário). Dados complementares, utilizados na definição das UGs, estão representados, destacando-se: feições associadas a processos do meio físico (cicatriz de deslizamento, alagado, depósitos de acumulação de pé de encosta, campo de blocos e paredão rochoso), obtidas a partir de IPT (2015a); e ocorrências registradas (afundamento, alagamento, assoreamento, deslizamento, enxurrada, erosão, inundação e solapamento), obtidas pela PMJ e IPT. Esses dados têm caráter amostral e indicativo, não esgotando a possibilidade de inclusão de outros, à medida que estejam disponíveis, devendo ser considerados no planejamento da ocupação. O zoneamento abriga, também, os contornos das áreas de estudo delimitadas por parte da PMJ e IPT para fins de setorização de risco, utilizadas de modo a propiciar sua contextualização em relação às UGs. Cabe salientar que os trabalhos de mapeamento para fins de setorização de risco se desenvolvem de maneira contínua pela PMJ, razão pela qual devem ser periodicamente atualizados no mapa integrado da CGAU-MJ. O zoneamento geotécnico se encontra incluído no mapa integrado da CGAU-MJ (**item 7**);
- **Quadro-legenda simplificado:** produto apresentado de maneira simplificada para as UGs delimitadas, contendo: as características do meio físico predominantes (acerca de relevo, geologia, solos, hidrologia e águas subterrâneas), os processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis, podendo ser naturais e/ou antropogênicos, com suas correspondentes

classes de suscetibilidade; a aptidão geotécnica à urbanização; e as diretrizes e recomendações gerais. As breves descrições contidas no Quadro-legenda simplificado decorrem basicamente da análise e interpretação do conjunto de dados e informações contidos nos mapas temáticos intermediários e no mapa integrado, podendo sempre ser complementadas, assim como resumidas para salientar a aptidão à urbanização e as diretrizes e recomendações gerais (**item 7**);

- **Indicação de estudos, investigações e ensaios geotécnicos:** produto contendo considerações gerais a respeito de estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis a projetos de engenharia, observando-se a composição de banco de dados e a utilização da CGAU-MJ (**item 8**);
- **Carta Síntese:** produto cartográfico de síntese, elaborado de modo a facilitar a comunicação quanto à aptidão atribuída a cada UG, de acordo com a interpretação do comportamento geotécnico predominante face à urbanização e demais fatores de indução, deflagração e/ou aceleração de processos considerados. O produto é apresentado por meio do padrão semafórico de visualização (vermelho, amarelo e verde), com as três classes correspondentes (respectivamente: baixa aptidão e/ou inapta; média aptidão; e alta aptidão). Contém, ainda, a sobreposição da AUE, extraída do mapa temático de *Uso e ocupação do solo*, tendo em vista a possibilidade de estar modificando a aptidão geotécnica indicada, em certa zona (polígono), para mais ou para menos, quando analisada localmente. Incluem-se, também, dados do mapa de *Áreas protegidas e com restrições à ocupação*, que tendem a influenciar a aptidão em determinadas UGs (**item 9**);
- **Indicação de aplicações da CGAU-MJ:** produto de considerações gerais sobre a utilização da CGAU-MJ em suas múltiplas finalidades (**item 10**), assim como as limitações que devem ser conhecidas quando da aplicação do instrumento (**item 11**). Considerações finais sobre os trabalhos de mapeamento realizados, produtos obtidos e perspectivas gerenciais para seu desenvolvimento no Município são discutidas brevemente (**item 12**);
- **Descrição das unidades geotécnicas (UGs):** além dos dados e informações contidos no Quadro-legenda simplificado, que acompanha o mapa integrado da CGAU-MJ, acrescentam-se aspectos favoráveis e desfavoráveis, assim como as diretrizes e recomendações específicas para a segurança da ocupação do solo (incluindo-se breve lista de estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis a projetos), gestão de riscos e aproveitamento de agregados minerais para construção civil, tendo em conta a perspectiva de adaptação a mudanças climáticas. As diretrizes e recomendações específicas são apresentadas tanto para *áreas não ocupadas* (aplicáveis também a situações de mudança do tipo de ocupação) quanto para *áreas ocupadas*, considerando-se medidas estruturais e não estruturais, incluindo-se soluções baseadas na natureza (SbN) e outras, de modo a auxiliar na gestão de problemas geotécnicos que possam ocorrer, a depender da UG. Incluem-se, ainda, algumas imagens fotográficas ilustrativas de características locais de cada UG (**APÊNDICE A**);
- **Roteiro para avaliação locacional prévia:** produto recomendado no âmbito dos trabalhos desenvolvidos e cuja finalidade é orientar a avaliação

locacional que deve ser realizada na fase de planejamento e de autorização e licenciamento urbanístico-ambiental de novos empreendimentos de uso e ocupação do solo. Aplica-se também a outros projetos com potencial impacto significativo em áreas rurais e em UCs, tendo em vista o conhecimento prévio acerca das condições geotécnicas presentes na área de interesse e as informações correspondentes que podem ser extraídas da CGAU-MJ em face do local em questão (**APÊNDICE B**);

- **Glossário:** breve lista de termos técnicos utilizados neste Guia, assim como outros correlatos. Cada termo tem seu significado descrito de forma sucinta. Os conceitos e definições correspondentes foram adaptados e simplificados a partir de publicações diversas (**APÊNDICE C**);
- **Guia de Utilização:** produto expresso neste documento, baseando-se em formatos de experiências anteriores. Sintetiza os trabalhos realizados e produtos obtidos, bem como as orientações para uso da CGAU-MJ; e
- **Base de Dados Digitais:** produto consolidado ao final dos trabalhos, contendo todos os dados digitais gerados na elaboração da CGAU-MJ, organizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), visando sua disponibilização no Portal GeoJundiaí para acesso e utilização por parte das equipes municipais, assim como pelo público em geral. Considera-se que a utilização da CGAU-MJ, para as múltiplas finalidades às quais o instrumento se destina, pressupõe a leitura e análise do zoneamento geotécnico em conjunto com os demais componentes que o acompanham.

6. MAPAS TEMÁTICOS INTERMEDIÁRIOS

Os mapas temáticos intermediários foram elaborados de modo a fundamentar a análise dos fatores predisponentes e dos fatores de indução, deflagração e/ou aceleração relacionados aos processos geológicos e hidrológicos identificados no território municipal, devendo também ser consultados e utilizados quando da aplicação da CGAU-MJ, em integração com o zoneamento geotécnico, tendo em vista os dados do Quadro-legenda simplificado e a descrição completa das UGs contida no **APÊNDICE A**.

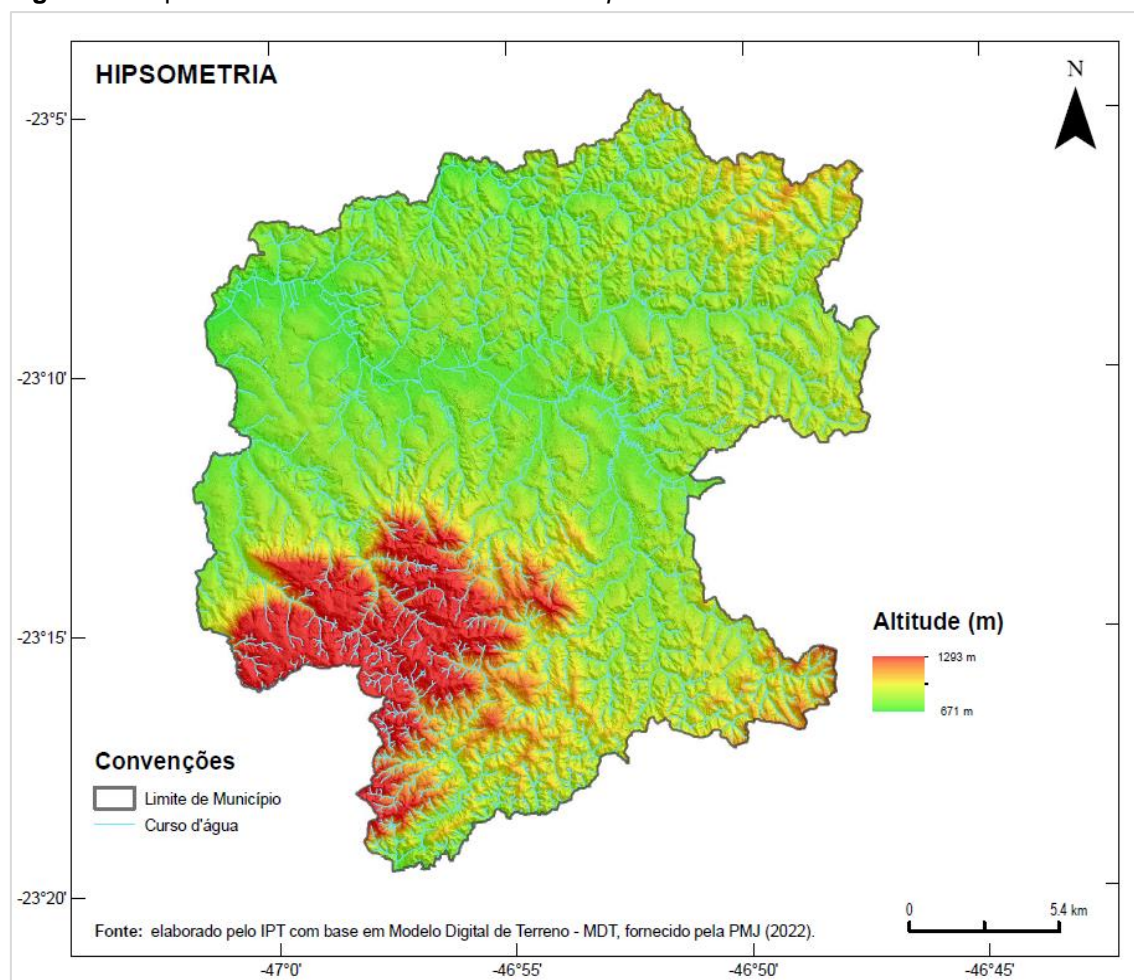
Parte dos mapas temáticos elaborados foram inicialmente obtidos na escala geográfica de referência 1:25.000, a partir da *carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações* elaborada pelo IPT (2015a), sendo detalhados ou adaptados para a escala 1:10.000, conforme o caso e a utilidade em vista das finalidades da CGAU-MJ. Dessa forma, além dos mapas temáticos cartografados diretamente em escala 1:10.000, dispõem-se de outros em escalas distintas, maiores ou menores, a depender do tema considerado e de suas variáveis envolvidas.

Apresenta-se, a seguir, um resumo de cada mapa temático elaborado. Os produtos cartográficos que serviram de base à compartimentação das UGs e geração do zoneamento geotécnico são especialmente os de Geologia, Relevo e Solos. Os demais mapas foram utilizados de maneira complementar na compartimentação, auxiliando também na descrição das características de cada UG (**APÊNDICE A**). Os mapas de *Uso e ocupação do solo* e de *Áreas protegidas e restrições à ocupação* foram utilizados de forma direta na elaboração da Carta Síntese (**item 9**).

6.1 Hipsometria

Este mapa temático (**Figura 2**) mostra a variação de altitudes encontradas no território municipal, representadas pela diferença entre cotas medidas em planta e distinguidas por meio da gradação de cores, correspondente aos diversos polígonos gerados. O mapa foi construído com uso do *software* ArcGIS 10.6, por meio da técnica *Stretched*, onde a gradação de cores se inicia em verde para locais de menor altitude (conforme se observa a noroeste, no território municipal), passando pela amarela, que indica elevações moderadas (distribuídas em diversas porções do território municipal), até alcançar a vermelha, atribuída a setores com cotas mais altas, observadas sobretudo na região sudoeste, onde se localiza a Serra do Japi, que abriga as maiores altitudes do território municipal. O mapa foi elaborado com base em Modelo Digital de Terreno (MDT), gerado com resolução de 1 m, a partir de PMJ (2022), este originalmente com resolução de 0,5 m. O mapa temático gerado foi utilizado no desenvolvimento de outros mapas intermediários, sendo incluído no mapa integrado da CGAU-MJ, que abriga o zoneamento geotécnico. No contexto da cartografia geotécnica, o produto elaborado tem a finalidade de auxiliar especialmente na definição dos padrões de relevo (particularmente na mensuração de amplitudes representativas das diferentes classes de padrão de relevo) e na análise da correspondência destes com a dinâmica dos processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis.

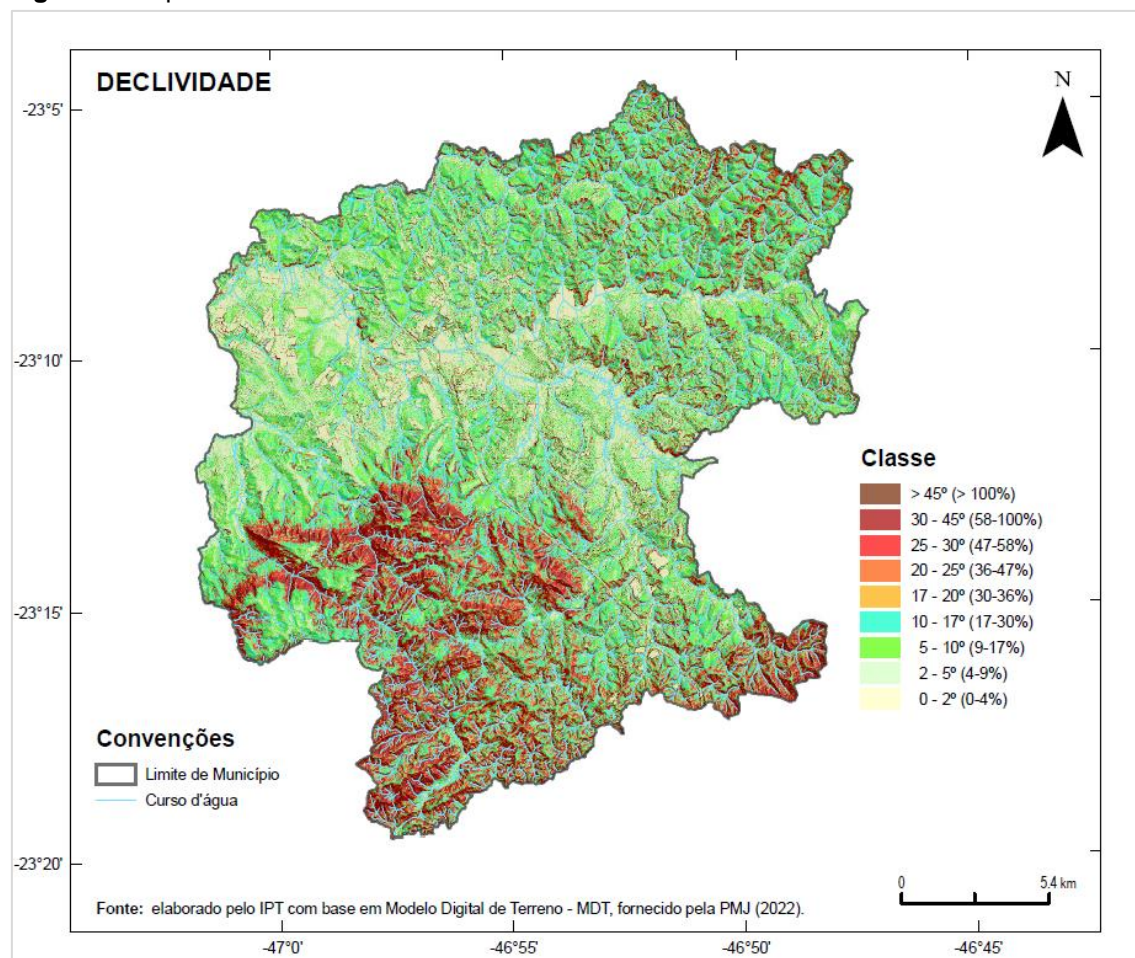
Figura 2- Mapa intermediário referente ao tema *Hipsometria*.



6.2 Declividade

Este mapa temático (**Figura 3**) representa as variações na inclinação dos terrenos em relação ao plano horizontal no Município, indicando a razão entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância entre eles medida na projeção em planta. Sua dimensão pode ser expressa em graus (inclinação, propriamente dita) ou em porcentagem (declividade, propriamente dita). Na CGAU-MJ, utiliza-se o termo declividade de modo genérico. O mapa foi gerado a partir de MDT com resolução de 1 m, baseado em PMJ (2022), utilizando-se o *software* ArcGIS 10.6, por meio da função *Slope*. Após a geração do mapa para a totalidade do Município, efetuou-se a segmentação dos intervalos para as seguintes classes pré-definidas: 0 a 2°; 2 a 5°; 5 a 10°; 10 a 17°; 17 a 20°; 20 a 25°; 25 a 30°; 30 a 45° e > 45°, indicando-se, entre parênteses, a correspondência aproximada com valores em porcentagem (%). Essa segmentação considera limiares contidos em requisitos legais aplicáveis ao uso e ocupação do solo (normas urbanas e ambientais), bem como outros encontrados na literatura técnico-científica do campo das geociências aplicadas, particularmente quanto a parâmetros a partir dos quais se verifica uma maior probabilidade de ocorrência de deslizamento e de outros processos de movimentos gravitacionais de massa na região sudeste do País. O produto elaborado tem a finalidade de auxiliar na definição dos padrões de relevo, bem como na análise da correspondência destes com a dinâmica dos processos geológicos e hidrológicos atuais ou prováveis.

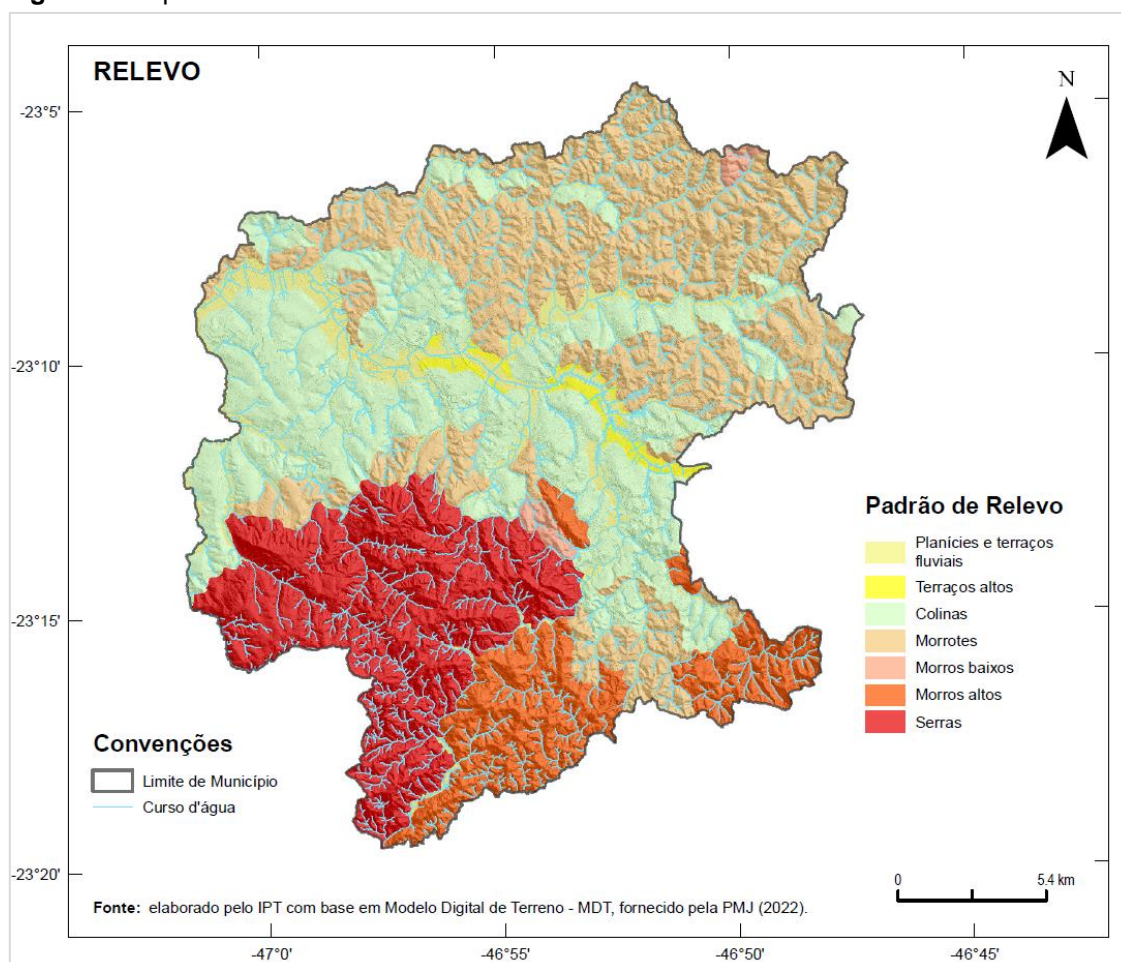
Figura 3- Mapa intermediário referente ao tema *Declividade*.



6.3 Relevo

Este mapa temático (**Figura 4**) ilustra a diversidade de formas e padrões de relevo identificados no território municipal, abrangendo planícies aluviais, terraços fluviais (baixos e altos), colinas, morrotes, morros (baixos e altos) e serras. O mapa foi elaborado com base no trabalho em escala 1:25.000 de IPT (2015a), sendo então revisado para a escala 1:10.000, utilizando-se o MDT e o relevo sombreado gerados a partir de PMJ (2022). Obteve-se, ainda, o conjunto de dados e limiares referentes a declividade e amplitude. O relevo sombreado foi construído por meio de técnica que propicia a visualização tridimensional da superfície, utilizando-se uma fonte de luz fictícia com um ângulo específico, acentuando-se sua declividade e a variabilidade da superfície de elevação. Essa representação foi adotada de modo a realçar as variações topográficas em fotointerpretação, auxiliando a definição dos padrões de relevo. As declividades e as amplitudes foram extraídas e classificadas em diferentes faixas, que representam a variedade de padrões de relevo e os processos geológicos e hidrológicos associados. A amplitude é caracterizada pela altura relativa no âmbito da forma de relevo delimitada, onde amplitudes baixas estão geralmente relacionadas a processos de inundações e/ou alagamentos, enquanto amplitudes moderadas a altas vinculam-se a processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa (deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa). O produto gerado é um dos temas básicos utilizados na compartimentação dos terrenos e na definição das UGs.

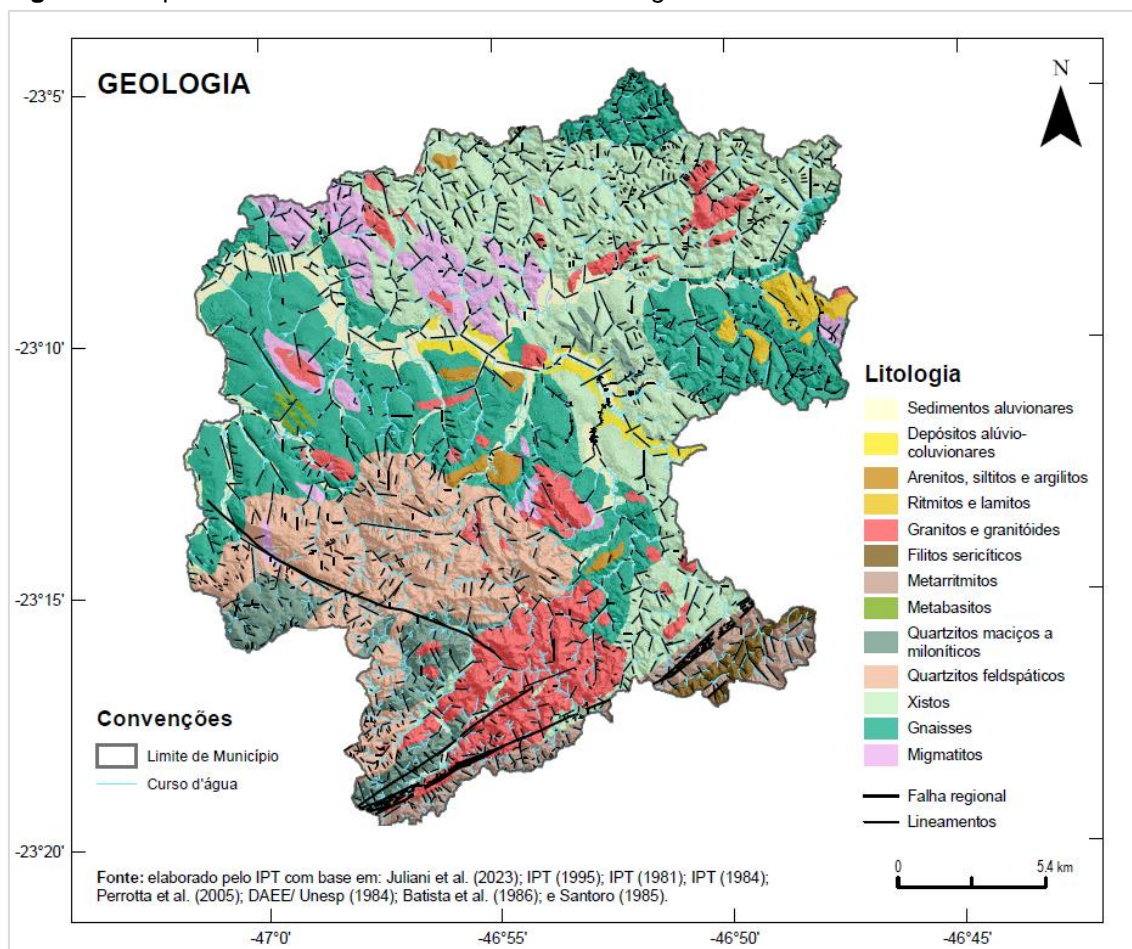
Figura 4- Mapa intermediário referente ao tema *Relevo*.



6.4 Geologia

Este mapa temático (**Figura 5**) revela a diversidade de litologias no território municipal, abrangendo sedimentos aluvionares (areias, argilas e cascalhos), rochas sedimentares do Paleozoico e Paleógeno (arenitos, siltitos, argilitos, ritmitos e lamitos) e rochas cristalinas do Proterozoico, ígneas e metamórficas (granitos, granitóides, gnaisses, migmatitos, xistos, filitos, metarritmitos, metabasitos e quartzitos). Contêm, ainda, falhas regionais e lineamentos estruturais, referentes a zonas de cisalhamento, fraturas, juntas e outras discontinuidades dos maciços rochosos, que podem condicionar a progressão de deslizamentos e quedas de rochas, assim como a movimentação das águas subterrâneas. A elaboração do mapa se baseia em diversos estudos anteriores efetuados na região, em especial o de Juliani *et al.* (2023), sendo compilados e detalhados como escopo para a escala de mapeamento adotada, mediante trabalhos de reconhecimento em campo. Os dados de lineamentos estruturais apontados se baseiam em IPT (2015a), complementados por interpretação de novas imagens e atividades de campo. Falhas regionais foram extraídas de IPT (1995). Localização e caracterização de sondagens poderão ser incorporadas ao mapa, contendo perfis geológicos em profundidade, bem como outros parâmetros obtidos em investigações e ensaios geotécnicos executados no território municipal, a partir de informações disponíveis na PMJ e em outras fontes, constituindo-se um banco de dados. O produto gerado é um dos temas básicos utilizados na compartimentação dos terrenos e na definição das UGs.

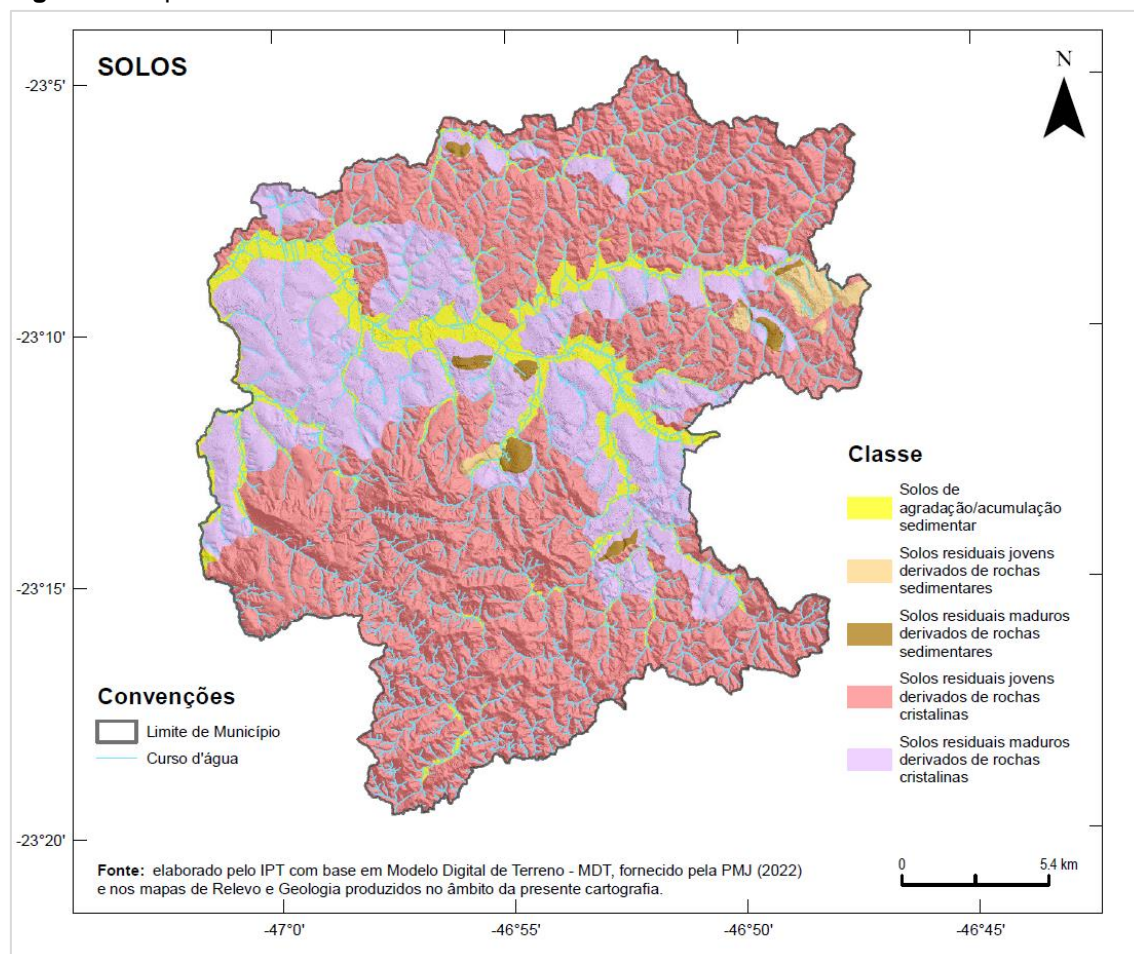
Figura 5- Mapa intermediário referente ao tema *Geologia*.



6.5 Solos

Este mapa temático (**Figura 6**) foi elaborado a partir dos mapas de Relevo e de Geologia, considerando-se o pressuposto de que a gênese e as categorias de solos se relacionam diretamente às formas de relevo e aos tipos litológicos. Apoia-se no mapa pedológico regional (Rossi, 2017), bem como em Peloggia *et al.* (2018), para o agrupamento de categorias baseadas em formas de relevo e no grau de maturidade dos solos residuais. Solos de agradação/acumulação sedimentar correspondem a superfícies geomórficas formadas por elevação topográfica gradativa, sedimentação ou aterramento antropogênico. No mapa de Relevo correspondem a planícies aluviais (solos hidromórficos) e terraços altos (solos hidromórficos e não hidromórficos) e, no de Geologia, a sedimentos aluvionares. Solos de degradação referem-se a superfícies geomórficas geradas por erosão e movimentos gravitacionais de massa. Em função do relevo resultante, classificam-se conforme o grau de intemperismo, em jovens e maduros, onde: solo residual jovem é constituído por minerais primários e secundários que mantém características da rocha original (estrutura reliquiar) e blocos rochosos, geralmente em morros altos e serras; e solo residual maduro, constituído por minerais secundários (transformados e neoformados) e primários (que resistiram ao intemperismo), com granulação variável, geralmente homogêneo e estrutura porosa, associando-se a colinas, morrotes e morros baixos. O produto gerado é um dos temas básicos utilizados na compartimentação dos terrenos e na definição das UGs.

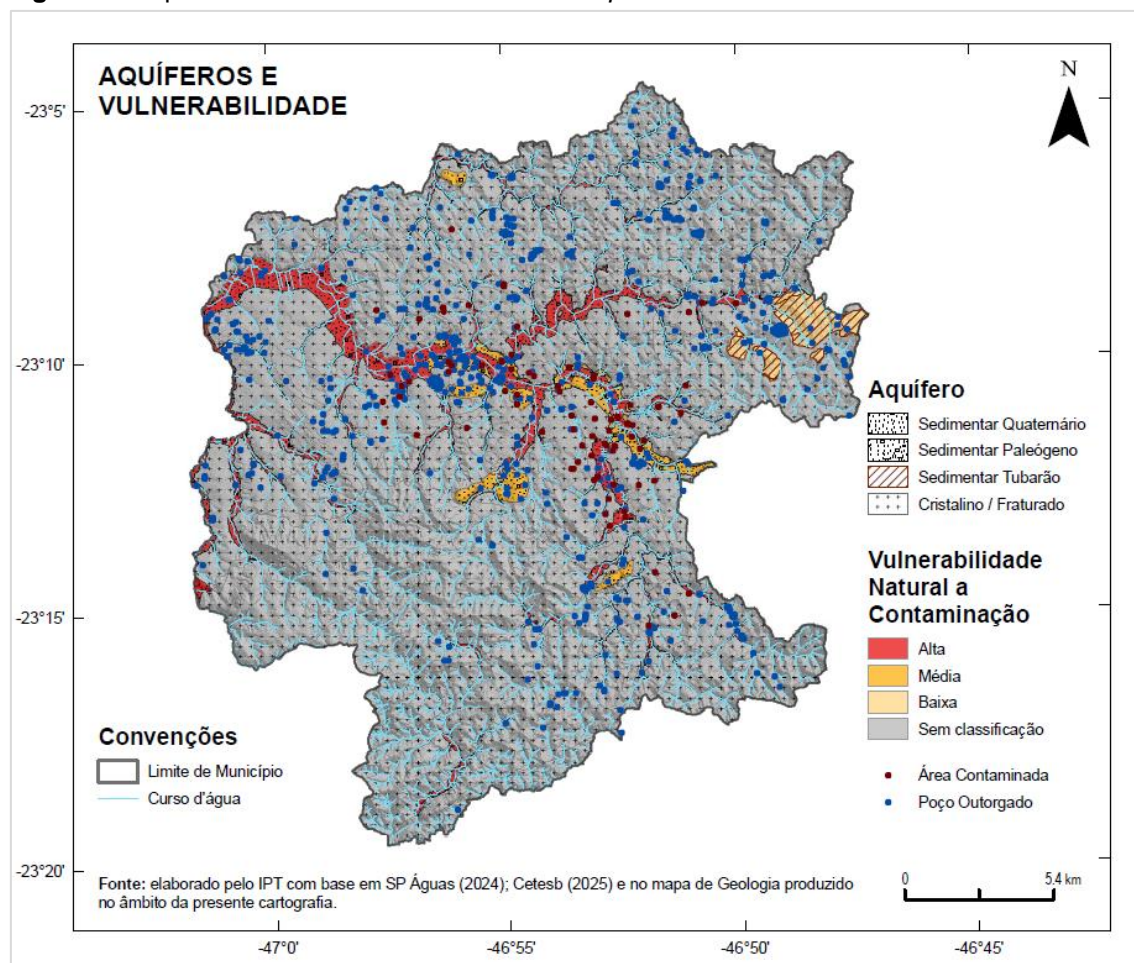
Figura 6- Mapa intermediário referente ao tema *Solos*.



6.6 Aquíferos e vulnerabilidade a contaminação

Este mapa temático (**Figura 7**) foi elaborado com base nos dados de Geologia. Indicam-se os principais aquíferos encontrados, correspondentes às seguintes formações geológicas: Sedimentar Quaternário, contendo sedimentos aluviais (areias, argilas e cascalhos); Sedimentar Paleógeno, com litologias da Formação Tanque; Sedimentar Tubarão (Paleozoico), com litologias da Formação Lagoa Azul; e Cristalino ou Fraturado, abrigando ampla diversidade de rochas ígneas e metamórficas do Proterozoico (granitos, granitóides, gnaisses, migmatitos, xistos, filitos, metabásicas e quartzitos), onde a movimentação de águas subterrâneas ocorre por falhas, fraturas, juntas e outras descontinuidades dos maciços. Os aquíferos estão acompanhados de estimativa da vulnerabilidade a poluição e/ou contaminação, podendo ser Alta, Média, Baixa ou Sem Classificação (Indefinida). Contém, ainda, a localização de outorgas legais para aproveitamento de águas subterrâneas, disponibilizada pelo órgão responsável pela gestão de recursos hídricos (SP Águas, 2024) e áreas contaminadas, conforme o órgão ambiental estadual (CETESB, 2025). O conhecimento sobre a localização de poços e áreas contaminadas visa subsidiar as análises de risco quanto a potenciais interações com a ocupação do solo (instalada ou a instalar), devendo-se considerar, nesse âmbito, eventuais parâmetros advindos de normas restritivas e de controles especiais à captação e uso das águas subterrâneas em áreas específicas. O produto gerado é um dos temas auxiliares à compartimentação e descrição das UGs.

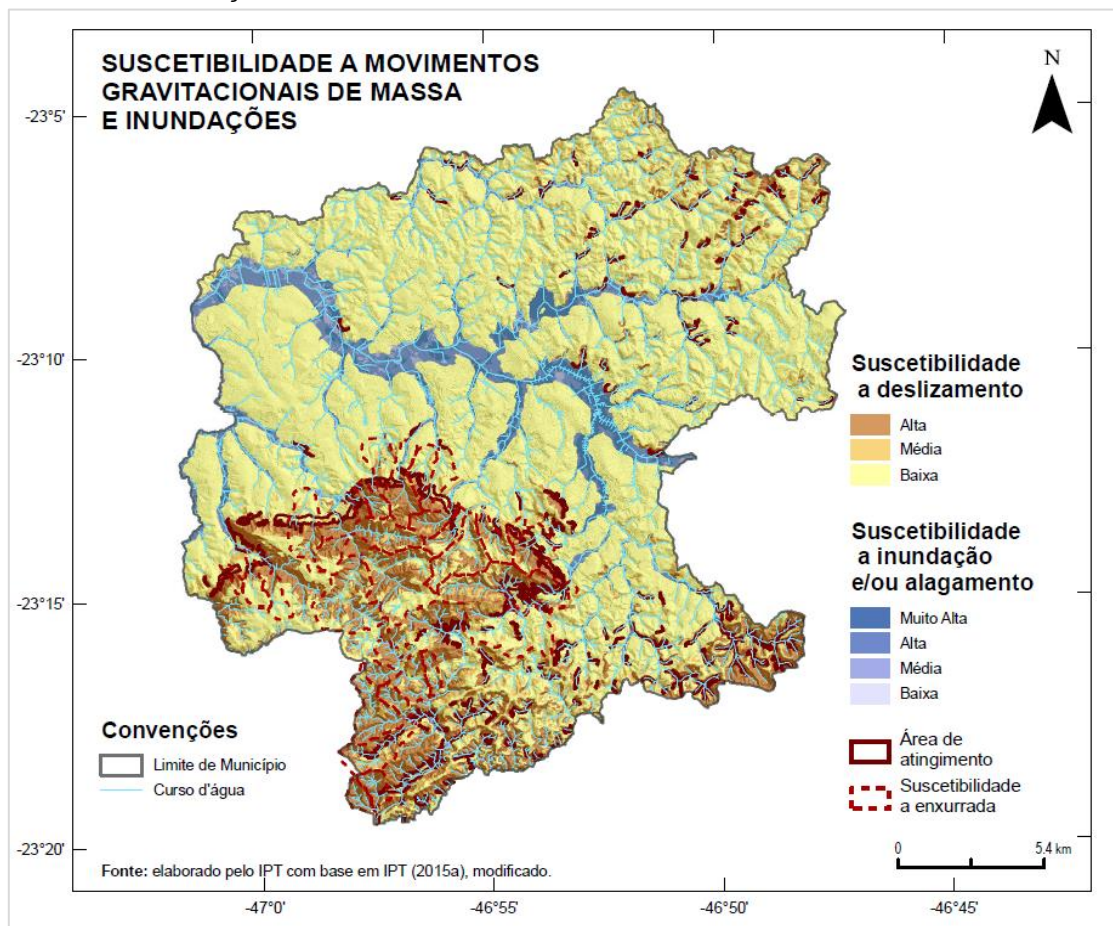
Figura 7- Mapa intermediário referente ao tema *Aquíferos e Vulnerabilidade*.



6.7 Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações

Este mapa temático (**Figura 8**) advém da carta original em 1:25.000 (IPT, 2015a), revisada com o MDT obtido em PMJ (2022), para compatibilização em 1:10.000. Indicam-se as suscetibilidades a dois conjuntos de processos: movimentos gravitacionais de massa (deslizamento, rastejo e queda de rocha); e hidrológicos (inundação e/ou alagamento; e enxurrada). Para os processos de movimentos gravitacionais de massa, distinguem-se as classes de Baixa, Média e Alta suscetibilidade. Em relação a processos de inundações, as suscetibilidades foram ponderadas pela taxa de impermeabilização do solo, que depende do tipo e do uso e ocupação, resultando em quatro classes: Baixa, Média, Alta e Muito Alta, não sendo distinguida a classe Muito Baixa. No caso de enxurrada, a delimitação corresponde a bacias de drenagem com Alta suscetibilidade. Agregam-se os dados de áreas de atingimento provável, em caso de eventos de deslizamento e de enxurradas, deflagrados por chuvas intensas e/ou extremas, particularmente para áreas não ocupadas. Para isso, utiliza-se a classe Alta a deslizamentos como referência para obtenção da amplitude das encostas, definindo-se seções transversais, a partir da direção de fluxo da drenagem e da inclinação do talude, na proporção de 1:1 para a amplitude e delimitação das áreas de atingimento. Em áreas ocupadas, deve-se considerar que as interações atuais podem modificar a indicação do alcance potencial, requerendo-se, assim, estudos de detalhe. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação e descrição das UGs.

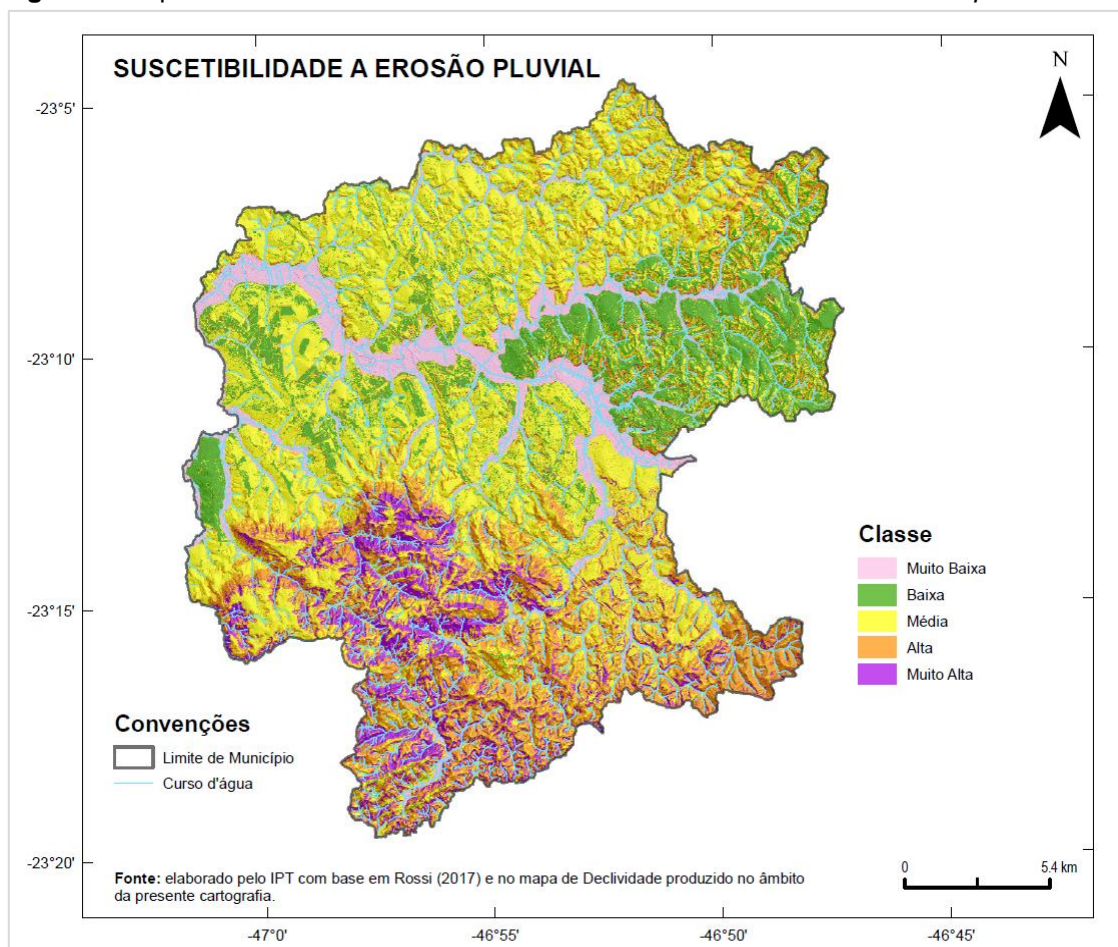
Figura 8- Mapa intermediário referente ao tema *Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações*.



6.8 Suscetibilidade a erosão pluvial

Este mapa temático (**Figura 9**) se baseia em métodos de análise integrada da paisagem (KILIAN e ROSSELI, 1978; IWASA *et al.* 1987; KERTZMAN, 1995), avaliando-se as relações entre geomorfologia geologia e pedologia. As suscetibilidades são obtidas por meio de informações pedológicas e de declividade dos terrenos, esta como um dos principais fatores condicionantes. A variação da declividade estabelece distintas formas da paisagem, ditando também potencialidades de usos e restrições ao aproveitamento das terras. A classificação pedológica se baseia em Rossi (2017) e Embrapa (2018), com checagens de campo. A declividade mostra relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em cinética. Quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em cinética e maior é, também, a velocidade e capacidade das águas para remoção, transporte e deposição de sedimentos. Na declividade, apoia-se em Ross (1994), utilizando intervalos de 0-3 %, 3-10 %, 10-20 %, 20-45 % 45-75 % e > 75 %. O modelo desenvolvido propicia o agrupamento dos solos com características (espessura do horizonte, cor, textura, permeabilidade, porosidade, retenção de água, profundidade efetiva) e condições (potencial erosivo) similares, distinguindo-se cinco classes de suscetibilidade à erosão pluvial. O mapa final (escala 1:50.000) resulta da análise integrada das classes de solos com os intervalos de declividade. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação e descrição das UGs.

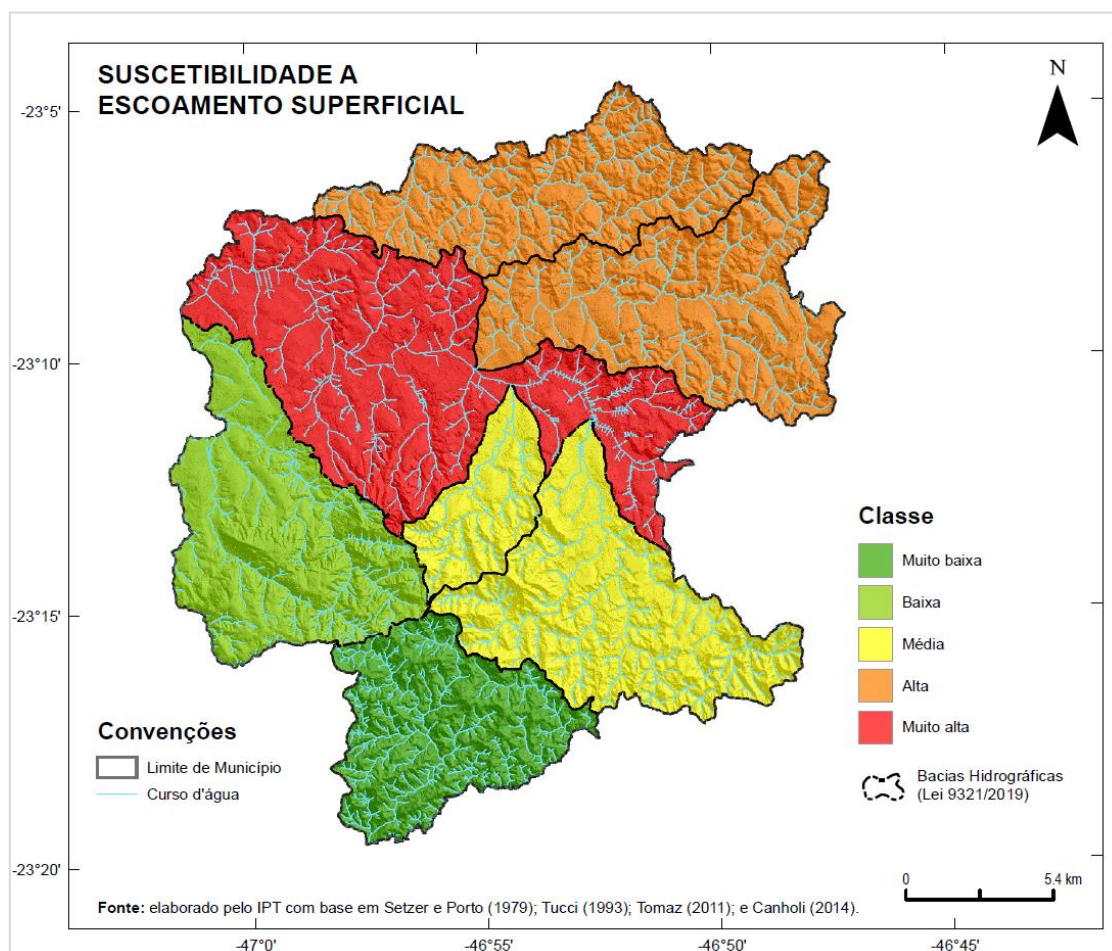
Figura 9- Mapa intermediário referente ao tema *Suscetibilidade a Escoamento Superficial*.



6.9 Suscetibilidade a escoamento superficial

Este mapa temático (**Figura 10**) expressa a suscetibilidade ao escoamento superficial das águas pluviais nas sub-bacias hidrográficas, inseridas total ou parcialmente no território municipal (Rio Capivari, Jundiá Mirim, Jundiá, Estiva, Ribeirão Cachoeira/Caxambu, Guapeva e Jundiuvira). Baseia-se na espacialização do coeficiente de escoamento calculado para cada sub-bacia, hierarquizando-as segundo o grau de saturação das redes de drenagem. O cálculo do coeficiente se apoia em três fatores do solo: umidade antecedente; tipo; e forma de uso e ocupação atual. Os resultados agrupados para cada sub-bacia são apresentados em classes de suscetibilidade, com as respectivas diretrizes gerais à ocupação: Muito Baixa, onde as sub-bacias devem ser protegidas, pois as condições de drenagem se mostram preservadas, várias em área de mananciais hídricos; Baixa, onde a urbanização começa a interferir na drenagem, devendo-se agir para que a situação não avance; Média, onde se nota que a urbanização provocou mudanças importantes e o adensamento urbano tende a agravar as inundações, devendo-se adotar medidas para conter as taxas de ocupação; Alta, onde as sub-bacias estão no limite de saturação das redes de drenagem e de sua capacidade de suporte, devendo-se restringir a ocupação e favorecer a infiltração; e Muito Alta, onde as sub-bacias mostram provável saturação das redes de drenagem, com raras áreas desocupadas, devendo-se implantar ações de controle do escoamento superficial. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na definição das UGs.

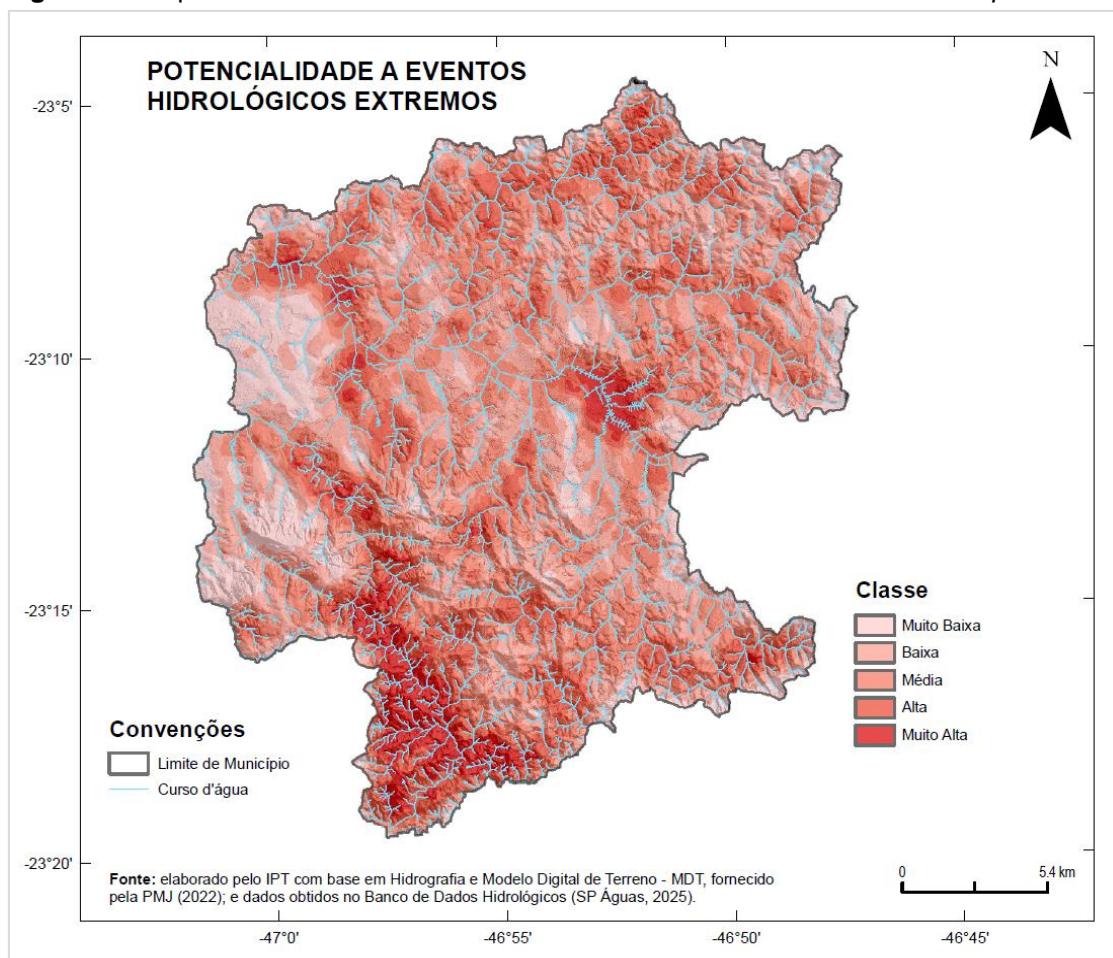
Figura 10- Mapa intermediário referente ao tema *Suscetibilidade a Escoamento Superficial*.



6.10 Potencialidade a eventos hidrológicos extremos

Este mapa temático (**Figura 11**) ilustra a impermeabilização do solo e a potencialidade a inundações, deslizamentos e outros processos que podem gerar perdas e danos relevantes, particularmente quando a precipitação de um único evento corresponda a uma fração substancial da média anual histórica. O tema foi desenvolvido a partir da sobreposição cartográfica de duas variáveis básicas: densidade de drenagem (Dd); e extremos de precipitação. Dd é a razão entre o comprimento total dos canais de drenagem (naturais, perenes e intermitentes) e a área da sub-bacia hidrográfica. O parâmetro expressa o grau de diferenciação do relevo e a capacidade de escoamento superficial. Valores elevados de Dd se associam a áreas com baixa capacidade de infiltração e sistemas de drenagem mais desenvolvidos, o que aumenta a propensão a respostas hidrológicas rápidas e a inundações. A segunda variável decorre da análise estatística de séries históricas de precipitação diária, com foco em eventos máximos. Foram utilizados dados de estações pluviométricas com 30 anos de registros contínuos, sem lacunas significativas. Os dados foram ajustados a distribuições de probabilidade adequadas à modelagem de eventos extremos, combinados com precipitação média anual. A espacialização dos resultados indica áreas com maior recorrência de eventos de alta intensidade pluviométrica. A integração das variáveis possibilita delimitar áreas com maior potencialidade a eventos extremos. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação e descrição das UGs.

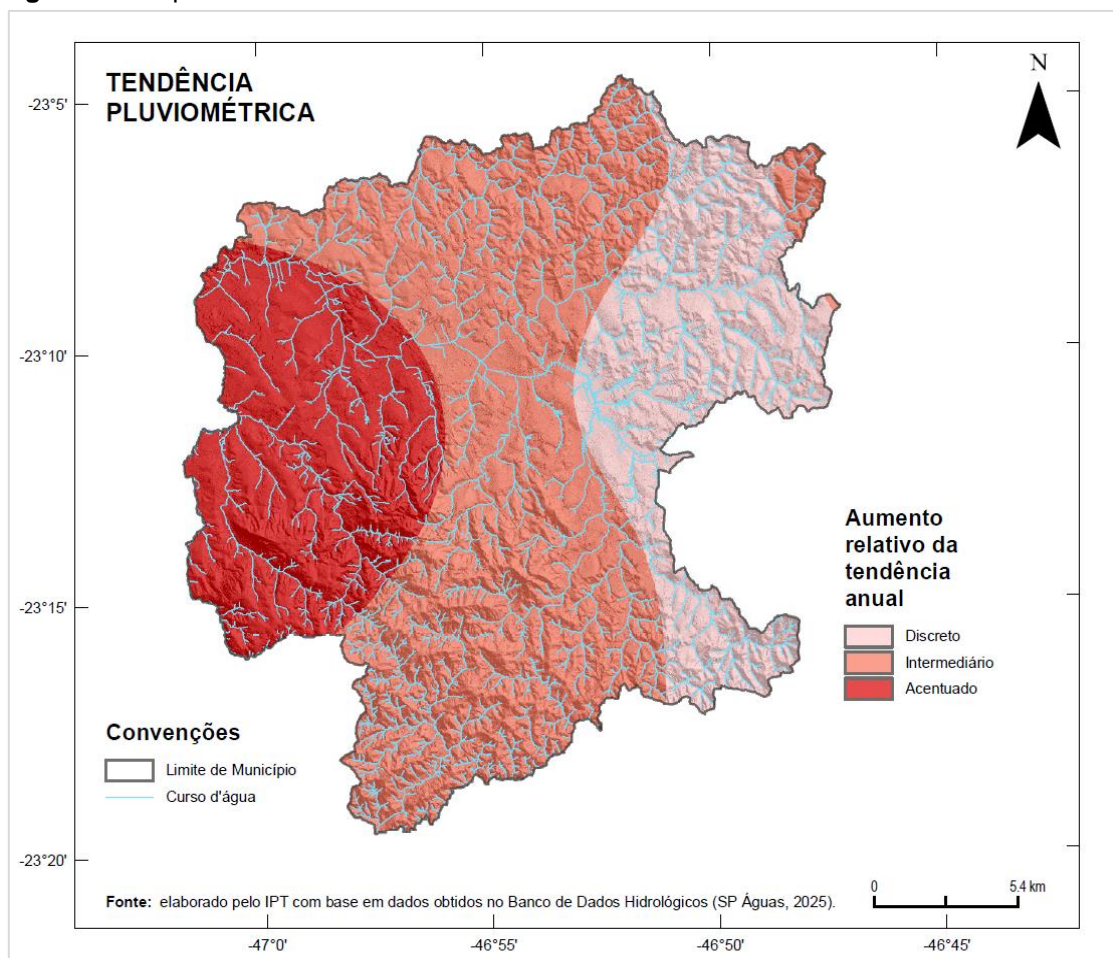
Figura 11- Mapa intermediário referente ao tema *Suscetibilidade a Escoamento Superficial*.



6.11 Tendência pluviométrica

Este mapa temático (**Figura 12**) ilustra as tendências pluviométricas que podem ser esperadas em relação ao território municipal, tendo como base a análise de dados históricos de precipitação obtidos em banco de dados de postos pluviométricos geridos e operados pelo SP Águas (2025), localizados no Município e em localidades próximas. O tema se mostra relevante face ao contexto de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes) e o desafio de desenvolver as adaptações estruturais e não estruturais (SbN e outras) necessárias. Para a análise, priorizaram-se os dados de postos que operam atualmente e/ou que possuam uma série histórica igual ou superior a 20 anos de dados diários e contínuos de chuvas, sem interrupções. A análise da tendência pluviométrica foi feita de forma matricial, combinando-se dois fatores: o número de dias de chuva; e o total precipitado - ambos na escala de tempo anual. A combinação desses fatores resulta na distinção de três classes, referentes ao aumento relativo da tendência anual da pluviometria: aumento relativo discreto da intensidade pluviométrica (mm/h), limitado aos setores situados mais a leste no Município; aumento relativo intermediário, distribuído ao longo das regiões centro, norte e sul, bem como em porções mais distantes a nordeste; e aumento relativo acentuado, que pode afetar especialmente as áreas urbanizadas/edificadas situadas a oeste, no âmbito do território municipal. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação e descrição das UGs.

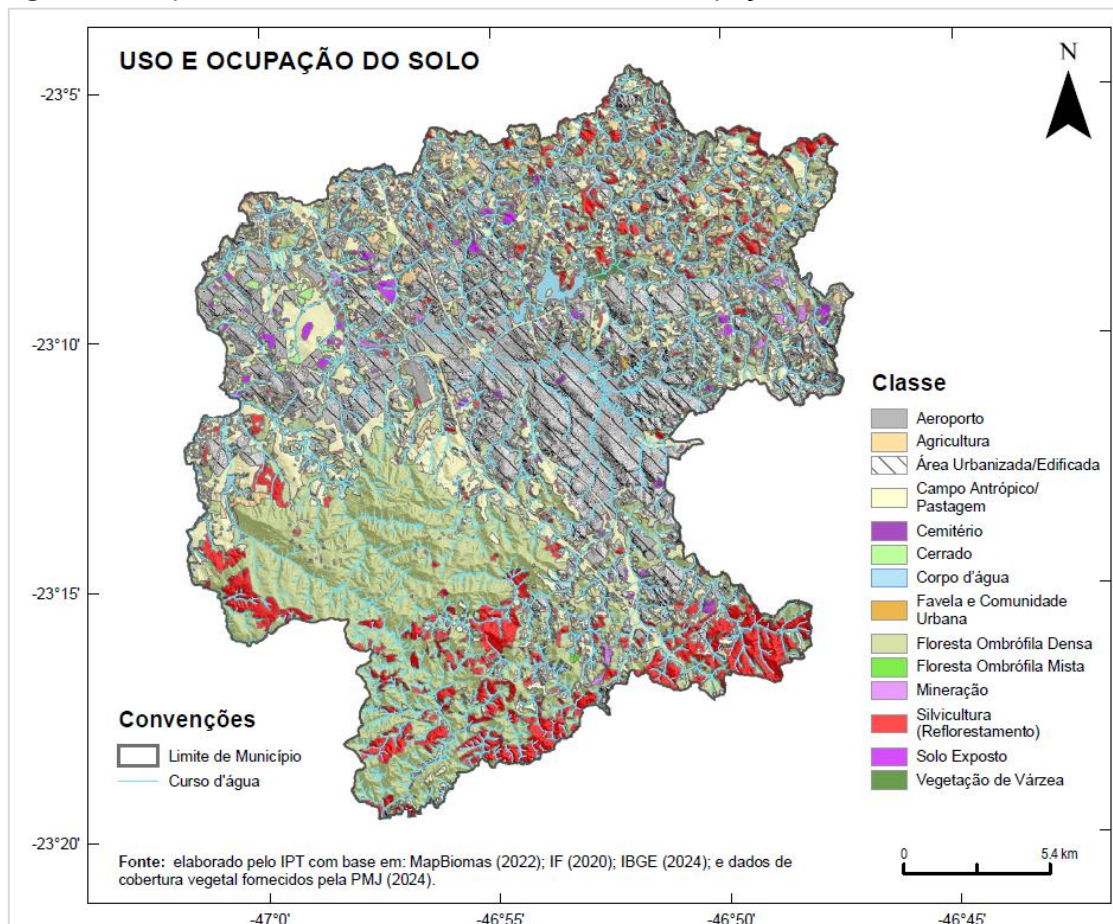
Figura 12- Mapa intermediário referente ao tema *Tendência Pluviométrica*.



6.12 Uso e ocupação do solo

Este mapa temático (**Figura 13**) abrange as classes de uso e ocupação do solo, as quais tendem a interagir e modificar os processos geológicos ou hidrológicos. A distribuição espacial das classes constitui importante ferramenta no planejamento e gestão territorial. O mapeamento foi efetuado por visualização e digitalização de polígonos em tela, utilizando-se imagens disponíveis no *Basemap World Imagery*, do software ArcGis 10.6, assim como o banco de dados *Google Earth*, que contém cenas recentes em alta resolução. Os dados foram extraídos com detalhamento compatível à escala 1:10.000. Para as classes de cobertura vegetal, utilizou-se como base o MapBiomias (2022) e IF (2020), bem como dados fornecidos pela PMJ relativos às manchas de Cerrado. A classe Área Urbanizada/Edificada (AUE) foi atualizada a partir do *shape* de mesmo nome obtido anteriormente (IPT, 2015a), salientando-se que sua totalidade extrapola as zonas urbanas assim definidas na legislação municipal. Nessa categoria de uso foram necessários ajustes, tanto em função da diferença de escala geográfica de mapeamento quanto do tempo decorrido em relação ao trabalho anterior. As demais categorias foram interpretadas e verificadas diretamente em tela digital, com checagem de campo, considerando métodos usualmente adotados em trabalhos similares. Salienta-se a classe de Floresta Ombrófila Densa, que ocupa cerca de 1/3 do território municipal. O produto gerado é um dos temas complementares utilizados na definição das UGs. A descrição e distribuição das classes em área (km² e %) estão no **Quadro 1**. A classe de AUE encontra-se incluída na Carta Síntese (item 9).

Figura 13- Mapa intermediário referente ao tema *Uso e Ocupação do Solo*.



Quadro 1 - Descrição e distribuição em área das classes do mapa de *Uso e ocupação do solo* de Jundiaí/SP, conforme elaborado para as finalidades da presente CGAU.

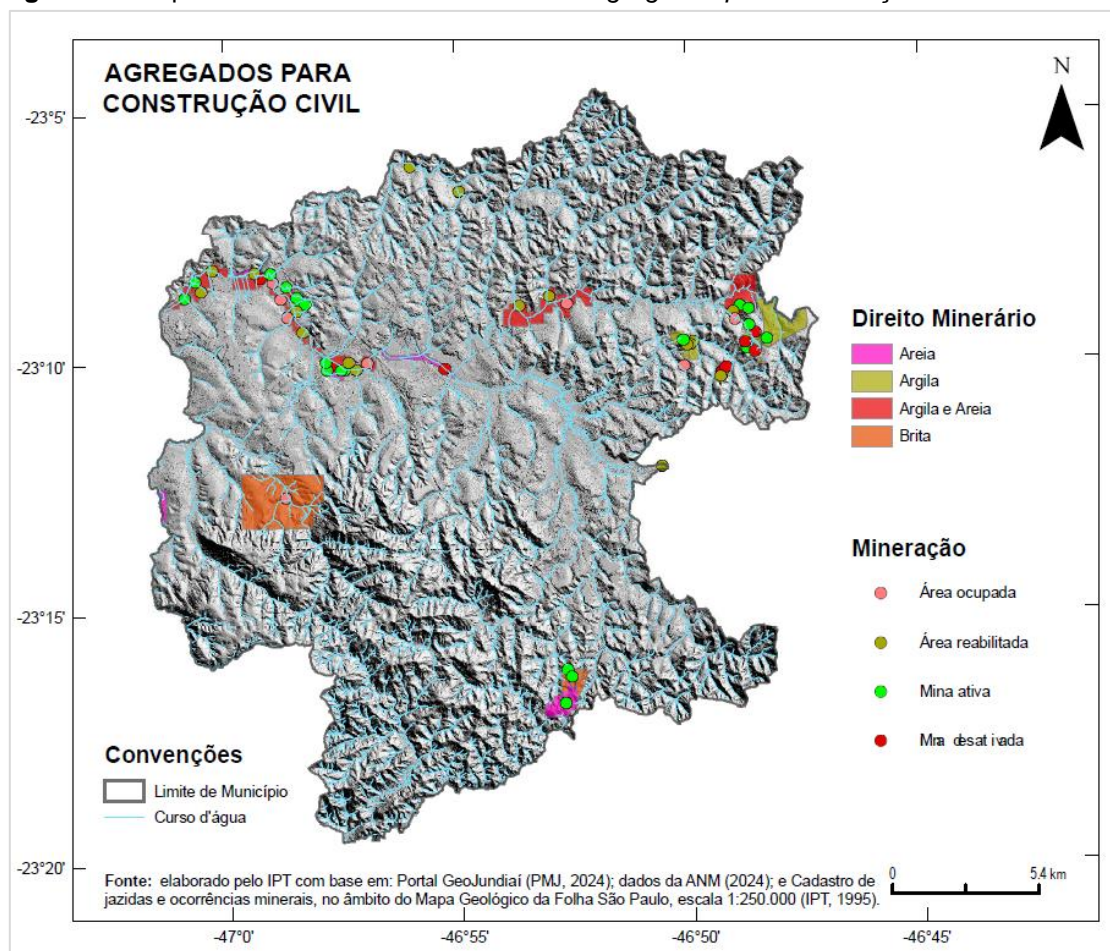
Classe	Descrição	Área	
		km ²	%
Aeroporto	Compreende a área ocupada pelo Aeroporto de Jundiaí.	0,64	0,15
Agricultura	Áreas ocupadas pelas Culturas Perenes (que apresentam ciclo vegetativo de vários anos, permitindo colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio); Culturas Temporárias (que possuem o ciclo de vida numa estação e perecem após a colheita); e Culturas Semiperenes, cujo ciclo de vida é menor que o das culturas perenes e maior que o das culturas temporárias. O exemplo mais comum de cultura semiperene é a cana-de-açúcar.	14,66	3,41
Área Urbanizada/ Edificada	Compreende os núcleos de uso residencial; Áreas de comércio e serviços; Equipamentos urbanos (estabelecimentos de educação, saúde, esportes e lazer etc.); Áreas de expansão urbana em processo de ocupação, apresentando média e baixa densidade e infraestrutura básica parcialmente instalada ou, por vezes, ausente; e Áreas de chácaras residenciais ou de lazer; sedes de propriedades rurais e granjas (avícolas) bem como equipamentos associados ao uso rural.	118,56	27,54
Campo Antrópico/ Pastagem	Constitui os terrenos urbanos e rurais sem uso específico, caracterizados pelo predomínio de vegetação herbácea, podendo conter arbustos ou árvores esparsas. A área de pastagem compreende as terras ocupadas com capins e outras gramíneas, utilizados para criação animal.	93,44	21,71
Cemitério	Corresponde aos cemitérios presentes no Município.	0,35	0,08
Cerrado	Vegetação composta de árvores de troncos grossos e tortuosos, arbustos e grande quantidade de gramíneas.	1,66	0,39
Corpo d'água	Corresponde aos rios, reservatórios, lagos e lagoas presentes na área de estudo.	4,07	0,94
Favela e Comunidade Urbana	Constitui os núcleos urbanos caracterizados, geralmente, por alta densidade de habitações, com precariedade ou ausência de infraestrutura básica, serviços públicos e equipamentos, e apresentando insegurança jurídica da posse, conforme classificação de IBGE (2024).	0,85	0,20
Floresta Ombrófila Densa	Consiste na vegetação densa caracterizada por plantas lenhosas de médio a alto porte, além de lianas e epífitas em abundância.	149,89	34,82
Floresta Ombrófila Mista	Caracteriza-se como uma Floresta Ombrófila Densa, porém com predomínio da espécie <i>Araucaria angustifolia</i> (Mata de Araucária).	0,14	0,03
Mineração	Áreas com extração de substâncias minerais.	1,73	0,40
Silvicultura (Reflorestamento)	Formações arbóreas e homogêneas, plantadas a distâncias regulares, geralmente cultivadas para fins comerciais, tais como <i>Eucalyptus sp</i> , <i>Pinus sp</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> .	38,90	9,04
Solo Exposto	Constitui áreas com exposição do solo por terraplenagens, preparação para plantio ou degradadas por processos erosivos.	4,30	1,00
Vegetação de Várzea	Compreende as formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre, com predomínio de estrato herbáceo, sujeitas ao alagamento sazonal; os campos alagados; e áreas pantanosas.	1,27	0,29
Total		430,46	100,00

Fonte: elaborado pelo IPT.

6.13 Agregados para construção civil

Este mapa temático (**Figura 14**) contém dados sobre o aproveitamento de agregados minerais no território municipal. Contempla a diversidade de situações associadas às fases de planejamento, operação e desativação de minas, incluindo minas ativas e desativadas (ocupadas ou reabilitadas para usos diversos), identificadas a partir de IPT (1995), Portal GeoJundiaí (PMJ, 2024), imagens de satélite e atividades de campo. Acrescentam-se dados e informações sobre a incidência de direitos minerários, referentes à extração de agregados que têm aplicação direta na construção civil (brita, areia), além de argila, conforme dados do Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2024). As informações sobre atividades de mineração na elaboração da CGAU-MJ atendem a requisito legal previsto na PNPDEC, para o estabelecimento de diretrizes urbanísticas voltadas ao aproveitamento de agregados para construção civil. São particularmente importantes para a prevenção e gestão de eventuais conflitos de uso e ocupação do solo e de vizinhança que possam surgir entre as atividades de mineração e de urbanização. Tem-se em conta as pressões continuadas exercidas pela dinâmica de expansão urbana no território municipal, particularmente no sentido das zonas periféricas e das planícies aluviais e terraços fluviais associados a cursos hídricos, onde se encontram ou pretende-se desenvolver atividades de mineração. O produto gerado é um dos temas complementares utilizados na compartimentação e descrição das UGs.

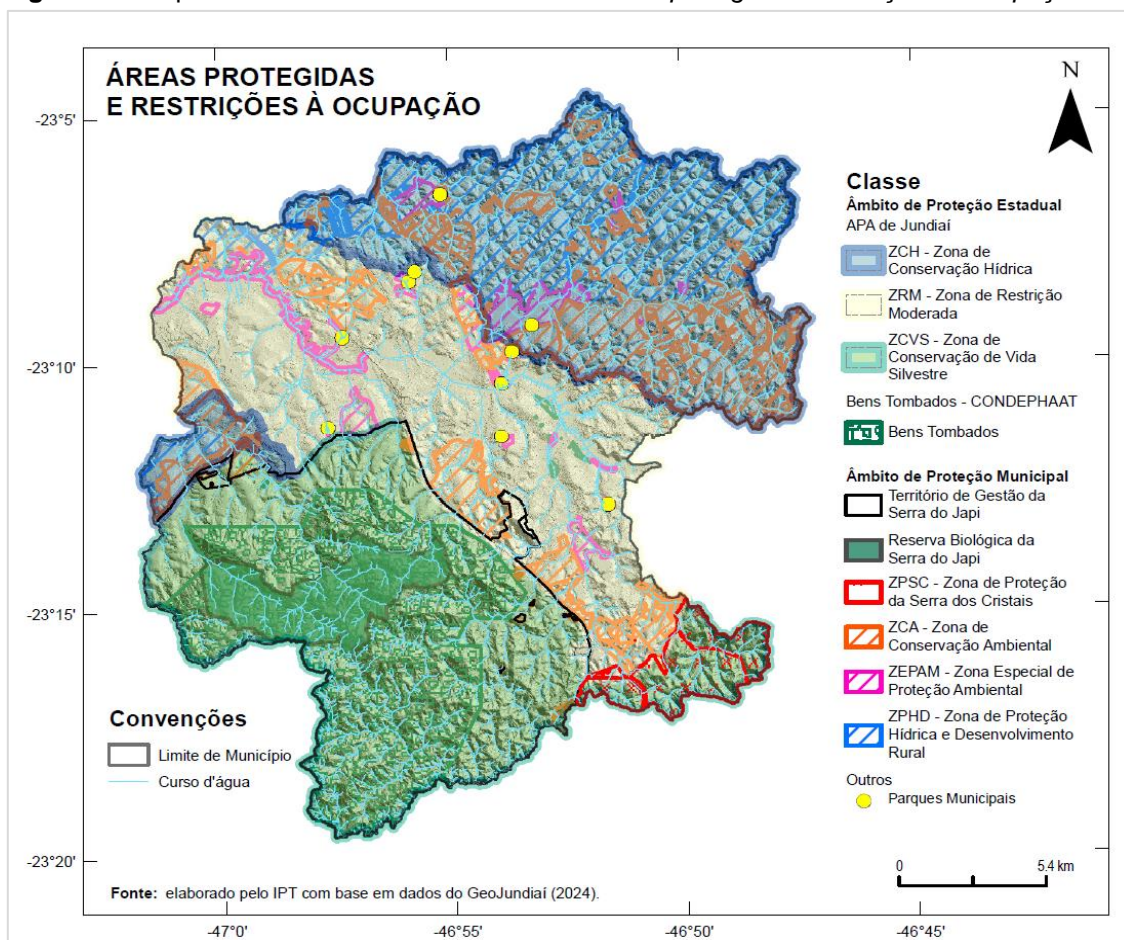
Figura 14- Mapa intermediário referente ao tema *Agregados para Construção Civil*.



6.14 Áreas protegidas e restrições à ocupação

Este mapa temático indica as áreas protegidas e com restrições à ocupação, estabelecidas em legislação e representáveis na escala de referência (**Figura 15**). No âmbito estadual, tem-se a Área de Proteção Ambiental (APA) de Jundiá, UC de uso sustentável, conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), compreendendo: Zona de Conservação Hídrica (ZCH); Zona de Restrição Moderada (ZRM); e Zona de Conservação de Vida Silvestre (ZCVS). Inclui-se, também, a Serra do Japi, patrimônio natural tombado pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT). No âmbito municipal, conforme o Plano Diretor Municipal (PDM), destacam-se: Zona de Proteção Hídrica e Desenvolvimento Rural (ZPHD); Zona de Proteção da Serra dos Cristais (ZPSC); Zona de Conservação Ambiental (ZCA); Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPAM); e Território de Gestão da Serra do Japi (TGSJ), que abriga a Reserva Biológica (REBIO), UC de proteção integral. Indica-se, ainda, a localização de Parques Municipais. Áreas de Preservação Permanente (APPs) previstas no Código Florestal (BRASIL, 2012b), vegetação abrangida pela Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006), entornos de bens tombados e UCs menores, entre outras áreas não cartografadas em razão da escala, devem ser mapeadas e consideradas em iniciativas de uso e ocupação do solo. O produto gerado é um dos temas complementares utilizados na definição das UGs, incluindo-se a UC de proteção integral na Carta Síntese (**item 9**).

Figura 15- Mapa intermediário referente ao tema *Áreas protegidas e restrições à ocupação*.



7. ZONEAMENTO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

A abordagem com foco em processos do meio físico se constitui como base metodológica à elaboração da CGAU-MJ. Visa-se compartimentar o território em unidades homogêneas quanto à dinâmica interativa predominante dos processos geológicos e hidrológicos face ao uso e ocupação do solo. As UGs são delimitadas a partir da identificação de processos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos), tendo em conta fatores condicionantes, tanto predisponentes (intrínsecos ao meio físico) quanto de indução, deflagração e/ou aceleração (associados a fatores externos). Os procedimentos se fundamentam na análise das suscetibilidades aos processos identificados, considerando-se os fatores predisponentes básicos (relevo, geologia, solos, hidrografia, águas subterrâneas) e prováveis alterações decorrentes de fatores de indução, deflagração e/ou aceleração relacionados ao clima (pluviometria) e ao uso e ocupação do solo (urbanização, infraestrutura, mineração e outros).

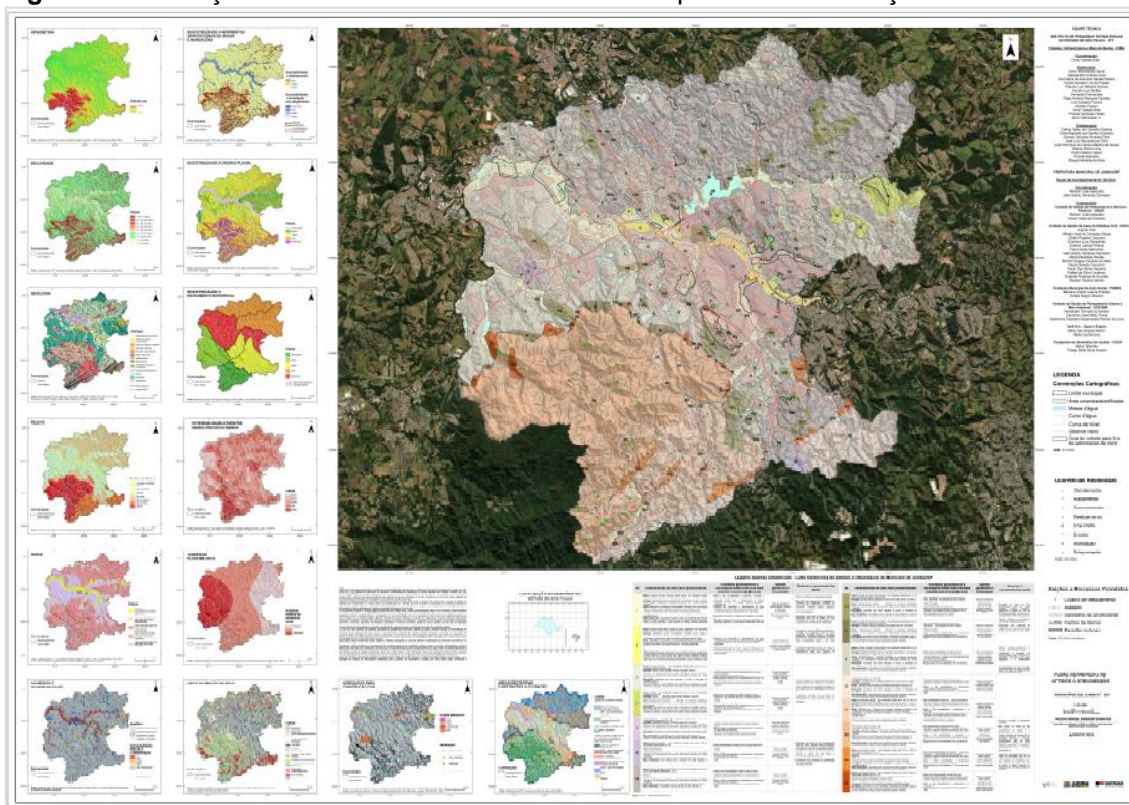
Diante da relevância dos processos condicionados pelo relevo, geologia e solos, conforme verificados durante os trabalhos de campo, realizou-se uma primeira análise a partir desses três fatores, de acordo com as respectivas classes indicadas nos mapas temáticos (padrão de relevo, litologia e grupo de solos). O padrão de relevo se sobressai nesse contexto, dado que sintetiza o resultado dos processos atuantes. A litologia reflete a diversidade e influência das várias formações geológicas mapeadas, assim como as estruturas associadas. Os solos se agrupam conforme o grau de maturidade do horizonte residual (jovem ou maduro, frente aos processos pedogenéticos e de intemperismo físico-químico) e a natureza da rocha (sedimentar ou cristalina). Ao todo, têm-se sete classes de relevo, treze de litologia e cinco de solos.

Efetuando-se a correlação entre as distintas classes temáticas, com vistas à compartimentação geotécnica do Município, distinguem-se 43 unidades homogêneas a examinar, dezesseis das quais com abrangência territorial reduzida ($< 1 \text{ km}^2$) ante a escala de mapeamento adotada (1:10.000). Incorporando-se as unidades menores a outras maiores, com base em similaridades de características dos fatores predisponentes considerados, bem como em razão da representatividade cartográfica na escala de mapeamento, obtêm-se 27 unidades, variando entre $1,0 \text{ km}^2$ e 72 km^2 .

Essas unidades foram, então, avaliadas individualmente, com foco nas suscetibilidades incidentes e na interpretação da provável influência dos fatores de indução, deflagração e/ou aceleração dos processos, sendo agrupadas por semelhança quanto ao comportamento geotécnico atual e/ou esperado. Na análise, ressaltaram-se as suscetibilidades aos processos de inundação, recalque, deslizamento, queda de rocha, erosão pluvial, desagregação superficial e enxurrada, conforme dados obtidos a partir dos mapas temáticos correspondentes. Outros aspectos contidos nos demais mapas temáticos foram incorporados à análise e também contribuíram para a definição das UGs.

Ao final, obteve-se o total de quinze UGs, a partir do qual se efetuou o zoneamento geotécnico do território municipal, conforme ilustração em escala reduzida do mapa integrado da CGAU-MJ (**Figura 16**). Nesse produto, incluem-se todos os mapas temáticos intermediários gerados, assim como o respectivo Quadro-legenda simplificado, além de outros dados e informações que podem ser úteis às aplicações da CGAU-MJ previstas na PNPDEC.

Figura 16- Ilustração reduzida da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Jundiaí/SP.



Fonte: elaborada pelo IPT.

A nomenclatura adotada para as quinze UGs se baseia em sequência de algarismos romanos (UG I a UG XV). Cada UG é descrita no Quadro-legenda simplificado quanto aos seguintes aspectos: características predominantes em relação ao meio físico; processos geológicos e/ou hidrológicos atuais e/ou prováveis, ante os fatores de indução, deflagração ou aceleração; classificação da aptidão geotécnica à urbanização; e diretrizes e recomendações gerais ao uso e ocupação do solo. As descrições completas desses aspectos, assim como outros dados complementares, incluindo-se aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação do solo, encontram-se no **APÊNDICE A** deste Guia.

Diretrizes e recomendações específicas para segurança do uso e ocupação do solo, gestão de riscos e aproveitamento de agregados para construção civil estão, também, apresentadas no **APÊNDICE A**, tendo em conta a perspectiva de adaptação a mudanças climáticas. Em relação ao uso e ocupação do solo e à gestão de riscos, as diretrizes e recomendações específicas estão separadas para *áreas não ocupadas* (aplicáveis também a situações de mudança do tipo de uso) e para *áreas ocupadas*. Inclui-se, ainda, breve lista de estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis ao planejamento de projetos de engenharia, bem como imagens ilustrativas de características das UGs.

Dessa forma, o **APÊNDICE A** contém o conjunto completo de dados e informações obtidos acerca de características, potencialidades e limitações das UGs que compõem a CGAU-MJ, tendo em vista as finalidades do instrumento.

Os aspectos de aptidão geotécnica e as diretrizes e recomendações gerais, conforme apresentados no Quadro-legenda simplificado do mapa integrado da CGAU-MJ, estão reproduzidos no **Quadro 2** a seguir.

Quadro 2- Diretrizes e recomendações gerais ao uso e ocupação do solo em cada Unidade Geotécnica (UG), de acordo com a aptidão geotécnica à urbanização.

UG	Aptidão geotécnica à urbanização	Diretrizes e recomendações gerais
I	Áreas em contexto de relevo de planícies e terraços baixos, contendo sedimentos inconsolidados, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar a proteção e conservação ambiental; • Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a inundação e/ou alagamento. Ocupação em áreas de Média suscetibilidade pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe; e • Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização.
II	Áreas em contexto de relevo de terraços altos, contendo sedimentos inconsolidados e colúvios, geralmente de baixa a média aptidão.	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação em áreas de Média suscetibilidade a inundação e/ou alagamento pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário. Ocupação em áreas de Baixa suscetibilidade tende a ser viável localmente, mediante estudos básicos; e • Edificações preexistentes podem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização.
III	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo arenitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão.	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico a intermediário, a depender das suscetibilidades locais, evitando-se a exposição prolongada de solos saprolíticos e a desagregação superficial; e • Eventuais ocorrências e/ou evidências de instabilização em áreas ocupadas podem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada.
IV	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo ritmitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão.	
V	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo metabasitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação em áreas de Alta suscetibilidade pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em áreas de suscetibilidades Média e Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos a realizar em nível básico a intermediário, respectivamente; e • Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada.
VI	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo filitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.	
VII	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo xistos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.	
VIII	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo granitos, granitóides e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.	
IX	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo quartzitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.	
X	Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo gnaisses, migmatitos e solos jovens e maduros, geralmente de média a alta aptidão.	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico a intermediário, a depender das suscetibilidades locais, evitando-se a exposição prolongada de solos saprolíticos e a erosão pluvial; e • Eventuais ocorrências e/ou evidências de instabilização em áreas ocupadas podem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada.
XI	Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo filitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão.	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar a proteção e conservação ambiental; • Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a enxurrada, assim como em zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante. Ocupação em áreas de Média suscetibilidade pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário; e • Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, incluindo-se zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante.
XII	Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo granitos, granitóides e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.	
XIII	Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo quartzitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.	
XIV	Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo xistos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.	
XV	Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo gnaisses, migmatitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.	

Fonte: elaborado pelo IPT.

8. ESTUDOS, INVESTIGAÇÕES E ENSAIOS GEOTÉCNICOS APLICÁVEIS

O conhecimento prévio das condições do solo e do subsolo em dado local é condição básica para elaboração de projetos de fundações, estruturas de contenção e outras obras de engenharia, de modo a que sejam instaladas de forma segura e sustentável, tanto sob o ponto de vista econômico quanto socioambiental. Tal conhecimento deve ser obtido por meio de estudos, investigações e ensaios geotécnicos apropriados ao contexto específico, determinando-se propriedades e parâmetros dos solos e rochas que compõem o perfil geológico e, assim, fundamentar a elaboração de projetos adequados, seja em nível conceitual, anteprojeto, projeto básico ou projeto executivo.

Com a finalidade de auxiliar uma primeira abordagem do tema, particularmente no âmbito da utilização da CGAU-MJ em suas aplicações ao planejamento de projetos em escala local, ilustra-se, a seguir, alguns dos possíveis estudos, investigações e ensaios geotécnicos que podem ser realizados, tendo em conta as características de cada UG mapeada.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos

Os estudos e investigações para fins de projeto de engenharia podem ser subdivididos em dois grupos (MARRANO, IYOMASA e MIYASHIRO, 2018):

- **Estudos e investigações de superfície**, que incluem inspeções de reconhecimento e mapeamento de campo, para caracterização de processos da dinâmica superficial (FORNASARI FILHO et al., 1992; e FORNASARI FILHO e FARIA, 2018), podendo se utilizar de dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite, sobrevoos de drone), técnicas de geoprocessamento e outros insumos materiais e digitais; e
- **Estudos e investigações de subsuperfície**, que envolvem a execução de poços, trincheiras, sondagens mecânicas (trado, percussão, rotativa, mista) e levantamentos geofísicos em áreas terrestres e submersas. Os terrestres podem ser realizados com emprego de métodos de sísmica de refração e reflexão, eletrorresistividade, potencial espontâneo, radar de penetração no solo (GPR), magnetometria, gravimetria, perfilagem de poços, entre outros. Em áreas submersas incluem-se batimetria e sonar de varredura lateral, além de perfilagem sísmica (SOUZA e GANDOLFO, 2018).

Estudos hidrológico-hidráulicos em superfície e de hidrogeologia em subsuperfície podem ser requeridos. A integração de informações de superfície e de subsuperfície, em escala local, tende a propiciar a individualização dos diferentes compartimentos geológico-geotécnicos presentes nos solos.

Ensaio para obtenção de parâmetros geotécnicos podem também ser realizados, a depender da necessidade de detalhamento. Os ensaios podem ser de laboratório ou campo. Em casos específicos, podem-se utilizar retroanálises de rupturas de taludes ocorridas em solo, assim como de taludes com evidências de ruptura iminente, restritas a situações onde ocorrem os mesmos tipos de solos, geometrias similares e condições de pressões neutras equivalentes, de modo a permitir a extrapolação de resultados (GOMES, 2003).

Breve lista de “Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis” é apresentada no **APÊNDICE A**, de acordo com cada UG, nos quadros referentes a *4. Diretrizes e recomendações: 4.1 Para a segurança do uso e*

ocupação do solo e gestão de riscos. Indica-se, ainda, estudos e investigações gerais de caráter geológico-geotécnico e hidrológico-hidráulico a realizar em “Áreas não ocupadas” e Áreas ocupadas”, entre outros, quando pertinentes, podendo ser em nível básico, intermediário ou de detalhe, conforme a UG.

Organização de banco de dados

Convém considerar a oportunidade da organização de um banco de dados sobre sondagens e ensaios geotécnicos realizados no território municipal, no âmbito da PMJ. Tal banco deve ter caráter de acervo orientativo, fundamentado em casos de trabalhos de campo e de laboratório referentes a obras construídas ou em construção, fornecendo dados sobre características geotécnicas e parâmetros dos solos e rochas para composição do modelo geológico-geotécnico local, em distintas UGs mapeadas na CGAU-MJ.

Com base em quantidade representativa de casos em cada UG, pode-se reunir um conjunto de dados e informações auxiliares ao pré-dimensionamento de projetos de engenharia. Cabe observar, contudo, que tais projetos deverão ser detalhados a partir de sondagens e ensaios locais, conforme normas técnicas de amostragem e condições de solicitação previstas. Normas da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) são importantes nesse contexto. Podem-se utilizar, também, correlações entre ensaios de campo e de laboratório, para estimativas de parâmetros de projetos.

A partir de parâmetros associados a cada UG, pode-se, por exemplo, correlacionar valores de SPT (*Standard Penetration Test*), obtidos por meio de sondagens de simples reconhecimento dos solos, com os parâmetros de resistência ao cisalhamento (c =coesão e ϕ =ângulo de atrito). Limites de consistência dos solos (Limite de Liquidez-LL, Limite de Plasticidade-LP) podem também ser incorporados. Essa correlação pode ser utilizada em estudos de viabilidade técnico-econômica ou projetos básicos de engenharia.

A compilação de resultados de diferentes tipos de ensaios realizados em nível de escala local, com base em dados e informações de projetos básicos e/ou executivos submetidos à análise das equipes técnicas municipais, em função dos procedimentos legais e administrativos instituídos para as finalidades de autorização e licenciamento urbanístico-ambiental, pode se constituir em base para a composição e desenvolvimento do banco de dados. Esse banco deve contar com informações sobre ensaios realizados, bem como eventuais retroanálises que estejam disponíveis, subsidiando a definição e o aprimoramento da relação de investigações a solicitar em empreendimentos futuros, de acordo com a localização do projeto e a UG correspondente.

Ressalta-se que a utilização de parâmetros, como os de resistência ao cisalhamento, a obter por meio do banco de dados, segundo uma mesma UG, requer a adoção de critérios técnicos que levem em conta a representatividade amostral dos ensaios realizados e cujos resultados estejam disponíveis. Além disso, deve-se considerar a localização do ponto de estudo pretendido em relação aos locais que deram origem às informações, observando-se que, em face de prováveis incertezas quanto à representatividade desses parâmetros, torna-se sempre recomendável utilizar os valores que favoreçam uma condição de maior nível de segurança das obras, em vista do projeto de engenharia em análise no âmbito da administração municipal.

9. CARTA SÍNTESE DE APTIDÃO GEOTÉCNICA

A partir da aptidão à urbanização atribuída a cada UG, conforme dados do Quadro-legenda simplificado e **APÊNDICE A**, pode-se elaborar uma Carta Síntese, utilizando-se o padrão semaforico de visualização (vermelho, amarelo e verde). Busca-se propiciar uma visualização geral da distribuição das classes de aptidão no território municipal, de acordo com os seguintes critérios básicos:

- **Baixa aptidão e/ou inapta** (vermelho), atribuída às UGs nas quais as características e os processos geológicos e/ou hidrológicos atuais e/ou prováveis envolvem aspectos predominantemente desfavoráveis à ocupação do solo: UG XI. Incluem-se, também, as UGs I, XII, XIII, XIV e XV, que podem, ainda, abrigar zonas consideradas como de *muito baixa aptidão*;
- **Média aptidão** (amarelo), atribuída às UGs nas quais as características e os processos geológicos e/ou hidrológicos atuais e/ou prováveis indicam equilíbrio entre aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação do solo: UGs V, VI, VII, VIII e IX. Inclui-se, também, a UG II, que pode, ainda, abrigar zonas consideradas como de *baixa aptidão*; e
- **Alta aptidão** (verde), atribuída às UGs nas quais as características e os processos geológicos e/ou hidrológicos atuais e/ou prováveis envolvem aspectos predominantemente favoráveis à ocupação do solo: UGs III e IV. Inclui-se, também, a UG X, que pode, ainda, abrigar zonas consideradas de *média aptidão*.

Apresentam-se, no **Quadro 3**, as UGs (identificadas pelo algarismo e cor individual, conforme **item 7**), com as respectivas classes de aptidão (indicadas pela cor no padrão semaforico) e áreas de incidência no território municipal.

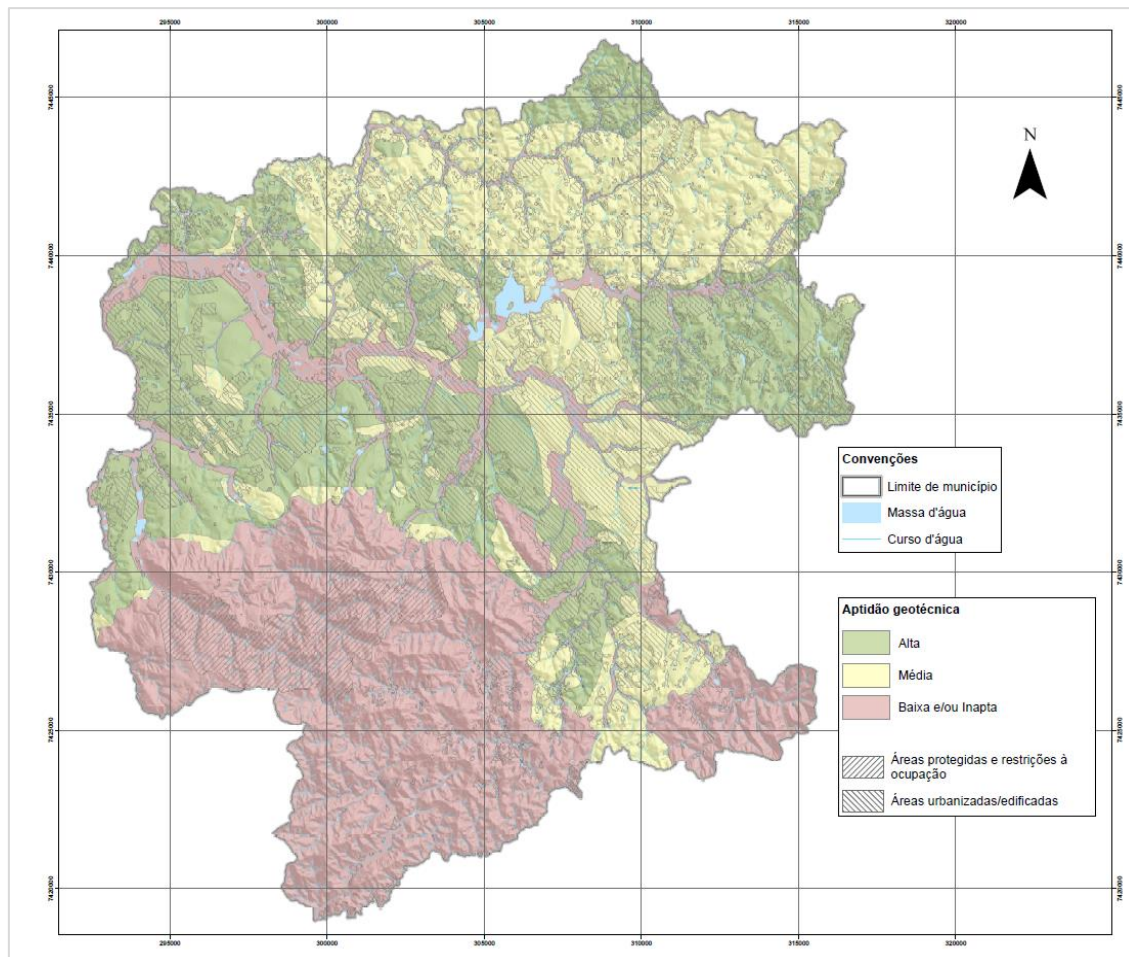
Quadro 3- Classificação das Unidades Geotécnicas (UGs) quanto à aptidão geotécnica predominante, com a respectiva área de incidência no território municipal (km² e %).

UG	Área de incidência, segundo a aptidão geotécnica predominante (km²)			%
	Baixa e/ou Inapta	Média	Alta	
I	37,37			8,68
II		4,91		1,14
III			3,99	0,93
IV			5,35	1,24
V		1,00		0,23
VI		1,39		0,32
VII		100,40		23,32
VIII		17,14		3,98
IX		3,79		0,88
X			125,06	29,05
XI	16,78			3,90
XII	28,13			6,53
XIII	77,40			17,98
XIV	4,77			1,11
XV	2,98			0,69
Total	167,43	128,63	134,40	100,00
	430,46			

Fonte: elaborado pelo IPT. Obs.: Sigla UG - Unidade Geotécnica.

A partir da classificação da aptidão geotécnica à urbanização para as quinze UGs delimitadas, pode-se configurar a Carta Síntese, apresentada segundo o padrão semafórico de visualização (**Figura 17**).

Figura 17- Ilustração da Carta Síntese de aptidão geotécnica do Município de Jundiá/SP, conforme dados da classificação predominante atribuída a cada Unidade Geotécnica (UG).



Fonte: elaborada pelo IPT.

Na ilustração, inclui-se a UC de proteção integral (REBIO da Serra do Japi), conforme mapa de *Áreas protegidas e restrições à ocupação*, indicando a associação com restrições estabelecidas. Reitera-se que APPs e outras áreas protegidas com abrangência territorial reduzida não estão aqui cartografadas, em razão da escala, devendo, contudo, ser mapeadas e consideradas em novas iniciativas e projetos de ocupação. Contém, ainda, a classe de *áreas urbanizadas/edificadas* (extraída do mapa de *Uso e Ocupação do solo*), para auxiliar na identificação de locais onde as interações entre a ocupação e o meio físico podem estar modificando as suscetibilidades aos processos considerados, para mais ou para menos, requerendo-se análise local.

De modo geral, pode-se observar o predomínio de áreas de baixa aptidão e/ou inaptas na região sul-sudoeste e ao longo de cursos hídricos. Por sua vez, as áreas de média aptidão se concentram nas porções centro-norte e sudeste, enquanto as de alta aptidão predominam no centro-oeste, leste e norte extremo. Nota-se, ainda, que a maior parte das áreas urbanizadas/ocupadas se encontra em zonas de alta e média aptidão.

10. APLICAÇÕES DA CGAU-MJ

Tendo em conta o conjunto de dados e informações gerado na elaboração da CGAU-MJ, pode-se efetuar considerações gerais sobre frentes de aplicação do instrumento cartográfico. Tal conjunto compreende: mapas temáticos intermediários (**item 6**); zoneamento geotécnico, contido no mapa integrado da CGAU-MJ (**item 7**); indicação de estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis ao planejamento de obras de engenharia, conforme a UG (**item 8**); descrição das respectivas UGs (**APÊNDICE A**); e Carta Síntese (**item 9**).

As considerações apresentadas na sequência têm caráter ilustrativo e não excluem a possibilidade de que outras frentes de aplicação possam ser apontadas e desenvolvidas (como recursos hídricos, educação ambiental, ecoturismo e outras). Abordam-se, a seguir, as aplicações básicas esperadas em vista das finalidades explicitadas na PNPDEC, para a segurança e aprovação de novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para construção civil, contemplando: macrozoneamento do território municipal; zoneamento do uso e ocupação do solo; gestão de riscos geológicos e/ou hidrológicos; planejamento de obras, intervenções urbanas e empreendimentos; e aproveitamento de agregados.

No macrozoneamento do território municipal

A CGAU-MJ abrange a totalidade do território municipal, devendo ser utilizada na formulação e implementação de instrumentos de planejamento do uso e ocupação do solo, como o PDM e suas revisões, que podem redefinir perímetros urbanos, conforme previsto na PNPDEC, considerando-se as características de cada UG contida no zoneamento geotécnico elaborado.

A delimitação da abrangência e as diretrizes para o desenvolvimento da macrozona urbana, conforme apontada no PDM, ou de sua equivalente, em caso de revisão, podem se fundamentar na distribuição territorial das áreas de baixas suscetibilidades aos processos geológicos e hidrológicos mapeados, que geralmente correspondem a áreas classificadas como de alta aptidão geotécnica à urbanização. Ao mesmo tempo, deve-se evitar a urbanização em áreas com altas suscetibilidades, que geralmente correspondem a áreas de baixa aptidão e/ou inaptas, ou seja, regiões onde os problemas geotécnicos gerados na interação com a ocupação podem ocorrer de modo significativo. As áreas classificadas como de média aptidão devem ser avaliadas caso a caso, para fins de consideração ou não no âmbito da referida macrozona, a depender das características de cada uma das UGs incidentes.

Por seu lado, a macrozona rural, conforme apontada no PDM, ou de sua equivalente, em caso de revisão, tendo em vista as zonas de proteção hídrica e de proteção das serras do Japi e dos Cristais que abriga, pode se apoiar na distribuição territorial das áreas de altas suscetibilidades aos processos geológicos e hidrológicos mapeados, que geralmente correspondem a áreas classificadas como de baixa aptidão e/ou inaptas à ocupação. Essas áreas de altas suscetibilidades podem, ainda, ser objeto de políticas e planos específicos de proteção hídrica e ambiental, incluindo-se a criação de novas UCs e respectivos planos de manejo. As áreas de médias suscetibilidades, geralmente com média aptidão à urbanização podem ser associadas ao desenvolvimento rural e também à proteção hídrica.

No zoneamento do uso e ocupação do solo

A CGAU-MJ deve ser utilizada na delimitação da abrangência e no desenvolvimento das zonas definidas no PDM e em sua regulamentação, assim como no estabelecimento de parâmetros urbanísticos e ambientais correspondentes, subsidiando as atividades periódicas de revisão das normas de parcelamento e de uso e ocupação do solo.

De uma maneira geral, pode-se considerar a associação preferencial dos tipos de zonas que se destinam à proteção, preservação e conservação ambiental com as áreas de altas suscetibilidades aos processos geológicos e hidrológicos mapeados, as quais geralmente correspondem a áreas classificadas como de baixa aptidão à urbanização. As áreas classificadas em média aptidão devem ser avaliadas caso a caso, para fins de consideração ou não nessas zonas, a depender das características das UGs incidentes.

Zonas destinadas ao desenvolvimento urbano, preservação e qualificação de bairros, reabilitação central e uso industrial, assim como zonas especiais de regularização fundiária e de interesse social, histórico e cultural, entre outras que venham a ser estabelecidas para fins específicos, podem se associar, preferencialmente, a áreas de baixas suscetibilidades. Dadas as demandas de ocupação que tendem a atrair, podem ser dirigidas para áreas classificadas como de alta aptidão à urbanização. As áreas classificadas em média aptidão devem ser avaliadas caso a caso, para fins de inclusão ou não nas referidas zonas, a depender das características das UGs incidentes.

Considerando-se as áreas protegidas (**subitem 6.14**), como UCs e outras, há que se salientar a significativa expressão territorial de áreas com vegetação, em especial a classe de Floresta Ombrófila Densa, que ocupa cerca de 1/3 do território municipal (**subitem 6.12**). Além das zonas de proteção das serras do Japi e dos Cristais, que já dispõem de instrumentos protetivos específicos, outras áreas cobertas por essa classe de vegetação podem ser avaliadas e protegidas no zoneamento. O Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA – BRASIL, 2006), instrumento legal que visa a proteção, conservação e recuperação da vegetação nativa da Mata Atlântica em nível municipal, também pode se inserir nesse contexto.

Mesmo as áreas classificadas como de alta aptidão poderão ter limitações à ocupação, em razão da presença significativa de vegetação e da incidência de outros aspectos restritivos, mapeáveis em escala ampliada e em nível local. Ainda, zonas com áreas de baixa aptidão e/ou inaptas podem contribuir no desenvolvimento de estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas, mediante manutenção e/ou recuperação de florestas, tendo em vista a função exercida pela biota na retenção de carbono e na redução da concentração de gases de efeito estufa acumulados na atmosfera.

No caso específico das zonas de proteção das serras do Japi e dos Cristais, onde predominam áreas de altas suscetibilidades, geralmente de baixa aptidão e/ou inaptas, conforme incidência dominante nessas regiões, notam-se áreas adjacentes de média aptidão. Além de ser objeto de planos específicos de proteção ambiental, incluindo-se a criação de novas UCs de proteção integral e respectivos planos de manejo, essas duas regiões serranas podem agregar áreas circunvizinhas de média aptidão, a depender das UGs incidentes.

Na gestão de riscos geológicos e/ou hidrológicos

As ações estratégicas voltadas à gestão integrada de riscos e desastres, conforme o Acordo de Sendai (UN, 2015) e a PNPDEC (BRASIL, 2012a), compreendem: *prevenção*, *mitigação*, *preparação*, *resposta* e *recuperação*. As três primeiras são anteriores à ocorrência de um evento, constituindo a gestão de riscos propriamente dita. As duas últimas se referem à gestão das consequências de um evento ou desastre ocorrido. Cada ação requer a elaboração de plano próprio, que devem ser integrados em um plano maior.

A *prevenção* visa evitar a criação de novas situações de risco, geradas pela ocupação em áreas suscetíveis a processos geológicos ou hidrológicos ou pela alteração de fatores locais, que podem levar ao risco onde antes não havia. A *mitigação* visa reduzir riscos existentes, por meio de medidas estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras). A *preparação* visa implantar sistemas de alerta, mobilização e contingência, organizando a estrutura e o funcionamento da *resposta* em emergências. A *resposta* busca proteger vidas e bens, restabelecendo serviços públicos essenciais, enquanto a *recuperação* visa reconstruir a infraestrutura e reabilitar as dinâmicas socioambiental e econômica afetadas pela severidade do evento ou desastre.

Nesse contexto, ao indicar zonas inaptas ou de baixa aptidão à urbanização, a CGAU-MJ tende a contribuir principalmente na *prevenção*, de modo a evitar a ocupação (ou ampliação da ocupação) de áreas suscetíveis. Por outro lado, a presença de “áreas de risco” em UGs de alta aptidão sugere situações de risco criado pelo modo de intervenção. A compreensão plena das causas dessas situações pode contribuir para evitar a criação de “áreas de risco” no futuro.

A *recuperação* também pode se beneficiar da CGAU-MJ, mediante seleção de áreas mais favoráveis a projetos de moradias, por exemplo, para atendimento a populações vulneráveis ameaçadas ou afetadas por desastres, entre outras ações referentes a políticas públicas correlatas, como a habitacional e a de regularização fundiária. Nessas situações, as zonas de baixas suscetibilidades aos processos mapeados, presentes no conjunto de mapas temáticos, assim como nas UGs que apresentam condições mais favoráveis à ocupação, correspondem às áreas recomendadas para fins de planejamento, instalação e operação de novos empreendimentos habitacionais.

Ainda no contexto habitacional, dadas as iniciativas de regularização fundiária em projetos de interesse social voltados a assentamentos precários, as informações da CGAU-MJ poderão auxiliar nos estudos técnico-ambientais requeridos nesses casos, assim como em trabalhos continuados de setorização de riscos dirigidos à *mitigação*. Tais trabalhos tendem a subsidiar a elaboração do respectivo plano municipal de redução de riscos (PMRR).

No planejamento de obras, intervenções urbanas e empreendimentos

As diretrizes e recomendações específicas da CGAU-MJ, contidas no **APÊNDICE A**, foram desenvolvidas para duas situações principais, referentes às condições pretendidas ou vigentes em termos de uso e ocupação do solo, distinguindo-se *áreas não ocupadas* e *áreas ocupadas*.

No caso do planejamento de novas obras, intervenções e empreendimentos, como parcelamento do solo (loteamentos, condomínios e similares), em *áreas*

não ocupadas, assim como propostas de reurbanização em *áreas ocupadas*, deve-se primeiramente reunir evidências que propiciem subsidiar a tomada de decisão quanto à deflagração ou não dos estudos de viabilidade técnica e ambiental necessários ao planejamento da implantação. Em caso afirmativo, pode-se prosseguir no desenvolvimento de projeto conceitual ou anteprojeto de engenharia, bem como nos estudos ambientais correspondentes, que podem incluir SbN, subsidiando o diagnóstico do meio físico e a avaliação de impactos requeridos para fins de autorização e licenciamento urbanístico-ambiental.

Para tal, recomenda-se a realização de *avaliação locacional prévia*, conforme roteiro apresentado neste Guia (**APÊNDICE B**), uma vez que o foco das análises a realizar deve estar inicialmente voltado às condições geológicas inerentes ao local de interesse. As atividades correlatas estão discutidas no roteiro citado e envolvem: localização do empreendimento na CGAU-MJ; identificação da UG correspondente; análise dos dados e informações contidas na CGAU-MJ; verificação de campo e levantamento complementar; análise integrada em vista das condições geológicas; e elaboração e apresentação de parecer técnico final contendo as conclusões e recomendações.

Os resultados da *avaliação locacional prévia* objeto do roteiro sugerido devem ser expressos de modo sucinto na parte de conclusões e recomendações do referido parecer, indicando-se uma dentre três possibilidades: i) as condições geológicas do local propiciam abrigar o empreendimento, podendo-se apensar uma lista de estudos complementares a realizar em nível de detalhe; ou ii) as condições geológicas do local não favorecem a instalação do empreendimento pretendido, desaconselhando-se sua implantação, devendo-se buscar alternativas locais e/ou tecnológicas; ou iii) não foi possível obter um parecer conclusivo, devendo-se, nesse caso, mencionar os estudos, investigações e ensaios que se julguem necessários para a definição quanto às condições geológicas no local (**APÊNDICE B**).

No aproveitamento de agregados para construção civil

O aproveitamento de areia e brita, além de argila, cascalho e saibro para material de empréstimo/aterro, entre outros insumos minerais com aplicação direta na construção civil, pode gerar impactos e se envolver em conflitos de uso do solo nas áreas onde se realiza, assim como em sua circunvizinhança.

A localização das atividades e a incidência de títulos de direitos minerários são apontadas na CGAU-MJ com a finalidade de subsidiar a gestão desses aspectos pela PMJ. Diretrizes e recomendações básicas para a segurança e sustentabilidade da mineração são apresentadas no **APÊNDICE A**, de acordo com as UGs onde ocorrem e/ou se identificam potencialidades.

Destaca-se a importância da gestão ambiental na operação, compreendendo a adoção de práticas sustentáveis e a recuperação das áreas degradadas. Os procedimentos devem incluir plano de fechamento de mina (PFM) e plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). Situações de descaracterização de barragens de rejeito devem também ser abordadas. Em minas nas quais se constatem processos avançados de instabilização e degradação do solo, ameaçando a viabilidade de reabilitação futura, seja esta pela urbanização, conservação ambiental ou outro uso, deve-se proceder à execução antecipada de medidas de estabilização geotécnica.

11. LIMITAÇÕES AO USO DA CGAU-MJ

A CGAU-MJ contém um conjunto integrado de diretrizes e recomendações ao planejamento territorial, parcelamento do solo, licenciamento urbanístico-ambiental, gestão de riscos e aproveitamento de agregados para construção civil. Objetiva-se contribuir para a segurança e sustentabilidade da ocupação, evitando-se os problemas geotécnicos e a criação de “áreas de risco”.

A escala da CGAU-MJ é 1:10.000, sendo apresentada em mapa integrado na escala 1:50.000 para facilitar a visualização do zoneamento geotécnico com o Quadro-legenda simplificado, bem como sua eventual impressão em papel.

A delimitação das UGs no âmbito do zoneamento geotécnico é adequada à escala adotada (1:10.000), podendo apresentar variações quando observada em campo, inclusive quanto à aptidão geotécnica correspondente. Variações podem ser atribuídas, também, a interações locais com AUEs. Qualquer uso da CGAU-MJ em outra escala que não seja a de referência deve ser evitada, pois pode resultar em conclusões equivocadas acerca da aptidão geotécnica.

As UGs foram definidas com base na análise da interação de processos da dinâmica superficial com fatores de indução, deflagração e/ou aceleração (pluviometria, urbanização, infraestrutura, mineração e outros). As atividades indutoras consideradas referem-se a intervenções em superfície, não contemplando obras subterrâneas em profundidade, as quais requerem estudos detalhados para caracterização dos maciços rochosos no subsolo.

O Quadro-legenda simplificado contém informações sobre características do meio físico predominantes em cada UG, assim como os respectivos processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou potenciais, aptidão geotécnica e diretrizes e recomendações gerais ao uso e ocupação do solo. Diretrizes e recomendações específicas estão contidas no **APÊNDICE A** deste Guia, devendo ser sempre consultado na aplicação da CGAU-MJ.

A CGAU-MJ tem caráter orientativo, propiciando uma primeira aproximação ao conhecimento geotécnico em cada UG e não substitui a necessidade de estudos detalhados para projetos de engenharia, seja em nível de anteprojeto, básico ou executivo, a cargo do empreendedor. O **APÊNDICE B** contém breve roteiro para *avaliação locacional prévia*, visando-se obter tal aproximação e indicar os casos em que se deve buscar maior detalhamento.

Na CGAU-MJ, não se incluem análises sobre a legislação aplicável em nível local, considerando-se o pressuposto de que a ocupação deva ser realizada sempre em conformidade com os requisitos vigentes em âmbito federal, estadual e municipal, em especial as normas ambientais, urbanísticas, regularização fundiária, proteção de mananciais hídricos, comunidades tradicionais, patrimônio, mineração, segurança de barragens, adaptação a mudanças climáticas, gestão de riscos e defesa civil.

No caso da legislação ambiental, ressalta-se a importância da delimitação prévia de Áreas de Preservação Permanente (APPs), bem como a observância das normas referentes ao licenciamento de empreendimentos e a autorizações para fins de supressão vegetal em escala de projeto de engenharia.

Os produtos cartográficos gerados devem ser atualizados periodicamente pela PMJ, recomendando-se sua utilização sempre em ambiente de SIG.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O zoneamento geotécnico e a classificação da aptidão foram elaborados de acordo com os processos geológicos e hidrológicos predominantes, podendo haver variações em nível local, em razão da escala de mapeamento. Com isso, as diretrizes e recomendações para cada UG não devem substituir, sob qualquer hipótese, os estudos a requerer em escala de projeto de engenharia.

Os resultados gerais obtidos mostram a incidência de áreas de *alta aptidão* à urbanização em 31 % do território municipal, bem como 30 % de *média* e 39 % de *baixa*. Cerca de 41 % das AUEs se assentam em *alta aptidão*, 35 % em *média* e 12 % em *baixa*. Estas últimas podem ser objeto de análises de perigo e, caso necessário, incorporadas ao sistema municipal de gestão de riscos.

A maior UC de proteção integral (REBIO da Serra do Japi) incide em apenas 12 % das áreas de *baixa aptidão*, indicando extenso potencial a proteger, o que pode ser desenvolvido a partir das áreas de Floresta Ombrófila Densa, que ocupa 1/3 do território. Tal proteção pode contemplar relevos íngremes (UGs XI a XV), mas também áreas planas inundáveis (UGs I e II), ante a probabilidade de chuvas intensas e/ou extremas, bem como de eventuais danos que possam ser gerados por barragens situadas a montante. Por outro lado, UGs de *alta aptidão* (UGs III, IV e X) e de *média* (UGs V, VI, VII, VIII e IX) podem, também, abrigar novas UCs, seja de uso sustentável ou proteção integral.

A elaboração da CGAU-MJ se desenvolveu com a perspectiva de aplicação integrada dos produtos no âmbito da PMJ, envolvendo equipes técnicas de distintas unidades gerenciais dedicadas ao planejamento e gestão do território e à proteção e defesa civil. A interação com usuários externos deve ser tratada nesse contexto, bem como a atualização continuada dos produtos. Para isso, recomenda-se a inclusão de profissionais de geologia, geografia e engenharia geotécnica nos quadros técnicos da PMJ, interagindo cotidianamente entre si na utilização da CGAU-MJ.

As cartas geotécnicas são instrumentos essenciais para gerir as interações entre as atividades humanas e o meio físico. Elas são requeridas pela PNPDEC e legislação correlata, em razão dos riscos envolvidos. Cartas de suscetibilidade tendem a auxiliar nas ações de prevenção; cartas de aptidão à urbanização contêm diretrizes para que a ocupação se realize de maneira segura e sustentável; e cartas de setorização de risco fornecem as bases para a mitigação de riscos locais. Os três tipos de cartas geotécnicas estão hoje disponíveis no Município de Jundiaí, devendo ser utilizados de modo integrado.

Os objetivos gerais referentes ao Acordo de Sendai são os de reduzir riscos existentes e evitar a criação de novos. Para tal, espera-se a atuação municipal nessas duas frentes, ou seja, tanto na gestão de riscos já identificados quanto na gestão do território, para evitar a ocupação de áreas suscetíveis e a geração de novos riscos no futuro. Ainda, em vista das ações prioritárias estabelecidas pelo Acordo, recomenda-se: ampliar a compreensão dos riscos (conhecendo-se o território e os múltiplos fatores que nele atuam, como ameaças, perigos, vulnerabilidades socioambientais e outros); fortalecer a governança frente ao risco de desastre (envolvendo governo, setor privado, comunidades afetadas e organizações da sociedade civil); viabilizar os investimentos para mitigação de riscos existentes; e aprimorar a preparação para resposta e recuperação efetivas, frente a cenários de eventos severos e desastres.

BIBLIOGRAFIA

- ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. **Problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo. ABGE/ABAS/SBG. 1992. 294 p.
- ABREU, A. E. S. de; AUGUSTO FILHO, O. Mapeamento geotécnico para gestão municipal. **Geotecnia**, n. 115, p. 45-80, mar. 2009.
- ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – SIGMINE – **Sistema de Informação Geográfica da Mineração**. Portal Geo ANM. 2024. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 24 set. 2024.
- ANTONELLI, T. (org.) *et al.* **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização**. Brasília, DF: CPRM, 2021. v. 2, versão1, 23 p.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. *In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS*, 1., 1992, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABMS; ABGE; PMRJ; SMO; GEORIO, 1992. v. 2, p. 721-733.
- ÁVILA, I. G. de *et al.* A exigência e importância de laudos geológicos na implantação de novos loteamentos. *In: CONGRESSO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE JUNDIAÍ*, 26, 1992, Praia Grande - SP. **Anais [...]**. Praia Grande: APM/Prefeitura Municipal de Praia Grande, 1992.
- BATISTA, J. J.; SIMÕES, L. S. A.; OLIVEIRA, M. A. F de; SOUZA FILHO, E. E. de. **Carta Geológica do Estado de São Paulo (1:50.000): Folha Jundiaí**. Rio Claro: Convênio Secretaria da Indústria, Ciência e Tecnologia/ Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de S. Paulo (Pró-Minério) e Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp, 1986. v. 1, 115 p. (Relatório Final).
- BATISTA, P. H. L. *et al.* Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente aos desastres: instrumento de suporte ao planejamento territorial com apoio do Ministério das Cidades. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL*, 15., 2015, Bento Gonçalves-RS. **Anais [...]**. São Paulo: ABGE, 2015.
- BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P. **Geologia das Folhas Jacareí (SF.23-Y-D-II-3), Tremembé (SF.23-Y-B-V-4), Taubaté (SF.23-Y-D-II-2) e Pindamonhangaba (SF.23-Y-B-VI-3), Estado de São Paulo, Escala 1:50.000**. São Paulo: Convênio PRÓ-MINÉRIO/IPT, 1990.
- BITAR, O. Y. (coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000**: Nota Técnica Explicativa. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014 (Publicação IPT 3016).
- BITAR, O. Y.; FREITAS, C.G.L. de; SEPE, P.M. Cartografia geotécnica, plano diretor e prevenção de desastres. **Téchne**, v. 20, edição 180, p. 68-74, mar. 2012.
- BITAR, O.Y.; SEPE, P. M. (coord.). **Carta geotécnica de aptidão à urbanização do município de São Paulo, SP**: Guia de utilização [livro eletrônico]. São Paulo: IPT; Prefeitura Municipal de São Paulo, 2024. 106 p. (IPT Publicação 3059) [on-line].
- BRASIL. Lei nº 10257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2001.
- BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 dez. 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.340, de 01 de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da união aos órgãos e entidades dos estados, distrito federal e municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o fundo nacional para calamidades públicas, proteção e defesa civil; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 dez. 2010a.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 abr. 2012a.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2012b.

- BRASIL. Governo Federal. **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais** – PNGRRDN. 2012c. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/d0d2a5b6f24df2fea75e7f5401c70e0d.pdf>. Acesso em: 11 set. 2013.
- BRASIL. Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 dez. 1973.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 dez. 1979.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 jul. 2000.
- BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Institui a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 set. 2010b.
- BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A da. Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 14, 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABGE, 2013. 1 CD-ROM.
- CAMPOS, J. E.; FERREIRA, L. M. R.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; KAKAZU, M. C. Síntese do conhecimento hidrogeológico da bacia sedimentar de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2002. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22850>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CANIL, K.; FREITAS, C. G. L de; SOBREIRA, F. G.; COLLARES, E. G. Cartografia Geotécnica e Geoambiental. In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; MONTICELI, João Jerônimo (eds.). **Geologia de engenharia e ambiental**. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2018. v. 2., p. 422-437.
- CANIL, K.; NOGUEIRA, F. R. São Bernardo do Campo: uso das cartas geotécnicas para prevenção. In: SULAIMAN, S. N.; JACOBI, P.R. (org.). **Melhor prevenir: olhares e saberes para a redução de risco de desastre**. São Paulo: IEE-USP, 2018. Cap. 4, p. 111-115.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S. de; OGURA, A. T. (org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007. 176 p.
- CEPDEC – COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. **Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade, Aptidão à Urbanização e Risco**. São Paulo: CEPDEC, 2025. Disponível em: <https://www.defesacivil.sp.gov.br/instrumentos-de-identificacao-de-riscos/>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, 1998. Cap. 18, p. 301-310.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas contaminadas e reabilitadas**. São Paulo: Cetesb, 2025. mapa. Disponível em: <https://mapas.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=77da778c122c4ccda8a8d6babce61b6b>. Acesso em: 11 jan. 2025.
- COUTINHO, J. M. V. **Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo (1:100.000)**. São Paulo: Emplasa, 1980. mapa, 2 folhas.
- COUTINHO, R. Q. (coord.). **Governança de áreas sujeitas a desastres de movimentos de massa**. Olinda, PE: MXM Gráfica e Editora, 2022.
- COUTINHO, R. Q. (coord.). **Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais**. Recife: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies – GEGEP; DECivil, 2013. 376 p. (Documento Técnico).
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. DICART - Divisão de Cartografia. **Especificações básicas para a confecção da base cartográfica**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012.
- CUNHA, M. A. et al. (coord.). **Manual de ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991. (Publicação IPT, 1831).
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. UNESP - Universidade Estadual Paulista. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Rio Claro, DAEE/Unesp, 1984. Mapa, escala 1:250.000.
- DANTAS, M. E. (org.). **Biblioteca de padrões de relevo: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**. Rio de Janeiro: CPRM, [2016]. 54 p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16589>.

DATAGEO. **Sistema Ambiental Paulista**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 29-77, 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. **NDVI FAQ: All you need to know about NDVI**. Artigo de 30 ago. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

FELL, R. *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, p. 83-111, 2008.

FERNANDES, A. J. **O Complexo Embu no leste do Estado de São Paulo**: contribuição ao conhecimento da litoestratigrafia e da evolução estrutural e metamórfica. 1991. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

FORNASARI FILHO (coord.) *et al.* **Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia**. São Paulo: IPT, 1992. 165 p. (Publicação IPT, 1 972).

FORNASARI FILHO, N.; FARIA, M. S. C. Relevô e Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; MONTICELLI, João Jerônimo (ed.). **Geologia de engenharia e ambiental**. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2018. v.2., p. 204-228.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: Pan American center for sanitary engineering and environmental sciences (CEPIS), 1988. 88p.

FREITAS, C. G. L. de. **Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial**: proposta teórica e metodológica. 2000. 238 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

GODOY, A. M.; OLIVEIRA, M. A. F. de; HACKSPACHER, P. C.; VIEIRA, O. A. R. P.; MANZANO, J. C. Geologia e tectônica da região da folha topográfica de Juquitiba em 1:50.000, sudeste do Estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 37, n. 4, p.695-713, 2018.

GOMES, C. L. R. **Retroanálise em Estabilidade de Taludes em Solo**: Metodologia para Obtenção dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento. 2003. 246 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

GRAMANI, M. F.; KANJI, M. A. Debris flows in Brazil: geological settings and parameters. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro, BR. **Proceedings [...]**. Rio de Janeiro: International Union of Geological Sciences - IUGS; Sociedade Brasileira de Geologia - SBG, 2000. 1 CD-ROM.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. Os granitos e granitóides da região de dobramentos sudeste dos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais [...]**. Recife: SBG, 1978. v. 6, p. 2594-2608.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022: Favelas e Comunidades Urbanas**. Resultado do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IF - INSTITUTO FLORESTAL. **Mapeamento temático da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo - Inventário Florestal do Estado de São Paulo**. São Paulo: IF, 2020.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1981. 2 v. (Publicação, 1.184; Monografias, 6).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Geologia da folha Santana de Parnaíba, SF-23-Y-C-3**. Escala 1:50.000. São Paulo: IPT/ Pró-Minério, 1984. (Relatório Técnico, 20.767).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo. **Carta de aptidão física ao assentamento urbano, escala 1:50.000 - guia de utilização**. São Paulo: IPT/ Emplasa, 1990.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico da Folha São Paulo (SF.23 - Y - C)**. Escala 1:250.000. São Paulo: IPT, 1995. (Relatório Técnico, 33.065).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do município de Jundiaí**. Escala 1:50.000. São Paulo: IPT, 2015a.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia Cartas geotécnicas [livro eletrônico]**: orientações básicas aos municípios. São Paulo: IPT, 2015b. 28 p. (IPT, Publicação 3022).

- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização, Cartas Geotécnicas de Risco em Nove Áreas e Curso de Capacitação em Caxias do Sul/RS**: Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Caxias do Sul/RS. São Paulo: IPT, 2022. 231 p. (Relatório Técnico 165600-205).
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE JUNDIAÍ. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1994. 2 v. (Relatório Técnico, 32.263).
- IWASA, O. Y.; PRANDI, E. C.; KERTZMAN, F. F.; SALOMAO, F. X. T. Áreas de risco ao desenvolvimento de erosão por ravinas e boçorocas na Folha de Marília, SF-22-2-A. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4, Marília. **Anais [...]**. São Paulo: ABGE, 1987. p. 137-148.
- JULIANI, C.; MONTEIRO, L. V. S.; FERNANDES, C. M. D.; PÉREZ-AGUILAR, A. **Carta geológica e de recursos minerais da folha SF.23-Y-C-III, Atibaia**. São Paulo: SGB/CPRM, 2023. 1 mapa color. Escala 1:100.000. (Programa Geologia do Brasil).
- KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de Erosão do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. especial, p. 31-36, 1995.
- KILIAN, J.; ROSSELLI, J. F. La cartografia morfopedologica del Instituto de Investigaciones Agronomicas Tropicales y de Cultivos Comestibles. *In*: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE CARTOGRAFIA, 9., 1978, Maryland. **Memórias [...]**. [S.l.: s.n.], 1978.
- MACEDO, E. S.; BRESSANI, L. A. (org.). **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo**. São Paulo: ABGE; ABMS, 2013. 88 p.
- MAPBIOMAS. **Mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2022 – Coleção 8**. Mapbiomas, 2022. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/FACT_port-versao-final.pdf. Acesso em: 9 set. 2024.
- MARRANO, A.; IYOMASA, W. S.; MIYASHIRO, N. J. Investigações geotécnicas e geoambientais. Cartografia Geotécnica e Geoambiental. *In*: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; MONTICELI, João Jerônimo (ed.). **Geologia de engenharia e ambiental**. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2018. v. 2, p. 274-312.
- MARTIN, M. A. B. **Geologia, petrografia e metamorfismo dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque a noroeste da cidade de São Paulo (SP)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- MELO, M. S.; PONÇANO, W. L.; MOOK, W. G.; AZEVEDO, A. E. G. Datações C14 em sedimentos da Grande São Paulo. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1., 1987, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, ABEQUA, 1987. p. 427-436.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização**: um instrumento para prevenção de riscos e desastres naturais. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/acoes-e-programas/cartas-geotecnicas-de-aptidao-a-urbanizacao-um-instrumento-para-prevencao-de-riscos-e-desastres-naturais#:~:text=As%20cartas%20geot%C3%A9cnicas%20de%20aptid%C3%A3o%20%C3%A0%20urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%A3o%20elaboradas%20com,abordagem%20preventiva%20e%20de%20planejamento>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- MONTEIRO, M. D.; GURGUEIRA, M. D.; ROCHA, H. C. Geologia da Região Metropolitana de São Paulo. *In*: SEMINÁRIO TWIN CITIES - SOLOS DAS CIDADES DE JUNDIAÍ E CURITIBA. **Anais [...]**. São Paulo: ABMS, 2012. p.15-44.
- NAKAZAWA, V. A. (coord.); FREITAS, C. G. L. de; DINIZ, N. C. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1994. 2 v. (Publicação IPT, 2.089).
- O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **GSA Bulletin**, v. 87, p. 1463-1469, 1976.
- OLIVEIRA, A. M. dos S.; MONTICELI, J. J. (ed.). **Geologia de engenharia e ambiental**. São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. 3 v.
- PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. (ed.). **Cartografia geotécnica e geoambiental**: conhecimento do meio físico - base para a sustentabilidade. São Carlos: Suprema Gráfica Editora, 2004. 582 p. il.
- PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; SILVA, R. V.; QUEIROZ, W. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego Água Branca, Itaquaquecetuba (RMJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 245-265, 2018.
- PERROTTA, M. M. *et al.* **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. São Paulo: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2005. (Programa Geologia do Brasil).
- PMJ - Prefeitura Municipal de Jundiaí. Unidade de Gestão de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. **Modelo Digital de Terreno**. 2022.
- PMJ- Prefeitura Municipal de Jundiaí. 2024. **Portal GeoJundiaí**. Disponível em: <https://geo.jundiai.sp.gov.br/geojundiai/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

- PONÇANO, W. L. (coord.) *et al.* **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. 2 v. (Publicação IPT, 1 183; Monografias, 5).
- PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, M. A.; PIRES NETO, A. G.; ALMEIDA, F. F. M. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas [...]**. Rio Claro: SBG, 1979. v. 2, p. 253-262.
- PRANDINI, F. L. *et al.* **Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente**: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana. São Paulo: IPT, 1980. (Publicação IPT, 1 153).
- PRANDINI, F. L. *et al.* Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O. Y. (coord.). **Curso de Geologia Aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. Cap. 4, p. 187-202.
- PRANDINI, F. L.; NAKASAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O. Y. (coord.). **Curso de Geologia Aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, 1995. Cap. 4, p. 187-202.
- RENNÓ, C. D. *et al.* HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008.
- REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed.). **Aspectos geológicos de protección ambiental**. Campinas: Unicamp; Unesco Montevideo; Pnuma; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT; Escola Politécnica - USP, 1995. Volumen I. 245 p. (Clases dictadas en el curso "Formación en Aspectos Geológicos de Protección Ambiental", Campinas, 1995).
- REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed.). **Aspectos geológicos de protección ambiental**. Campinas: Unicamp; Unesco Montevideo; Gobierno del Reino de España; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT; Escola Politécnica - USP, 2002. 355 p. (Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, Campinas, 2000).
- RICCOMINI, C. O. **Rift Continental do Sudeste do Brasil**. 1989. 256 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- RICCOMINI, C.; COIMBRA, A. M. **Geologia da Bacia Sedimentar de São Paulo**. Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo: ABMS/ ABEF, 1992. p. 37-94.
- ROCHA, G. (coord.). **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. São Paulo: DAEE/ IG/ IPT/ CPRM, 2005.
- RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; LUZ, R. A. da; VENEZIANI, Y.; SIMAS, I. T. H.; SILVA, J. de P. Antropoceno e mudanças geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 105-123, 2019.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, p. 63-74. 1994.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo, revisado e ampliado**. Escala: 1:250.000. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118 p. il. color; mapas.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE JUNDIAÍ. Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas. Instituto de Geociências -USP. **Diagnóstico hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo**. Base hidrogeológica, escala 1:50.000. São Paulo: Convênio Sabesp/Cepas/IGc-USP, 1994. 115 p. mapas.
- SANTORO, E. **Geologia da Folha Cabreúva (SP)**. 1985. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- SANTOS, A. R. dos. **Manual básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica**. São Paulo: Rudder, 2014. 109 p.
- SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal de Planejamento. **Carta geotécnica do Município de São Paulo 1993-1994**. Relatório final do grupo técnico de detalhamento da carta geotécnica do município. Escala 1:10.000. São Paulo: PMJ/Sempla, 1994. 20 p.
- SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 9866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 28 nov. 1997.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p.: il. color; mapas. 42x29,7 cm.
- SETZER, J.; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação de escoamento superficial de acordo com o solo e o seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico DAEE**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 82-135, 1979.

- SGB - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. CPRM. **Nossos produtos**. Gestão Territorial e Prevenção de Desastres. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/nossos-produtos?aba=#collapse-gestaoterritorialeprevencaodedesastres>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- SILVA, P. S. da. **O Complexo Embu na porção sudeste da folha Mauá (SF-23-Y-D-IV-1)**. 1992. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. doi:10.11606/D.44.1992.tde-26102015-131100. Acesso em: 15 jan. 2024.
- SILVA, S. F. da; BITAR, O. Y. Aplicabilidade dos métodos de mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em distintas regiões do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL*, 15, 2015, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: ABGE, 2015. 1 CD-ROM.
- SILVA, S. F. da; BITAR, O. Y. Incidência de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em municípios abrangidos pelo Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 95-108, 2014.
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. **Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão urbanização frente aos desastres naturais**. Ouro Preto: UFOP; Brasília, DF: MCidades, 2013. 39 p. (Relatório 4).
- SOUZA, L. A. P.; GANDOLFO, O. C. B. Geofísica Aplicada. *In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; MONTICELI, João Jerônimo (ed.). Geologia de engenharia e ambiental*. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2018. v. 2., p. 314-333.
- SP ÁGUAS - AGÊNCIA DE ÁGUAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Banco de dados Hidrológicos**. São Paulo: SP Águas, 2025. Disponível em: <https://hidrologia.spaguas.sp.gov.br/>. Acesso em: 30 jan. 2025.
- SP ÁGUAS - AGÊNCIA DE ÁGUAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Poço outorgado**. São Paulo: SP Águas, 2024. Disponível em: <https://www.spaguas.sp.gov.br/site/outorga/>. Acesso em: 11 set. 2024.
- STABILE, R. A. et al. Análise de fatores condicionantes de instabilizações em encostas como subsídio para a modelagem estatística da suscetibilidade a deslizamentos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL*, 14, 2013, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro: ABGE, 2013. 1 CD-ROM.
- TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 592 p.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 1993.
- UN - UNITED NATIONS. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. Sendai, Japan: UN, 2015. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- UNDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. 2017. **The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction**. "Prevention". Accessed 11 July 2025. <https://www.undrr.org/terminology/prevention>.
- VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação - UBCs**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 190 p.
- ZUQUETTE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. Cartas de Geologia de Engenharia. *In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (ed.). Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, 1998. Cap. 17, p. 283-300.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

Unidade Geotécnica: I

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** planícies aluviais e terraços fluviais baixos, com amplitudes médias entre 0 m e 20 m e declividades médias entre 0 e 5°;
- **Geologia:** sedimentos aluviais inconsolidados com espessura variada, contendo areias, argilas e cascalhos; e substrato constituído por rochas cristalinas diversas (Quaternário);
- **Solos:** associados a processos de sedimentação, variando entre hidromórficos (solos moles) em planícies aluviais ao longo de cursos hídricos e hidromórficos e não hidromórficos em terraços fluviais baixos;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma circular a alongada; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático aflorante a raso, com oscilações sazonais em planícies aluviais e variável entre raso e pouco profundo em terraços fluviais baixos; e pouco profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino e/ou sedimentar).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Média a Alta suscetibilidade a enchente, inundação e alagamento, que podem ocorrer periodicamente;
- Enxurrada, erosão fluvial e solapamento de taludes marginais de rios e córregos, podendo ocasionar assoreamento;
- Recalque por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis (solos moles) em obras e aterros sobrepostos a meandros antigos e/ou rebaixamento do nível d'água subterrâneo;
- Atingimento localizado por deslizamento gerado a montante; e
- Poluição/contaminação de solos e águas subterrâneas por efluentes e resíduos, em nível d'água subterrâneo raso e/ou pouco profundo.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

- Aptidão geotécnica:**
- Áreas em contexto de relevo de planícies e terraços baixos, contendo sedimentos inconsolidados, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.
- Aspectos favoráveis:**
- Perfuração para fins de investigação em solos/sedimentos pode ser executada por meio de sondagem a trado e/ou a percussão; e
 - Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos/sedimentos, mediante técnicas simples, manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria), com eventual necessidade de escoramento do terreno escavado.
- Aspectos desfavoráveis:**
- Médias e Altas suscetibilidades a inundação e/ou alagamento, respectivamente entre 2 m e 6 m e entre 0 m e 2 m, em relação à borda da calha do leito regular do curso hídrico mais próximo;
 - Tendência de recalque diferencial acentuado em obras e aterros construídos sobre camadas de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), antigos meandros e *backswamps* (bacias restritas de decantação e acumulação de sedimentos finos);
 - Áreas sujeitas a atingimento por enxurrada em eventos de chuvas intensas e/ou extremas, em razão da cumulatividade do escoamento pluvial associada à impermeabilização excessiva do solo a montante e/ou a insuficiências/deficiências do sistema de drenagem;
 - Tendência de solapamento e ruptura de taludes marginais, por erosão fluvial progressiva;
 - Tendência de assoreamento em planícies e cursos hídricos, decorrente de erosão pluvial e carregamento continuado de sedimentos em microbacias de drenagem contribuintes;
 - Vulnerabilidade Alta das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo; e
 - Barragens de acumulação de água situadas a montante, com *dano potencial associado* classificado em Alto ou Médio, em vista de cenários de ruptura e/ou mau funcionamento das estruturas.

4 Diretrizes e recomendações:

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Priorizar a proteção e conservação ambiental;
- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a inundação e/ou alagamento. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Preservar e proteger as margens dos cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Ocupação em áreas com ocorrência de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), sujeitos a recalque, requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes;
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente;
- Efetuar análise de risco em caso de ocupação de zonas passíveis de atingimento por movimentos gravitacionais de massa e enxurradas que possam ser gerados em áreas situadas a montante; e
- Efetuar análise de risco em caso de ocupação em zonas abrangidas por *manchas de inundação*, conforme previstas em estudos de *dam break* e planos de segurança de barragens requeridos para cenários de *dano potencial associado* classificado em Alto ou Médio.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização;
- Preservar e proteger as margens de cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento superficial das águas de chuva e a consequente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas; e
- Considerar o *dano potencial associado* em áreas situadas a jusante de barragens, em vista de cenários de ruptura, adotando-se medidas preventivas e de mitigação pertinentes.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro; Ensaio Vane Test ou Palheta para a determinação da resistência não drenada nos solos moles; Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Areia, cascalho e argila passíveis de lavra eventual e localizada, em trechos restritos e de acumulação regular e contínua, mediante práticas sustentáveis e soluções previstas em sistema de gestão ambiental da operação, bem como no plano de fechamento de mina (PFM) e no plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD);
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG I - Área em contexto de relevo de planícies e terraços baixos, contendo sedimentos inconsolidados, sujeito a inundações, geralmente inapta e/ou de muito baixa a baixa aptidão (Foto: região do rio Jundiá-Mirim - Acervo IPT).



UG I - Da esquerda para a direita: local em terraços baixos; escavação com horizontes de aterro (tons avermelhados) sobre solos orgânicos (tons mais escuros), sujeitos a recalque; efeitos de solapamento de margem de curso hídrico; e depósito de assoreamento, contendo materiais e resíduos diversos (Fotos: regiões do Varjão e Central - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: II

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** terraços fluviais altos e rampas de colúvio adjacentes, com amplitudes médias entre 0 m e 46 m e declividades médias entre 0° e 8°;
- **Geologia:** sedimentos aluviais inconsolidados, contendo areias, argilas e cascalhos; substrato constituído por rochas cristalinas; e depósitos colúvio-aluvionares, compostos por areias vermelhas ou esbranquiçadas e argilas (Quaternário);
- **Solos:** associados a processos de acumulação sedimentar, variando entre hidromórficos (solos moles) em planícies aluviais antigas, não hidromórficos em terraços fluviais altos e coluvionares próximos a encostas adjacentes;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso, com oscilações sazonais em planícies aluviais antigas e variável entre raso e pouco profundo em terraços fluviais altos; e pouco profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino e/ou sedimentar).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Baixa a Média suscetibilidade a enchente, inundação e alagamento, que podem ocorrer eventualmente;
- Recalque por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis (solos moles) em obras e aterros sobrepostos a meandros antigos e/ou rebaixamento do nível d'água subterrâneo;
- Atingimento localizado por deslizamento gerado a montante; e
- Poluição/contaminação de solos e águas subterrâneas por efluentes e resíduos, em nível d'água subterrâneo raso e/ou pouco profundo.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo de terraços altos, contendo sedimentos inconsolidados e colúvios, geralmente de baixa a média aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos/sedimentos pode ser executada por meio de sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos/sedimentos, mediante técnicas simples, manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria), com eventual necessidade de escoramento do terreno escavado.

Aspectos desfavoráveis:

- Baixas e Médias suscetibilidades a inundação e/ou alagamento, respectivamente acima de 6 m e entre 2 m e 6 m, em relação à borda da calha do leito regular do curso hídrico mais próximo;
- Tendência de recalque diferencial acentuado em obras e aterros construídos sobre eventuais camadas de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), antigos meandros e *backswamps* (bacias restritas de decantação e acumulação de sedimentos finos);
- Áreas sujeitas a atingimento por enxurrada em eventos de chuvas intensas e/ou extremas, em razão da cumulatividade do escoamento pluvial associada à impermeabilização excessiva do solo a montante e/ou a insuficiências/deficiências do sistema de drenagem;
- Tendência de solapamento e ruptura de talude em margem de curso hídrico, por erosão fluvial progressiva e assoreamento;
- Vulnerabilidade Alta das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo; e
- Barragens de acumulação de água situadas a montante, com *dano potencial associado* classificado em Alto ou Médio, em vista de cenários de ruptura e/ou mau funcionamento da estrutura.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação em áreas de Média suscetibilidade a inundações e/ou alagamento pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário. Ocupação em Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos básicos;
- Preservar e proteger as margens dos cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Ocupação em áreas com ocorrência de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), sujeitos a recalque, requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes;
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente; e
- Efetuar análise de perigo em caso de ocupação em zonas abrangidas por *manchas de inundação*, conforme previstas em estudos de *dam break* e planos de segurança de barragens requeridos para cenários de *dano potencial associado* classificado em Alto ou Médio.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes podem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização;
- Preservar e proteger as margens dos cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a consequente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas; e
- Considerar o *dano potencial associado* em áreas situadas a jusante de barragens, em vista de cenários de ruptura, adotando-se medidas preventivas e de mitigação pertinentes.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro; Ensaio Vane Test ou Palheta para a determinação da resistência não drenada nos solos moles; Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Areia e cascalho passíveis de lavra eventual e localizada, em trechos restritos, mediante práticas sustentáveis e soluções previstas em sistema de gestão ambiental da operação, bem como no plano de fechamento de mina (PFM) e no plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD);
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG II - Área em contexto de relevo de terraços altos, rampas de colúvio e sedimentos inconsolidados, sujeito a alagamentos, geralmente de média aptidão (Foto: local em trecho da via férrea, região oeste - Acervo IPT).



UG II – Da esquerda para a direita: feições de depósito coluvionar, com fragmentos rochosos; contato entre planície e terraço, em quebra de relevo na parte inferior do talude; depósito coluvionar em paleocanal (camada em tom mais claro); e depósito coluvionar sobre xistos (Fotos: locais nas regiões do Jardim Pacaembu e Anhangabaú - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: III

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas e morrotes, com amplitudes médias entre 20 m e 76 m e declividades médias entre 6° e 15°;
- **Geologia:** arenitos, siltitos, argilitos e lamitos (Formação Tanque – Grupo Taubaté - Paleógeno);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas sedimentares;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada a circular; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero sedimentar e/ou cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Baixa a Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Desagregação superficial e/ou empastilhamento do solo exposto em taludes de corte (solos expansíveis), pela alternância entre de períodos úmidos e secos; e
- Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo arenitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas simples, manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente regular;
- Incidência de áreas de Baixa suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperfussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Incidência de áreas de Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a desagregação superficial e/ou empastilhamento, devido a camadas com solos expansíveis, sobretudo em taludes de corte com solo saprolítico/rocha alterada exposto a intempéries climáticas (alternância entre períodos úmidos e secos);
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre camadas muito argilosas; e
- Vulnerabilidade Média das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico a intermediário, a depender das suscetibilidades locais, evitando-se a exposição prolongada de solos saprolíticos e a desagregação superficial;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição prolongada de solos saprolíticos à erosão pluvial e desagregação superficial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Verificar a consistência e plasticidade dos solos, que podem dificultar sua utilização em obras de terra e na abertura de cavas;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Eventuais ocorrências e/ou evidências de instabilização em áreas ocupadas podem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial e à desagregação superficial em camadas com solos expansíveis;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (em caso de trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG III - Área em contexto de relevo suavizado, contendo arenitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão (Foto: local na região central- Acervo IPT).



UG III – Da esquerda para a direita: talude de corte em formação sedimentar e solos residuais derivados, em terreno exposto; talude de corte para calçamento de via, no mesmo material; detalhe em solo residual; e material gnáissico subjacente, em contato com a formação sedimentar (Fotos: local na região central, próximo a SP 330- Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: IV

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes médias entre 20 m e 70 m e declividades médias entre 6° e 15°;
- **Geologia:** ritmitos, diamictitos, tilitos, lamitos, folhelhos, varvitos e conglomerados (Formação Lagoa Azul – Grupo Itararé – Paleozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas sedimentares;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma circular; e densidade de drenagem média; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero sedimentar e/ou cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Desagregação superficial e/ou empastilhamento do solo exposto em taludes de corte (solos expansíveis), pela alternância entre períodos úmidos e secos; e
- Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo ritmitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas simples, manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente regular; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, com eventuais camadas calcárias e eventuais matacões no subsolo, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Média e Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Áreas suscetíveis a desagregação superficial e/ou empastilhamento, devido a camadas com solos expansíveis, sobretudo em taludes de corte com solo saprolítico/rocha alterada exposto a intempéries climáticas (alternância entre períodos úmidos e secos);
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre camadas muito argilosas; e
- Vulnerabilidade Baixa das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, devendo-se, contudo, evitar o lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico a intermediário, a depender das suscetibilidades locais, evitando-se a exposição prolongada de solos saprolíticos e a desagregação superficial;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição prolongada de solos saprolíticos à erosão pluvial e desagregação superficial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Verificar a consistência e plasticidade dos solos, que podem dificultar sua utilização em obras de terra e na abertura de cavas;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Eventuais ocorrências e/ou evidências de instabilização em áreas ocupadas podem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial e à desagregação superficial em camadas com solos expansíveis;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (em caso de trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Argila passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e soluções previstas em sistema de gestão ambiental da operação, bem como no plano de fechamento de mina (PFM) e no plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD);
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG IV - Área em contexto de relevo suavizado, com ritmitos e solos jovens e maduros, sujeito a desagregação superficial (empastilhamento), geralmente de alta aptidão (Foto: talude de mineração na região nordeste - Acervo IPT).



UG IV – Da esquerda para a direita: feições associadas a ritmitos, notando-se: desagregação superficial em talude de corte; ocorrência de pequenas lentes carbonáticas; ritmitos, com camadas de argilitos (cor marrom); e efeitos da alteração das rochas e empastilhamento (Fotos: locais em minerações de argila, região nordeste - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: V

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas e morrotes, com amplitudes médias entre 7 m e 74 m e declividades médias entre 6° e 15°;
- **Geologia:** metabasitos maciços (Formação Estrada dos Romeiros - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada; e densidade de drenagem média; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa a Média suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo metabasitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Incidência de áreas de Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Incidência de áreas de Média suscetibilidade a deslizamento;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação em eventuais áreas localizadas de Alta suscetibilidade a processos do meio físico pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em Média e Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos a realizar em nível básico a intermediário, respectivamente;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

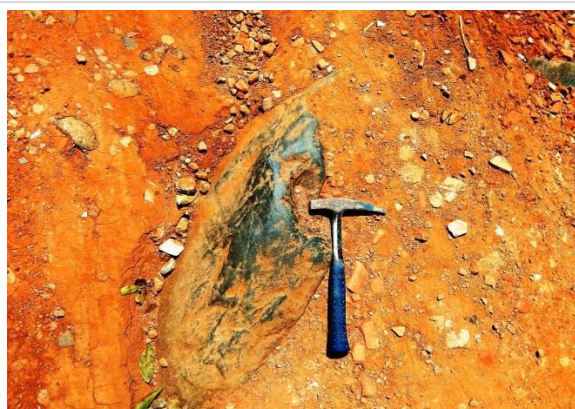
4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG V - Área em contexto de relevo suavizado, contendo metabasitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão (Foto: local na região da SP-330 - Acervo IPT).



UG V – Da esquerda para a direita: bloco de metabasito em solo; blocos expostos em superfície; bloco de metabasito no solo; e amostra de mão, com textura equigranular (Fotos: local na região da SP-300 - Medeiros - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: VI

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas e morrotes, com amplitudes médias entre 22 m e 73 m e declividades médias entre 6° e 20°;
- **Geologia:** filitos sericíticos (Formação Jordanésia - Proterozoico) e metarritmitos (Formação Estrada dos Romeiros - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada; e densidade de drenagem alta; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Assoreamento;
- Baixa a Média suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo filitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Incidência de áreas de Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas de Média suscetibilidade a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação em eventuais áreas localizadas de Alta suscetibilidade a processos do meio físico pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em Média e Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos a realizar em nível básico a intermediário, respectivamente;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG VI - Área em contexto de relevo suavizado, contendo filitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão (Foto: região da serra dos Cristais - Acervo IPT).



UG VI – Da esquerda para a direita: aspecto geral do relevo suavizado; exposição de filitos em talude de corte na rodovia; detalhe da foliação e fraturamento das rochas; e amostra de mão, obtida em rocha alterada (Foto: região da serra dos Cristais - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: VII

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, morrotes e morros baixos, com amplitudes médias entre 20 m e 85 m e declividades médias entre 7° e 15°;
- **Geologia:** xistos grossos a finos, gradando a paragneisses (Formações Japi e Botujuru - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma circular; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa a Média suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo xistos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Incidência de áreas de Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperfussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas de Média suscetibilidade a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação em áreas de Alta suscetibilidade pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em Média e Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos a realizar em nível básico a intermediário, respectivamente;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG VII - Área em contexto de relevo suavizado, contendo xistos, paragnaisses e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão (Foto: local na região norte - Acervo IPT).



UG VII – Da esquerda para a direita: feições estruturais em xistos, com intenso fraturamento ortogonal à direção da xistosidade dos maciços; aspectos de alteração das rochas; blocos rochosos sobre a superfície do solo; e surgências d'água por meio de fraturas da rocha (Foto: local na região norte - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: VIII

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, morrotes e morros baixos, com amplitudes médias entre 12 m e 87 m e declividades médias entre 6° e 20°;
- **Geologia:** granitos diversos (Atibaia/Terra Nova; Itaim; Sete Colinas; e Jundiaí) e granitóides (Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada a circular; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo granitos, granitóides e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas simples, manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente irregular;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação em áreas de Alta suscetibilidade pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em Média e Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos a realizar em nível básico a intermediário, respectivamente;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (colúvio/tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e soluções previstas em sistema de gestão ambiental da operação, bem como no plano de fechamento de mina (PFM) e no plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD);
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG VIII - Área em contexto de relevo suavizado, contendo granitos, granitóides e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão (Foto: região centro-oeste, próximo ao Rio Jundiá - Acervo IPT).



UG VIII – Da esquerda para a direita: granito com esfoliação esferoidal; amostras comparativas de rocha sã e alterada; panoramas em frentes de lavra em granito, para produção de brita (Fotos: região do granito Terra Nova- Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: IX

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, morrotes e morros baixos, com amplitudes médias entre 24 m e 78 m e declividades médias entre 10° e 20°;
- **Geologia:** quartzitos maciços a miloníticos (Formação Boturuna - Proterozoico) e quartzitos feldspáticos com diques de diabásio (Formação Japi - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa a Média suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo quartzitos e solos jovens e maduros, geralmente de média aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Incidência de áreas de Baixa suscetibilidade a deslizamento.

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperfussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Incidência provável de maciços de quartzito no solo/subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas de Média suscetibilidade a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação em áreas de Alta suscetibilidade pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em Média e Baixa tende a ser viável localmente, mediante estudos a realizar em nível básico a intermediário, respectivamente;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (colúvio/tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e soluções previstas em sistema de gestão ambiental da operação, bem como no plano de fechamento de mina (PFM) e no plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD);
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG IX – Ao fundo, área na porção inferior da Serra do Japi, em contexto de relevo relativamente suavizado, contendo quartzitos e solos jovens, geralmente de média aptidão. (Foto: região inferior da Serra do Japi - Acervo IPT).



UG IX – Feições e aspectos estruturais em taludes de corte efetuados em quartzitos, evidenciando-se suscetibilidades a queda de rocha (Foto: região inferior da Serra do Japi - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: X

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, morrotes e morros baixos, com amplitudes médias entre 25 m e 85 m e declividades médias entre 7° e 20°;
- **Geologia:** gnaisses (Formação Jarinu - Proterozoico) e migmatitos estromatíticos, com diques e sills de rocha básica (Formações Louveira e Jarinu - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens e maduros, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada a circular; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo suavizado, contendo gnaisses, migmatitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico a intermediário, a depender das suscetibilidades locais, evitando-se a exposição prolongada de solos saprolíticos e a erosão pluvial;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

Áreas ocupadas:

- Eventuais ocorrências e/ou evidências de instabilização em áreas ocupadas podem ser objeto de análise de risco para fins de gestão localizada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e soluções previstas em sistema de gestão ambiental da operação, bem como no plano de fechamento de mina (PFM) e no plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD);
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG X – Em primeiro plano, área em contexto de relevo suavizado, contendo gnaisses, migmatitos e solos jovens e maduros, geralmente de alta aptidão (Foto: local na região sudoeste - Acervo IPT).



UG X – Da esquerda para a direita: talude de corte em gnaiss alterado; talude de corte em rocha migmatítica sã; movimentação de solo e rocha por terraplenagem para fins de parcelamento, com feições de erosão pluvial; e superfície de corte em rocha alterada (Fotos: região oeste - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: XI

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos e serras, com amplitudes médias entre 85 m e 252 m e declividades médias entre 15° e 30°;
- **Geologia:** filitos sericíticos (Formação Jordanésia - Proterozoico) e metarritmitos (Formação Estrada dos Romeiros - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada a circular; e densidade de drenagem média; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo filitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte;
- Incidência de bacias de drenagem suscetíveis à geração de enxurrada, com provável atingimento de áreas a jusante; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Priorizar a proteção e conservação ambiental;
- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a enxurrada, assim como em zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (colúvio/tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Evitar a impermeabilização de extensas áreas de solo, em razão de provável incremento no volume e velocidade das águas provenientes do escoamento pluvial a montante, com consequente geração de enxurradas a jusante;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Reduzir a extensão de áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal, evitando-se o assoreamento;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, incluindo-se zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante e no interior da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a consequente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Não lavar. Caso viável sob o ponto de vista ambiental, saibro (em pequenas extrações de material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG XI – Área em contexto de relevo íngreme, contendo filitos, metarritmitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão (Foto: local na região sul- Acervo IPT).



UG XI – Afloramentos de metarritmito alterado, exposto em encosta e em talude de corte viário (abaixo e à direita), onde se nota fragmentação dos materiais rochosos (Foto: locais na região sudeste - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: XII

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos e serras, com amplitudes médias entre 100 m e 400 m e declividades médias entre 15° e 35°;
- **Geologia:** granitos diversos (Atibaia/Terra Nova; Itaim; Sete Colinas; e Jundiaí) e granitóides (Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada a circular; e densidade de drenagem alta; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento e enxurrada;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo granitos, granitóides e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas simples, manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Média e Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Incidência de bacias de drenagem suscetíveis à geração de enxurrada, com provável atingimento de áreas a jusante; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Priorizar a proteção e conservação ambiental;
- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a enxurrada, assim como em zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, incluindo-se zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Não lavar. Caso viável sob o ponto de vista ambiental, saibro (em pequenas extrações de material de empréstimo/aterro) e brita são passíveis de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG XII - Área em contexto de relevo íngreme, contendo granitos, granitóides e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão. Ocorrem campos de blocos, suscetíveis a queda (Foto: local na região do morro da Baleia - Acervo IPT).



UG XII - Da esquerda para a direita: em primeiro plano, encosta com blocos de rocha sujeitos a queda; e feições características do granito denominado Sete Colinas (Fotos: locais na região do morro da Baleia - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: XIII

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos e serras, com amplitudes médias entre 100 m e 400 m e declividades médias entre 20° e 35°;
- **Geologia:** quartzitos maciços a miloníticos (Formação Boturuna - Proterozoico); quartzitos feldspáticos e diques de diabásio (Formação Japi - Proterozoico); e arenitos restritos (Formação Tanque - Paleógeno);
- **Solos:** residuais jovens, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma circular; e densidade de drenagem alta; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a enxurrada e deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo quartzitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Incidência provável de maciços de quartzito no solo/subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte;
- Incidência de bacias de drenagem suscetíveis à geração de enxurrada, com provável atingimento de áreas a jusante; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Priorizar a proteção e conservação ambiental;
- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a enxurrada, assim como em zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (colúvio/tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Evitar a impermeabilização de extensas áreas de solo, em razão de provável incremento no volume e velocidade das águas provenientes do escoamento pluvial a montante, com consequente geração de enxurradas a jusante;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Reduzir a extensão de áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, incluindo-se zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante.;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante e no interior da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a consequente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

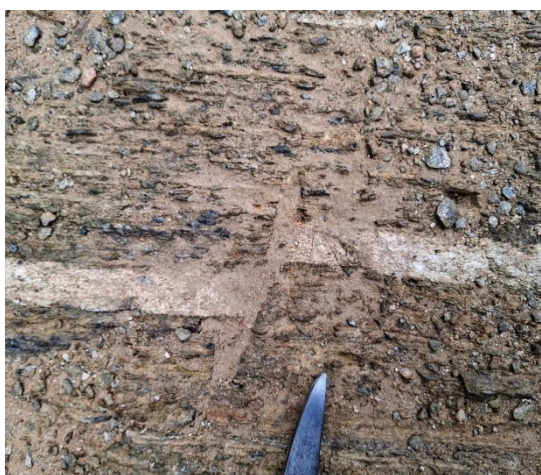
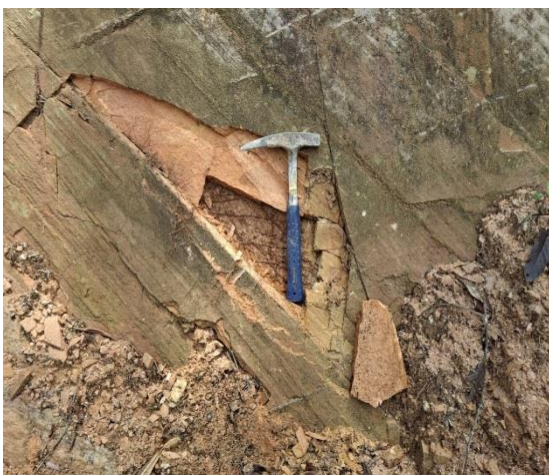
4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Não lavar. Caso viável sob o ponto de vista ambiental, saibro (em pequenas extrações de material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas..

UG XIII - Ao fundo, área em contexto de relevo com encostas íngremes, contendo quartzitos e solos jovens, bem como colúvio/tálus, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão (Foto: região de domínio da Serra do Japi - Acervo IPT).



UG XIII - Da esquerda para a direita: encostas com blocos rochosos parcialmente imersos no solo; talude em corte de via, com evidências de queda de rocha; detalhe do deslocamento de rocha; e feições estruturais de falha em lajeado (Fotos: locais em região de domínio da Serra do Japi - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: XIV

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos e serras, com amplitudes médias entre 100 m e 400 m e declividades médias entre 25° e 35°;
- **Geologia:** xistos grossos a finos, gradando a paragneisses (Formações Japi e Botujuru - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada a circular; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a enxurrada e deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo xistos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte;
- Incidência de bacias de drenagem suscetíveis à geração enxurrada, com provável atingimento de áreas a jusante; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Priorizar a proteção e conservação ambiental;
- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a enxurrada, assim como em zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (colúvio/tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Evitar a impermeabilização de extensas áreas de solo, em razão de provável incremento no volume e velocidade das águas provenientes do escoamento pluvial a montante, com consequente geração de enxurradas a jusante;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Reduzir a extensão de áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, incluindo-se zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante e no interior da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a consequente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

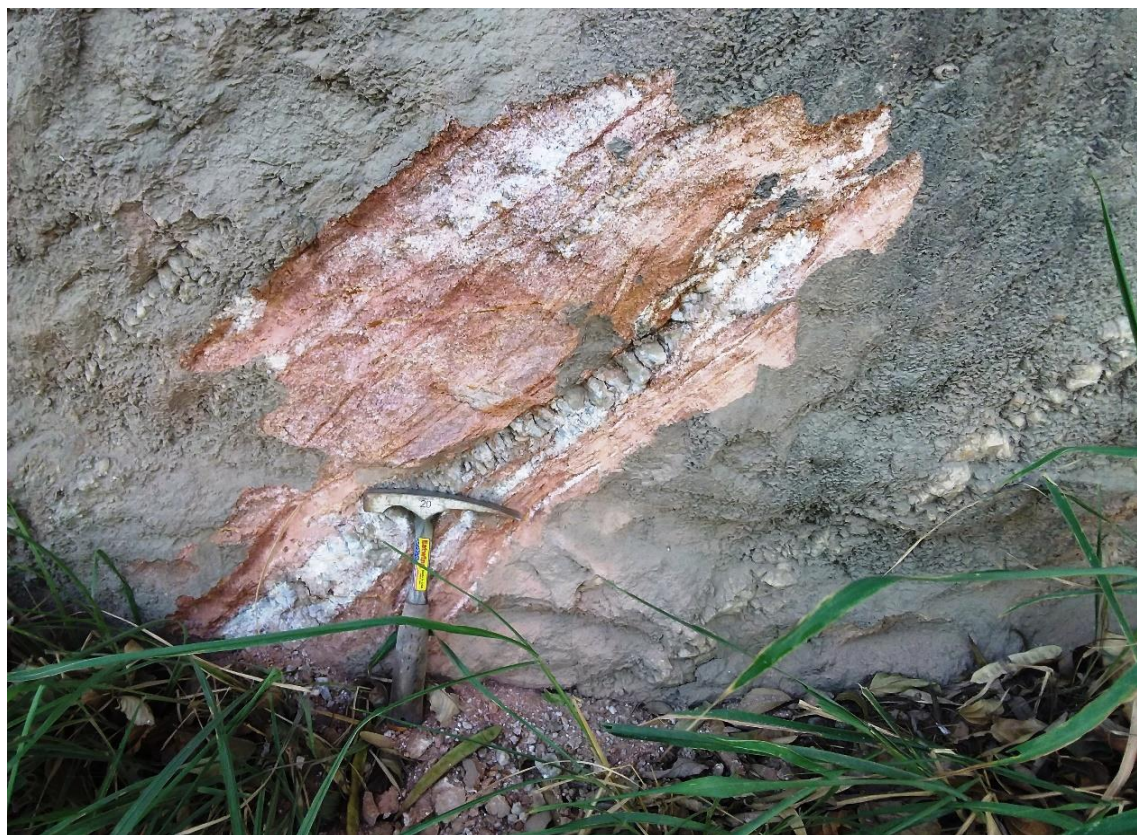
Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Não lavar. Caso viável sob o ponto de vista ambiental, saibro (em pequenas extrações de material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG XIV - Área em contexto de relevo íngreme, contendo xistos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão. Nota-se, na imagem, intercalação de veio quartzoso, concordante às estruturas geológicas (Foto: local na região sul - Acervo IPT).



UG XIV - Da esquerda para a direita: talude de corte em via local, evidenciando as suscetibilidades a deslizamento; talude de corte em xistos; e aspecto da foliação das rochas xistosas (Fotos: locais na região sul - Acervo IPT).



Unidade Geotécnica: XV

1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos e serras, com amplitudes médias entre 100 m e 400 m e declividades médias entre 20° e 42°;
- **Geologia:** gnaisses (Formação Jarinu - Proterozoico) e migmatitos estromatíticos e diques e sills de rocha básica (Formações Louveira e Jarinu - Proterozoico);
- **Solos:** residuais jovens, derivados de processos pedológicos (eluviais) e de intemperismo físico-químico (saprolíticos) atuantes em rochas cristalinas;
- **Hidrografia:** sub-bacias com forma alongada; e densidade de drenagem baixa; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

2 Processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas, podendo ocasionar assoreamento em cursos hídricos;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento e enxurrada; e
- Queda de bloco de rocha alterada ou sã, em taludes de corte.

3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo íngreme, contendo gnaisses, migmatitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de muito baixa a baixa aptidão.

Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso no subsolo geralmente variando entre regular e irregular;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em taludes de corte;
- Incidência de bacias de drenagem suscetíveis à geração de enxurrada, com provável atingimento de áreas a jusante; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

4 Diretrizes e recomendações

4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo e gestão de riscos:

Áreas não ocupadas:

- Priorizar a proteção e conservação ambiental;
- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a enxurrada, assim como em zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível intermediário;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (colúvio/tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Evitar a impermeabilização de extensas áreas de solo, em razão de provável incremento no volume e velocidade das águas provenientes do escoamento pluvial a montante, com consequente geração de enxurradas a jusante;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Reduzir a extensão de áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal, evitando-se o assoreamento;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

Áreas ocupadas:

- Edificações preexistentes devem ser objeto de setorização para fins de gestão de risco, priorizando-se locais com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, incluindo-se zonas a jusante, passíveis de atingimento por processos gerados a montante;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante e no interior da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a consequente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as necessárias adaptações estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (SbN e outras) face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, evitando-se o assoreamento de cursos hídricos a jusante; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

Estudos, investigações e ensaios geotécnicos aplicáveis:

- Estudos e investigações de superfície e de subsuperfície, incluindo sondagens e geofísica;
- Ensaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Não lavar. Caso viável sob o ponto de vista ambiental, saibro (em pequenas extrações de material de empréstimo/aterro) e brita são passíveis de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de estabilização e/ou reabilitação específicos; e
- Verificar a aplicabilidade de medidas geotécnicas apresentadas no tópico anterior (4.1), que podem ser adotadas tanto na execução da lavra quanto na recuperação de áreas degradadas.

UG XV - Área em contexto de relevo íngreme, contendo gnaisses, migmatitos e solos jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão à urbanização (Foto: local na região sul - Acervo IPT).



UG XV - Da esquerda para a direita: estruturas dobradas em migmatitos; feições indicativas de falhas; afloramento rochoso em gnaisses; e alteração em bloco rochoso (Fotos: locais na região da Serra do Japi - Acervo IPT).



APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO LOCACIONAL PRÉVIA

1. INTRODUÇÃO

Este Roteiro é parte integrante da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Jundiaí/SP (CGAU-MJ). Sua finalidade é subsidiar a realização de uma *avaliação locacional prévia* na fase de planejamento de novos empreendimentos de uso e ocupação do solo no Município de Jundiaí/SP, tendo em vista o conhecimento prévio acerca de condições geotécnicas presentes na área de interesse (a obter por meio de estudos, levantamentos e investigações de detalhe) e as informações correspondentes apresentadas na CGAU-MJ.

A CGAU-MJ foi elaborada na escala geográfica 1:10.000, abrangendo a totalidade do território municipal. Tem como base os métodos e procedimentos usuais na elaboração desse tipo de instrumento, os quais vêm sendo desenvolvidos e difundidos no País desde a edição da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei Federal 12.608/2012).

Este Roteiro é apresentado em formato de aplicação genérica, considerando-se o planejamento de um empreendimento hipotético, devendo ser adaptado e complementado a depender de cada caso específico, incluindo-se os aspectos legais e jurídicos aplicáveis. Sua utilização deve preceder os estudos iniciais de engenharia e ambientais comumente requeridos a empreendimentos, para fins de autorização e licenciamento urbanístico-ambiental, como loteamento, desmembramento, condomínio, conjunto habitacional e outras iniciativas de urbanização e de uso e ocupação do solo em glebas, com a finalidade de abrigar edificações residenciais ou mesmo instalações comerciais e industriais admitidas na zona em que se insere, em conformidade com as normas legais vigentes, considerando-se os dados e informações contidos na CGAU-MJ e no Guia de utilização.

2. OBJETIVO

O objetivo deste Roteiro é o de subsidiar a realização de *avaliação locacional prévia* quanto às condições geotécnicas predominantes em determinado local de interesse, para fins de implantação de empreendimento de uso e ocupação do solo, tendo-se em conta o contexto do meio físico. Visa-se gerar um conjunto básico de dados e informações que possam fundamentar a tomada de decisão acerca da deflagração ou não dos estudos de viabilidade subsequentes, a cargo do empreendedor.

3. JUSTIFICATIVA

Considerando-se as características, diretrizes e recomendações expressas na CGAU-MJ e no Guia de Utilização, que apontam as potencialidades e também as limitações dos terrenos frente aos processos do meio físico atuantes no território municipal, destaca-se a importância de verificar previamente as condições geotécnicas inerentes à área na qual se pretende instalar o empreendimento, de modo a que a decisão a ser tomada leve em conta os conteúdos disponíveis na CGAU-MJ.

Em particular, devem ser avaliados os aspectos relacionados às suscetibilidades a processos geológicos e hidrológicos que se mostrem relevantes, a depender da localização de interesse ao empreendimento, como deslizamento, erosão, queda de rocha, inundação, alagamento, recalque, enxurrada e outros apontados na CGAU-MJ.

Cabe observar os dispositivos contidos na Lei Federal 6.766/1979 (conhecida como Lei Lehmann), que dispõem sobre o parcelamento do solo urbano no País, nos quais se estabelece que “*Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal*” e, ainda, que não será permitida a ocupação “*em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação*” (Artigo 3º, Parágrafo Único, inciso IV).

Conforme orientações emitidas desde a edição da Lei Lehmann por entidades técnico-científicas e de fiscalização profissional com atuação nas áreas de geologia e de engenharia geotécnica no País, essas condições geológicas devem ser verificadas previamente, mediante a realização de uma avaliação específica, aqui denominada de *avaliação locacional prévia*, a ser conduzida por profissional responsável devidamente habilitado, cujos resultados devem ser apresentados na forma de relatório, parecer ou laudo de caráter geológico-geotécnico (ÁVILA *et al.*, 1992).

4. ATIVIDADES A REALIZAR

Tendo-se em conta o zoneamento geotécnico contido na CGAU-MJ, que expressa a distribuição territorial das unidades geotécnicas delimitadas no território municipal, bem como o Guia de Utilização que a acompanha, seguem-se as atividades recomendadas a considerar em relação à proposta de empreendimento em sua fase de planejamento.

Busca-se reunir evidências que propiciem fundamentar a tomada de decisão quanto à deflagração ou não de estudos de viabilidade a executar na sequência, necessários ao planejamento da instalação do empreendimento e, em caso positivo, ao desenvolvimento de projeto conceitual ou anteprojeto de engenharia e aos estudos ambientais pertinentes, conforme requeridos para fins de autorização municipal e licenciamento urbanístico-ambiental.

Informações específicas sobre as características do empreendimento pretendido podem ser úteis à realização da *avaliação locacional prévia*, mas não imprescindíveis, uma vez que o foco das análises a realizar nesse momento inicial deve estar voltado, principalmente, à ideia geral do projeto e às condições geológicas inerentes ao local de interesse.

Apresenta-se, nos itens seguintes, a sequência de atividades recomendadas para realização da *avaliação locacional prévia*:

a) Localização do empreendimento na CGAU-MJ

A primeira atividade a considerar na *avaliação locacional prévia* é a localização do empreendimento no mapa integrado da CGAU-MJ e/ou na Base de Dados digitais correspondente, tendo-se como referência o zoneamento

geotécnico apresentado e a Carta Síntese de aptidão geotécnica contida no Guia de Utilização.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

b) Identificação da UG correspondente

Com a localização exata do empreendimento no mapa integrado da CGAU-MJ e/ou na Base de Dados digitais, o passo seguinte deve ser a identificação da Unidade Geotécnica (UG) correspondente, ou seja, a UG na qual se pretende instalar o empreendimento. Com isso, ter-se-á acesso ao conteúdo do Quadro-legenda simplificado e, no Guia de Utilização, à descrição completa das características, processos, diretrizes e recomendações específicas relativas à UG (**APÊNDICE A**).

Há que se atentar para o fato de que, em razão da escala de mapeamento (1:10.000), o traçado que delimita o contato entre diferentes UGs pode apresentar variações e deslocamentos laterais quando observado em nível local, no campo. Isso requer a confirmação prévia das características da UG em que o empreendimento pretende se localizar, sobretudo quando estiver em área de contato entre UGs, podendo eventualmente corresponder à UG vizinha ou mesmo a outra próxima.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

c) Análise preliminar dos dados e informações contidos na CGAU-MJ

A partir da identificação e eventual confirmação em campo da UG correspondente, deve-se efetuar a análise preliminar do conjunto de dados e informações contidos no mapa integrado da CGAU-MJ e no Guia de Utilização, pertinentes ao local de interesse. Na ocasião, dados e informações adicionais eventualmente disponíveis em outras fontes de consulta poderão ser agregados à *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

d) Verificação de campo e levantamento complementar de dados

A partir da análise das características, processos, diretrizes e recomendações específicas identificadas em relação à UG correspondente, poder-se-á reconhecer e diagnosticar, em vistoria de campo, as condições reais presentes no local de interesse. Na ocasião, dados e informações adicionais poderão ser obtidos em escala local, complementando-se o conhecimento a ser adquirido em relação às condições geológicas, sendo então incorporados à *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro.

Entre os aspectos a verificar no local, encontram-se: as características do meio físico predominantes (relevo, geologia, solos, hidrografia e águas subterrâneas), os processos geológicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos), a classe de aptidão geotécnica contida (alta, média ou baixa) no Quadro-legenda simplificado e também no Guia de

Utilização da CGAU-MJ, incluindo-se as áreas protegidas e com restrições à ocupação apontadas na Carta Síntese apresentada no mesmo Guia de Utilização e, ainda, os aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação e as diretrizes e recomendações específicas referentes a áreas não ocupadas e a áreas ocupadas. Estudos, investigações e ensaios geotécnicos de campo e de laboratório, apropriados às características da UG correspondente, como os listados no **APÊNDICE A** do Guia de Utilização, também podem ser propostos.

Recomenda-se, ainda, a utilização de Modelo Digital de Terreno (MDT), como o disponível na PMJ, com verificação de fluxos superficiais naturais e/ou induzidos pelas intervenções/obras existentes, com curvas de nível que podem ser utilizadas para determinação das direções de escoamento superficial e, a partir da análise do escoamento, determinar os locais em que há necessidade de proteção dos solos. Convém também proceder ao mapeamento de feições de relevo e de estruturas geológicas, estas a partir da análise de lineamentos extraídos em imagens de satélite e postos no mapa de Geologia (sistemas de falhas, zonas de cisalhamento, fraturas, juntas e outras descontinuidades).

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

e) Análise integrada acerca das condições geológicas

Uma vez reconhecidas as características específicas inerentes ao local pretendido, bem como as diretrizes e recomendações relativas à UG correspondente, tanto em relação ao conteúdo da CGAU-MJ quanto ao levantamento de campo específico, o passo seguinte da *avaliação locacional prévia* deve ser a análise integrada de todos os dados e informações obtidos, procedendo-se, enfim, à apresentação e discussão dos resultados em vista das condições geológicas presentes no local.

Recomenda-se, ainda, a realização de uma análise de alternativas preliminares para localização de eventuais lotes e instalação de redes de infraestrutura urbana, no caso de parcelamento. Isso pode ser efetuado com base em dados presentes na CGAU-MJ e no detalhamento das informações da litologia local e de lineamentos estruturais, posição aproximada do nível d'água subterrânea, MDT e linhas de fluxo, além de levantamento histórico e atual de eventuais feições associadas a processos do meio físico incidentes na área.

Caso os resultados indiquem que as condições geológicas do local de interesse propiciam abrigar o empreendimento, deve-se incluir a discussão sobre eventuais medidas estruturais e não estruturais (SbN e outras) a desenvolver nos estudos de engenharia e ambientais subsequentes, assim como sobre ações de monitoramento dos processos do meio físico que possam ocorrer e ser alterados pela ocupação. Pode-se, ainda, caso se julgue necessário durante a execução das análises, recomendar estudos, investigações e/ou ensaios complementares, a realizar posteriormente em nível de detalhe. As investigações podem ser diretas (a realizar principalmente por meio de escavações no solo, utilizando-se equipamentos manuais e/ou sondagens mecanizadas) ou indiretas (a realizar principalmente por meio do emprego de métodos geofísicos), visando-se conferir maior segurança ao uso e ocupação do solo pretendido no local e em sua circunvizinhança.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

f) *Elaboração e apresentação das conclusões e recomendações*

Os resultados principais da *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro devem ser expressos de maneira sintética na parte de conclusões e recomendações a incluir no produto técnico final (ver item 5 deste Roteiro), indicando-se uma dentre as três possibilidades apresentadas a seguir:

- i) as condições geológicas do local favorecem abrigar o empreendimento pretendido, podendo-se apensar uma lista com recomendações de estudos, investigações e/ou ensaios geotécnicos complementares, a realizar em nível de detalhe, para maior segurança do uso e ocupação do solo; ou
- ii) as condições geológicas do local não favorecem a instalação do empreendimento pretendido, desaconselhando-se sua implantação, devendo-se buscar alternativas locais e/ou tecnológicas; ou
- iii) não foi possível obter um parecer conclusivo, devendo-se, nesse caso, mencionar os estudos, investigações e/ou ensaios geotécnicos complementares necessários para melhor definição quanto às condições geológicas presentes no local.

Caso a conclusão da avaliação seja pela possibilidade “i”, em razão da favorabilidade das condições geológicas identificadas, essa informação deve ser apresentada de forma clara no produto técnico final (ver item 5 deste Roteiro). Isso deve ser efetuado de modo a não gerar dúvidas quanto ao prosseguimento da proposta e dos consequentes estudos de viabilidade de engenharia e ambientais pertinentes.

Do mesmo modo, caso a conclusão seja pela indicação de que as condições do meio físico não favorecem a instalação do empreendimento, ou seja, pela possibilidade “ii”, essa informação deve também ser explicitada de forma clara no documento final, para que não haja dúvidas quanto ao não prosseguimento da proposta, dadas as limitações do meio físico. No caso da possibilidade “iii”, a eventual execução posterior dos estudos, investigações e ensaios recomendados poderão trazer ou não a proposta para nova avaliação.

5. PRODUTO ESPERADO

O produto esperado com a *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro envolve a apresentação de um relatório, parecer ou laudo de caráter geológico-geotécnico acerca das condições locais, no qual devem ser apresentados os objetivos, métodos, resultados, discussões, conclusões e referências acerca da análise efetuada. Deve-se, ainda, incluir as recomendações sobre estudos, investigações e/ou ensaios complementares que deverão ser efetuados pelo proponente conforme o caso, de modo a compatibilizar o empreendimento com as características do meio físico ou melhorar o conhecimento sobre o local (alternativas “i” e “iii” do item 4 deste Roteiro, respectivamente).

O produto final da avaliação deve incluir extratos descritivos e cartográficos de localização do empreendimento pretendido no âmbito da CGAU-MJ, bem como imagens, fotos e ilustrações adicionais obtidas em campo e à distância (sensoriamento remoto) em relação ao local de interesse, visando facilitar a compreensão acerca do contexto avaliado.

APÊNDICE C – GLOSSÁRIO

Este breve glossário contém termos técnicos utilizados neste Guia de Utilização da CGAU-MJ, bem como outros adicionados em razão de possível interesse na aplicação do instrumento. Cada termo tem seu significado descrito de forma sucinta, podendo se associar a outro contido neste mesmo glossário (nesse caso, grafado em *itálico*). Os conceitos e definições correspondentes foram adaptados e simplificados a partir de Bitar e Sepe (2024), tendo em conta os documentos e trabalhos anteriores de Brasil (2012a, 2012b), Macedo e Bressani (2013), Bitar (2014), Santos (2014), IPT (2015b), Dantas (2016) e Oliveira e Monticeli (2018), entre outros, com a finalidade principal de auxiliar a utilização prática da CGAU-MJ.

- **Alagamento:** acúmulo temporário de água, decorrente de capacidade reduzida do *escoamento superficial* em áreas com baixa *declividade* e/ou deficiência do sistema de drenagem.
- **Aluvial:** referente ao processo de acumulação sedimentar e formação da *planície aluvial*, que resulta da evolução da dinâmica fluvial, gerando depósitos de cascalhos, areias, siltes e argilas. O tipo de depósito sedimentar formado é por vezes denominado de aluvião, alúvio ou aluvionar.
- **Ameaça:** fenômeno ou processo (ex.: *deslizamento*), cuja dinâmica evolutiva pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação à ocupação e a elementos expostos.
- **Amplitude:** diferença entre cotas, medida do topo de uma elevação na paisagem até a sua base, em geral no vale. A amplitude não deve ser confundida com a altitude absoluta, que é medida em relação ao nível do mar.
- **Aquífero:** formação geológica que apresenta características de permeabilidade favoráveis ao armazenamento e circulação das águas subterrâneas.
- **Aquífero confinado:** corresponde ao *aquífero* submetido a pressões superiores à pressão atmosférica, cujo *nível d'água subterrânea* é denominado de *nível potenciométrico* ou piezométrico.
- **Aquífero cristalino:** refere-se ao sistema *aquífero* presente em formações geológicas de *rocha cristalina*. Denominado também como fissurado ou fraturado. Ocorre no Município de Jundiá em formações constituídas por *rocha cristalina*, sendo denominado de cristalino ou fraturado.
- **Aquífero livre:** corresponde ao *aquífero* submetido a pressões equivalentes à pressão atmosférica, cujo *nível d'água subterrânea* é denominado de *nível freático*.
- **Aquífero sedimentar:** refere-se ao sistema *aquífero* presente em formações geológicas sedimentares. No Município de Jundiá, ocorre em três sistemas: *Quaternário*; *Paleógeno* e *Tubarão*.
- **Aquífero suspenso:** denominação usualmente empregada para se referir ao caso particular de um *aquífero livre* que apresenta abrangência territorial e temporalidade restritas. Localiza-se sobre uma camada ou lente de menor permeabilidade ou impermeável, tendo seu *nível d'água subterrânea* acima daquele do sistema *aquífero* regional. É comumente encontrado em formações sedimentares e solos.
- **Área de empréstimo:** área na qual são extraídos materiais de natureza predominantemente terrosa, para utilização em obras e aterros.
- **Área de risco:** área ocupada por moradias e outros usos sob *ameaça* de um dado fenômeno ou processo (ex. *deslizamento*), cuja análise de *perigo* tenha indicado que a ocorrência de um evento correlato pode gerar perdas e danos, em termos de vidas e de bens materiais e patrimoniais.
- **Assoreamento:** processo de acumulação progressiva de sedimentos e materiais diversos em leito de curso hídrico, assim como em reservatórios e galerias, reduzindo as capacidades de vazão e armazenamento e contribuindo para o aumento na frequência de *inundação*.

- **Aterro:** refere-se ao material de maciço terroso ou de entulho artificial utilizado para nivelamento ou alteamento de um terreno ou área. Pode ser *aterro compactado* ou *aterro lançado*.
- **Aterro compactado:** corresponde ao *aterro* executado manualmente ou mecanicamente com a finalidade de assegurar maior resistência ao cisalhamento, devendo ser realizado em conformidade com normas técnicas vigentes e as boas práticas de engenharia.
- **Aterro lançado:** corresponde ao *aterro* executado sem a compactação adequada.
- **Bandamento:** aspecto de rochas com faixas alternadas e aproximadamente paralelas, compostas por diferentes minerais, texturas e cores.
- **Boçoroca:** feição erosiva onde a remoção de partículas e massas de solo ocorre aceleradamente pela ação conjunta das águas superficiais e subterrâneas. Geralmente formam escavações com paredes abruptas de vários metros de profundidade, dezenas a centenas de metros de comprimento e dezenas de metros de largura. Também chamada de *Voçoroca* ou *Bossoroca*.
- **Bota-fora:** área de deposição de materiais e resíduos diversos, provenientes de escavações e demolições. O termo é utilizado também para denominar esse tipo de material.
- **Cabeceira de drenagem:** feição de relevo onde geralmente se identifica a *nascente* de um curso hídrico, geralmente em forma de anfiteatro semicircular (ferradura) e com encostas íngremes, para as quais as águas de montante provenientes de infiltração no solo e *escoamento superficial* tendem a confluir e gerar instabilizações. O local da *nascente* e suas imediações é por vezes denominado *grot*.
- **Capacidade de suporte:** característica de um maciço de rocha e/ou solo em relação ao seu comportamento quando submetido a uma carga, para fins de fundação em obras e aterros.
- **Carste:** contexto de relevo associado a rochas de composição carbonática, sujeitas a processos de dissolução e formação de cavidades no subsolo, que podem evoluir e se manifestar na forma de afundamentos em superfície. Pode se apresentar encoberto por camada de solo de espessura variada. A água, que outrora preenchia os poros ou condutos existentes, quando superexplorada, resulta em vazios que podem levar a instalação de processos de *subsidência* ou mesmo de *colapso de solo*.
- **Cenozoico:** era geológica compreendida desde 66 Ma até o presente.
- **Colapso de solo:** processo de afundamento súbito do solo em superfície, relacionado à dinâmica evolutiva de cavidades originadas no subsolo, geralmente em *carste* e antecedido de *subsidência*. Fenômeno no qual o solo perde volume rapidamente, causando o afundamento em superfície.
- **Colina:** relevo de degradação constituído por elevações pouco dissecadas, com vertentes convexas ou convexo-côncavas e topos amplos, com morfologia geral alongada ou arredondada em seus domínios.
- **Colúvio:** material transportado de um local para outro pela ação combinada da gravidade e das águas pluviais, depositado ao longo das encostas e contendo geralmente solos e fragmentos de rochas diversas, por vezes associado ao conceito de *tálus* (rampa de colúvio/*tálus*).
- **Concreção limonítica:** massa geralmente nodular ou esférica de dimensões variadas, contendo óxido de ferro hidratado e sílica, bastante endurecida, encontrada nos solos.
- **Conglomerático:** relativo à rocha ou sedimento composto por fragmentos mais ou menos arredondados com diâmetro superior a 2 mm.
- **Corrida de massa:** movimento gravitacional de massa com alta energia de transporte e alta capacidade destrutiva. Caracteriza-se por fluxos concentrados de materiais diversos (blocos e fragmentos de rochas; e troncos e galhos vegetais imersos em matriz contendo solos/sedimentos de diferentes granulometrias), provenientes de deslizamentos nas encostas e do retrabalhamento de depósitos antigos situados ao longo de cursos hídricos. O processo é também denominado como *fluxo de detritos*.

- **Corte:** processo de remodelamento da superfície topográfica de um maciço de solo ou rocha, por meio de *terraplenagem* e/ou desmonte rochoso, resultando em um *talude de corte*.
- **Declividade:** inclinação geral de uma superfície dada pela razão entre a diferença de altura e a distância na projeção horizontal entre dois pontos, medida em porcentagem (a declividade, propriamente dita) ou graus (a inclinação, propriamente dita).
- **Desagregação superficial:** processo também denominado de *empastilhamento*.
- **Desastre:** ruptura brusca ou gradual da dinâmica socioeconômica e/ou ambiental de uma região, decorrente de evento associado à ocorrência de um fenômeno ou processo com grande *severidade*. Resulta de evento adverso, de origem natural e/ou induzida pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis, gerando perdas e danos significativos e/ou de grande magnitude.
- **Descontinuidade:** ruptura natural presente em maciços, gerando plano de menor resistência quando solicitado por obras. O termo coletivo é utilizado para abranger a maioria dos tipos de sistemas de falhas, zonas de cisalhamento, fraturas, juntas e outros.
- **Deslizamento:** movimento gravitacional de massa caracterizado por velocidade alta, sendo comumente deflagrado por chuvas intensas e concentradas em encostas com *declividade* e *amplitude* elevadas, segundo superfície de ruptura que pode ser planar (*deslizamento translacional*), circular (*deslizamento rotacional* ou *deslizamento circular*) ou em formato de cunha (*deslizamento em cunha*), que acompanha planos de fragilidade ou *descontinuidade* estrutural dos maciços terrosos ou rochosos envolvidos no processo. É função do tipo de solo ou rocha, geometria do talude e condições de fluxo da água. O processo é também denominado de *escorregamento*.
- **Deslizamento rotacional:** tipo de *deslizamento* em que a superfície de ruptura adquire formato similar ao de um arco de círculo, ocorrendo geralmente em solos isótropos e homogêneos mais espessos.
- **Deslizamento circular:** o mesmo que *deslizamento rotacional*.
- **Deslizamento em cunha:** tipo de *deslizamento* em que a massa de solo e rocha movimentada tem a forma aproximada de uma cunha.
- **Deslizamento induzido:** *deslizamento* cuja ocorrência apresenta evidências de influência ou relação direta com a ocupação.
- **Deslizamento natural:** *deslizamento* cuja ocorrência não apresenta evidências de influência ou relação direta com a ocupação.
- **Deslizamento planar:** tipo de *deslizamento* em que a superfície de ruptura é plana e quase paralela à superfície do *talude*.
- **Deslizamento translacional:** ver *ruptura translacional*.
- **Desplacamento:** quebra ou segmentação do corpo rochoso em placas ou lamelas, subparalelas entre si e à superfície do terreno.
- **Embasamento:** termo empregado para designar rochas mais antigas em relação a outras sobrepostas no tempo geológico. Quando referido a rochas cristalinas, constitui o *embasamento cristalino*, mas pode se referir a rochas sedimentares quando estas formam o embasamento de formações mais recentes que as recobrem.
- **Embasamento cristalino:** termo utilizado quando o *embasamento* é formado por rochas ígneas ou metamórficas, como granitos, gnaisses, xistos, filitos e outros tipos.
- **Empastilhamento:** processo de fragmentação de um maciço terroso ou rochoso pela expansão e contração de seus componentes minerais, causado por ciclos continuados de umedecimento e ressecamento (alternância entre chuvas e estiagens), formando trincas na superfície exposta, que resultam em fragmentos centimétricos (pastilhas) do material original e que se desprendem do maciço. O processo é denominado também de *desagregação superficial*.
- **Enchente:** ou cheia, compreende o processo de enchimento do canal referente ao leito regular do curso hídrico, provocado geralmente por chuvas intensas, contínuas e abrangentes. Constitui o primeiro estágio do processo de *inundação*, este caracterizado

pelo transbordamento do canal. A depender do volume e da velocidade das águas no canal, pode se configurar como *enxurrada*.

- **Enxurrada:** processo associado a *enchente* ou *inundação* brusca e de curta duração, com alta energia de transporte e alta capacidade de arraste. Ocorre em cursos hídricos e também em sistemas de drenagem urbana (enxurrada urbana).
- **Entulho:** material proveniente de uma demolição ou escavação.
- **Erodibilidade:** *suscetibilidade* do maciço terroso ao processo de *erosão*; propriedade dos maciços terrosos quanto a sua resistência aos processos erosivos.
- **Erosão:** processo decorrente de conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos responsáveis pelo modelado do relevo terrestre, que pode ser induzido e acelerado pelo uso e ocupação do solo. Compreende essencialmente a remoção de partículas ou massas de solo pelas águas de chuva (*erosão pluvial*), rios (*erosão fluvial*) e vento (*erosão eólica*).
- **Erosão em ravina:** processo erosivo em que a remoção de partículas do solo ocorre de forma acelerada pela concentração linear do *escoamento pluvial*. Constitui-se num estágio de *erosão pluvial* mais intenso e com maior profundidade que a *erosão em sulco*.
- **Erosão em sulco:** processo erosivo em que a remoção de partículas do solo ocorre pela concentração linear do *escoamento pluvial*, porém num estágio de *erosão pluvial* menos intenso e com menor profundidade que a *erosão em ravina*.
- **Erosão interna:** ver "*piping*".
- **Erosão laminar:** processo erosivo em que a remoção de partículas do solo ocorre pelo *escoamento pluvial* distribuído de modo mais uniforme sobre a superfície do terreno.
- **Erosão eólica:** *erosão* decorrente da ação do vento sobre a superfície dos solos e rochas.
- **Erosão fluvial:** *erosão* decorrente da ação do curso hídrico nos taludes marginais.
- **Erosão pluvial:** *erosão* decorrente da ação das águas de chuva sobre a superfície dos solos e rochas.
- **Escoamento pluvial:** refere-se ao escoamento das águas de chuvas sobre a superfície do solo. Quando o solo se encontra exposto ou desprotegido, pode causar *erosão* e outras consequências.
- **Escoamento superficial:** o mesmo que *escoamento pluvial*.
- **Escorregamento:** o mesmo que *deslizamento*.
- **Estrutura geológica:** feição típica de rochas metamórficas, caracterizada pela orientação mais ou menos paralela dos seus componentes minerais, principalmente os placóides (mica) e/ou prismáticos. Compreende *foliação* e *xistosidade*, além de falhas, zonas de cisalhamento, fraturas, juntas e outras descontinuidades presentes nos maciços rochosos.
- **Filito:** rocha metamórfica com *foliação* notória, constituída por minerais micáceos orientados, com granulação muito fina (que o distingue de *xisto*).
- **Fluxo de detritos:** o mesmo que *corrida de massa*.
- **Foliação:** estrutura que consiste na orientação planar de minerais prismáticos e/ou placóides e/ou de agregados de minerais lenticulares.
- **Fratura:** tipo de descontinuidade ou ruptura presente em um maciço rochoso.
- **Friável:** propriedade dos materiais que se mostram facilmente desagregáveis com as mãos.
- **Gnaisse:** rocha metamórfica de granulação média a grossa, caracterizado pela orientação mais ou menos paralela dos seus componentes minerais, que é semelhante a do granito.
- **Granito:** rocha ígnea intrusiva composta basicamente por três minerais essenciais: quartzo, feldspato e mica, sendo possível a observação desses minerais a olho nu.
- **Grota:** associada ao contexto de *cabeceira de drenagem*.

- **Intemperismo:** conjunto de processos que ocasionam a alteração e decomposição físico-química das rochas, pela ação de agentes atmosféricos e biológicos. O produto desse processo de alteração das rochas corresponde ao *solo*.
- **Inundação:** processo iniciado com *enchente* e caracterizado pelo transbordamento das águas de um curso hídrico, extrapolando o leito regular e atingindo a *planície de inundação* atual ou área de *várzea*.
- **Jusante:** denominação dada a uma área situada abaixo da outra, tendo como referência a corrente fluvial. O oposto de *montante*.
- **Laterização:** processo característico de regiões intertropicais de clima úmido e estações secas e chuvosas alternadas, gerando remoção de sílica e enriquecimento dos solos em ferro e alumina.
- **Laterítico:** ou laterizado, refere-se ao material terroso submetido ao processo de *laterização*, adquirindo uma coloração avermelhada por causa da concentração do ferro.
- **Lençol freático:** termo geralmente utilizado para se referir ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero livre*.
- **Lençol freático suspenso:** ou "lençol suspenso", termo por vezes utilizado para se referir ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero suspenso*, que é um caso particular de *aquífero livre*.
- **Lente:** ocorrência de rocha ou solo sem continuidade lateral, possuindo variação de espessura e situada no meio de outra camada.
- **Linha de drenagem natural:** feição topográfica onde ocorre uma concentração do fluxo de água superficial, independente do fluxo ter caráter permanente ou não.
- **Litologia:** refere-se ao tipo de rocha.
- **Maciço:** massa de material (rocha ou solo) caracterizada conforme componentes e feições apropriadas, sendo definida segundo critérios de classificação geológico-geotécnicos.
- **Matacão:** bloco de rocha comumente arredondado, de diâmetro superior a 25 cm. É encontrado na superfície ou no interior do solo, sendo característico da alteração de rochas graníticas. No Município de Jundiaí, o termo pode ser mais empregado para blocos de dimensão métrica.
- **Meandro:** feição característica da sinuosidade formada pelo curso do rio, muitas vezes em forma de semicírculo, encontrada em *planície aluvial*.
- **Mesozoico:** era geológica, compreendida entre e 145 e 66 Ma atrás.
- **Metacarbonato:** rocha metamórfica, composta principalmente por minerais de composição carbonática.
- **Migmatito:** rocha que apresenta características metamórficas e ígneas, podendo ser predominantemente xistosa e com grandes veios e bandamentos de material granítico.
- **Mitigação:** refere-se ao conjunto de ações e medidas destinadas a reduzir a probabilidade de ocorrência de um evento, especialmente em face de cenários de grande *severidade* ou *desastre*, assim como atenuar significativamente a magnitude de suas consequências.
- **Montante:** denominação dada a uma área situada acima da outra, tendo como referência a corrente fluvial. O oposto de *jusante*.
- **Morro:** relevo de degradação constituído por elevações dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados. Considerando-se variações de *amplitude* e *declividade* em seus domínios, pode-se distinguir morro baixo e morro alto, este último podendo abrigar corpos de *tálus*.
- **Morroto:** relevo de degradação constituído por pequenos morros bastante dissecados, com vertentes retilíneas ou retilíneo-côncavas e topos arredondados, por vezes alinhados em cristas. Considerando-se variações de *amplitude* e *declividade* em seus domínios, pode-se distinguir morroto baixo, morroto e morroto alto.

- **Movimentos gravitacionais de massa:** conjunto de processos geológicos que compreende principalmente *deslizamento*, *rastejo*, *queda de rocha* e *corrida de massa* ou *fluxo de detritos*.
- **Nascente:** local situado em *cabeceira de drenagem* ou em outro contexto morfológico onde aflora o *nível d'água subterrânea*, dando geralmente início a um curso hídrico perene ou intermitente, podendo ser pontual ou difuso.
- **Neógeno:** período geológico intermediário da era Cenozoico, compreendido entre 23,03 e 2,58 Ma atrás.
- **Nível d'água subterrânea:** em *aquífero livre*, corresponde ao *nível freático*. Em *aquífero confinado* diz respeito ao *nível potenciométrico* ou piezométrico.
- **Nível dinâmico:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero*, medido a partir da superfície do solo, quando ocorre o bombeamento e/ou *rebaixamento do nível d'água subterrânea*. Contrapõe-se ao *nível estático*, que é medido em um poço ou escavação em repouso.
- **Nível estático:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero*, medido a partir da superfície do solo em um poço ou escavação em repouso. Contrapõe-se ao *nível dinâmico*.
- **Nível freático:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero livre*.
- **Nível freático suspenso:** refere-se ao *nível freático* de um *aquífero suspenso*, que é um caso particular de *aquífero livre*.
- **Nível potenciométrico:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero confinado*. Também denominado de nível piezométrico.
- **Paleógeno:** período geológico inicial da era Cenozoico, compreendido entre 66 e 23,03 Ma atrás.
- **Paleozoico:** era geológica compreendida entre e 538 e 251 Ma atrás.
- **Perigo:** condição associada a uma *ameaça* com potencial para a geração de perdas e danos em uma dada área num determinado período de tempo; periculosidade ou perigosidade.
- **Piping:** movimento de partículas de uma massa de solo carregadas por percolação de água, provocando a abertura progressiva de canais dentro da massa de solo em sentido contrário ao do fluxo da água. É também conhecido como “erosão retroprogressiva” ou *erosão interna*.
- **Planície aluvial:** relevo de agradação, formado pela deposição de sedimentos de origem fluvial em terreno baixo e plano junto aos cursos hídricos, com declividade geralmente muito baixa e sujeito a *inundação* e *alagamento* periódicos.
- **Planície de inundação:** referente à *planície aluvial*.
- **Poluição:** lançamento e/ou introdução de qualquer forma de matéria ou energia por atividades humanas no ambiente (ar, água, solo), em valores que excedem os padrões de qualidade estabelecidos em normas legais e/ou em boas práticas de sustentabilidade;
- **Preparação:** conjunto de ações de planejamento e gestão destinadas a implantar sistemas de alerta, mobilização e contingência, organizando a estrutura e o funcionamento da *resposta* a executar em operações de emergência, especialmente frente a cenários de eventos de grande *severidade* ou *desastre*.
- **Prevenção:** conjunto de ações de planejamento e gestão destinadas a evitar a criação de novas situações de risco em áreas desocupadas e também em áreas ocupadas, bem como evitar a ocorrência de perdas e danos significativos, especialmente frente a cenários de eventos de grande *severidade* ou *desastre*.
- **Proterozoico:** eon geológico, compreendido entre 2.500 e 538 Ma atrás.
- **Quartzito:** rocha de natureza metamórfica, composta essencialmente de quartzo. Corresponde a um arenito endurecido por processos metamórficos.
- **Quaternário:** período geológico atual da era Cenozoica, iniciado há 2,58 Ma atrás.

- **Queda de rocha:** movimento geralmente abrupto de blocos e matacões rochosos, que se desprendem de encostas íngremes, paredões rochosos ou falésias. Envolve principalmente quedas livres, rolamentos, tombamentos e deslocamentos de rochas.
- **Rastejo:** movimento gravitacional de massa relativamente mais lento quando comparado a *deslizamento*, podendo envolver *colúvio* e/ou *tálus* em depósitos de acumulação de pé e/ou meia encosta e ser acelerado mesmo em terrenos com baixas declividades, em decorrência de interferências diretas.
- **Ravina:** feição erosiva linear e pouca profunda no solo, decorrente do *escoamento pluvial* concentrado.
- **Rebaixamento do nível d'água subterrânea:** aumento da profundidade do *nível d'água subterrânea* em relação à superfície do solo, geralmente em decorrência de bombeamento e/ou extração de água subterrânea, podendo ocorrer também de forma natural.
- **Recalque:** deformação do solo, de direção essencialmente vertical, causada pelo deslocamento de suas partículas em decorrência de sobrecarga e/ou rebaixamento do nível d'água no subsolo.
- **Recalque diferencial:** tipo de *recalque* em que este não é uniforme em todos os pontos do aterro ou da fundação em um dado terreno.
- **Resiliência:** capacidade de uma comunidade exposta ao *perigo* e ao *risco* em recuperar-se o mais rápido possível das consequências de um evento danoso ocorrido ou de um *desastre*.
- **Risco:** uma medida da *ameaça* e das consequências em termos de perdas e danos que esta poderá causar em uma dada área num determinado intervalo de tempo. Envolve a avaliação da probabilidade de ocorrência do processo destrutivo em um dado cenário, a identificação dos elementos expostos que podem ser afetados no cenário e a *vulnerabilidade* associada. Quando caracterizado e qualificado o *risco*, a área em questão pode ser denominada de *área de risco*.
- **Risco geológico:** situação de *risco* associada a processos de *deslizamento* e *solapamento de talude marginal* de rios e córregos, assim como a outros processos do meio físico (*subsidência* e *colapso de solo*, erosão, entre outros), podendo-se considerar a interação com processos hidrológicos (*enchente*, *enxurrada* e *inundação*).
- **Recuperação:** conjunto de ações de planejamento e gestão de riscos destinadas a reconstruir a infraestrutura e reabilitar a dinâmica socioambiental e econômica afetadas, especialmente ante a ocorrência de eventos de grande *severidade* ou *desastre*.
- **Resposta:** conjunto de ações de planejamento e gestão de riscos destinadas a proteger vidas e bens, bem como restabelecer serviços essenciais, especialmente ante a ocorrência de eventos de grande *severidade* ou *desastres*.
- **Rocha:** agregado de minerais, podendo ser de natureza ígnea, metamórfica ou sedimentar.
- **Rocha básica/ultrabásica:** rocha de natureza ígnea composta essencialmente por minerais escuros.
- **Rocha cristalina:** rocha de natureza ígnea e/ou metamórfica.
- **Rocha granitóide:** nome genérico que engloba as rochas com granulação grosseira, pouca orientação dos seus componentes minerais e composição mineralógica semelhante aos granitos.
- **Ruptura translacional:** resultado de movimento gravitacional de massa que se desenvolve ao longo de superfície bem definida e com velocidade alta.
- **Ruptura translacional rasa:** corresponde à *ruptura translacional* que mobiliza pequenas espessuras de solo. Ocorre também em *aterro*.
- **Saibro:** material terroso extraído em *área de empréstimo*, composto geralmente por *solo de alteração* de rocha presente em horizontes inferiores do *solo residual*.
- **Sedimentos aluviais:** sedimentos depositados na *planície aluvial* por processos fluviais.

- **Sedimentos paleógenos:** materiais presentes em maciços sedimentares formados em bacias geológicas durante o período *Paleógeno*. Apresentam espessura e textura variadas (argilosa, siltosa, cascalhos, *conglomerático* e *concreção limonítica*), sendo comum a detecção de *lençol suspenso* e a ocorrência de *solo expansível*.
- **Serra:** relevo de degradação, com escarpas e encostas íngremes, vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, *amplitude* e *declividade* elevadas e topo de crista geralmente alinhada, abrigando depósitos de *colúvio* e/ou *tálus* em seus domínios e em áreas de influência a *jusante*.
- **Setorização de risco:** compartimentação de uma área ocupada, segundo setores homogêneos identificáveis em imagens ou mapas e sujeitos a um dado processo, como *deslizamento*, que pode levar à destruição de uma ou mais moradias. Os setores são classificados de acordo com os graus de risco comumente atribuídos (muito alto; alto; médio; e baixo), podendo ser adotados outros tipos de classificação (ex.: muito alto; alto; e setor de monitoramento, este para englobar as situações de médio e baixo risco presentes na outra classificação mencionada).
- **Severidade:** capacidade de um evento para a geração de perdas e danos; magnitude do evento ou *desastre*, podendo ser dimensionada pela intensidade, duração e abrangência.
- **Solapamento de talude marginal:** processo que ocorre em margem de rio e córrego, no qual a *erosão fluvial* atuante na porção inferior do talude deixa a parte superior sem sustentação, levando-a a desabar.
- **Solo:** material terroso encontrado naturalmente na superfície, podendo ser de origem inorgânica e/ou orgânica. Termo também utilizado no sentido geográfico, para se referir a determinado espaço.
- **Solo compressível:** solo que não apresenta resistência satisfatória ou suficiente para suportar as cargas ou solicitações provenientes do sistema estrutural de obras e edificações, repercutindo em deformações e ondulações em superfície. Denominado também de *solo mole*.
- **Solo de alteração:** *solo residual* em geral jovem ou pouco maduro, apresentando evidências da rocha original que se apresenta decomposta. Também denominado de *solo saprolítico*. Corresponde ao horizonte inferior do *solo residual*, abaixo do *solo eluvial* (horizonte superior, mais maduro).
- **Solo eluvial:** corresponde ao horizonte superior do *solo residual*, que se sobrepõem ao *solo de alteração* (horizonte inferior).
- **Solo expansível:** solo composto por minerais que se expandem frente ao aumento da umidade.
- **Solo hidromórfico:** solo formado por influência de processos fluviais de *alagamento* e secamento associados a cursos hídricos e *planície aluvial*.
- **Solo laterizado:** solo avermelhado ou amarelado, rico em ferro e alumínio na fração argila, com relativo ganho de resistência mecânica. Estágio intermediário do processo de laterização.
- **Solo mole:** solo formado pela deposição de sedimentos transportados por cursos hídricos, de consistência mole e compressível (*solo compressível*). Apresentam geralmente alta porcentagem de material orgânico (argilas orgânicas) e alto teor de umidade. Pode-se considerar que as áreas de maior ocorrência desse solo são aquelas onde existiram os meandros dos principais rios.
- **Solo residual:** solo derivado do *intemperismo* em rocha sã, formado no local onde ocorre a alteração (rocha alterada). Pode se subdividir em *solo residual* jovem ou maduro. Abrange o *solo eluvial* (horizonte superior, mais maduro) e o *solo de alteração* (horizonte inferior, mais jovem ou pouco maduro).
- **Solo superficial:** camada do solo da superfície do terreno natural, que suporta a vida vegetal. Geralmente é o solo mais laterizado.
- **Solo saprolítico:** corresponde ao *solo de alteração* de rocha.

- **Subsidência:** processo de afundamento lento do solo em superfície, relacionado à dinâmica evolutiva de cavidades no subsolo que pode culminar com o *colapso de solo* em superfície. É um processo comum em relevo de *carste*, mas pode ocorrer em outros contextos.
- **Sulco:** feição erosiva linear superficial no solo, decorrente do *escoamento pluvial* concentrado. Resulta da *erosão em sulco*.
- **Surgência de água:** fonte, *nascente* ou olho d'água aflorantes em superfície.
- **Suscetibilidade:** propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área, considerando-se os fatores predisponentes relacionados ao meio físico (relevo, *litologia*, *solo* e outros).
- **Talude:** superfície inclinada do terreno. Os taludes podem ser naturais ou provenientes de obras de terraplenagem (*corte* ou *aterro*).
- **Talude de aterro:** superfície inclinada de um *talude* formado por *aterro compactado* ou *aterro lançado*.
- **Talude de corte:** superfície inclinada de um *talude* gerado por escavação direta no terreno.
- **Tálus:** material transportado de um local para outro, pela ação combinada da gravidade e das águas pluviais. Contêm geralmente solos, blocos de rochas, galhos e troncos, podendo ser depositado ao longo das encostas e se assentar na forma de depósitos de acumulação em sopé ou pé de encosta (corpo de tálus). Por vezes se associa ao conceito de *colúvio* (rampa de *colúvio/tálus*).
- **Terra baixa:** ou terreno baixo, para designar a área dentro da *planície aluvial* contígua ao leito de um curso hídrico, recoberta por água nos períodos de cheia e transbordamento, onde se sedimentam as frações mais finas da lama transportada pela água esparramada. Compreendem as *backswamps*, que são bacias restritas de decantação e acumulação de sedimentos finos.
- **Terraço fluvial:** relevo de agradação em terreno plano e topograficamente alçado em relação à *planície aluvial* atual, menos sujeitos a *inundação*. Pode haver terraços fluviais baixos ou elevados, ambos sujeitos a *alagamento*.
- **Terraplenagem:** movimentação de terra envolvendo a execução de *corte* e/ou *aterro* de solos com a finalidade de preparar o terreno para a execução de uma obra.
- **Textura:** conjunto de características de forma, dimensão e arranjo dos elementos mineralógicos constituintes da rocha ou solo.
- **Tratamento primário:** termo genérico utilizado para se referir a cascalhamento, agulhamento, solo estabilizado e a outros métodos aplicáveis a leitos viários.
- **Várzea:** associado a *terra baixa*, agregando-se a biota e as condições hídricas que a caracterizam.
- **Voçoroca:** o mesmo que *Boçoroca* ou *Bossoroca*.
- **Vulnerabilidade:** condição de exposição física, social, econômica e/ou ambiental de pessoas, moradias, ecossistemas e outros elementos ante a ocorrência de evento adverso de origem natural e/ou induzido pela ação humana. Pode ser expressa pelo grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1): quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade. Difere de *vulnerabilidade de aquífero*.
- **Vulnerabilidade de aquífero:** diz respeito às características intrínsecas do aquífero que determinam sua maior ou menor *suscetibilidade* à *poluição* e/ou contaminação.
- **Xisto:** rocha de natureza metamórfica, com *foliação* pronunciada e cuja composição mostra abundância de minerais micáceos orientados, visíveis a olho nu.
- **Xisto micáceo:** *xisto* com predominância de micas em sua composição mineralógica.
- **Xisto quartzoso:** *xisto* que contém, em sua composição mineralógica, mica e quartzo em proporções variáveis, ora predominando um ora o outro, espaçadamente.
- **Xistosidade:** tipo de *foliação* que ocorre em rochas metamórficas, resultante do arranjo paralelo de grãos minerais placóides e elipsóides.

IPT

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo**

Av. Prof. Almeida Prado, 532

Cidade Universitária - Butantã - São Paulo - SP

CEP 05508-901

[twitter.com/@iptsp](https://twitter.com/iptsp)

youtube.com/IPTbr

facebook.com/iptsp

www.ipt.br

Central de Relacionamento com o Cliente

(11) 3767-4102 / 4456 / 4091

ipt@ipt.br