

**PROPOSTA DE CARTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA A PARTIR DE ANÁLISE INTEGRADA:
UMA FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO URBANO PARA POÇOS DE CALDAS (MG)***PROPOSAL OF A GEOLOGICAL-GEOTECHNICAL CHART BASED ON INTEGRATIVE
APPROACH: AN URBAN PLANNING TOOL FOR POÇOS DE CALDAS – MG.*Thaís Minatel TINÓS¹; José Eduardo ZAINÉ², Mateus Vidotti FERREIRA¹

RESUMO: O mapeamento geológico-geotécnico é um instrumento fundamental para o planejamento e gestão do meio físico, fornecendo as informações essenciais para a tomada de decisão. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de uma carta geológico-geotécnica das principais áreas urbanas e de expansão do município de Poços de Caldas - MG. A metodologia empregada focou a análise integrada dos elementos do meio físico a partir do uso de fotografias aéreas e trabalhos de campo, para a compartimentação fisiográfica de unidades do terreno. Cada unidade passou por uma caracterização geotécnica e uma avaliação de adequabilidade quanto ao uso urbano. Como produtos finais são apresentados uma carta geológico-geotécnica da área, um perfil de cada unidade, além de suas principais características e processos geológicos ocorrentes. Tais elementos são instrumentos essenciais para o planejamento urbano e territorial do município.

Palavras-chave: Mapeamento geológico-geotécnico. Fotografias aéreas. Expansão urbana. Escala de semi-detalhe.

ABSTRACT: Geological-geotechnical mapping is an important tool for the terrain planning and management, providing essential information for decision making. This study aimed to develop a geological-geotechnical map of Poços de Caldas main urban areas. The methodology focused on an integrative analysis of the terrain elements from air photographs and field work to divide the area by physiographical features in units. The generated units were characterized by their geotechnical properties and their capabilities and limitations to the urban use. As final products are presented a geological-geotechnical chart, a relief cross-section of each unit, besides its main characteristics and geological processes. These elements are essential informations for urban and territory planning.

Keywords: Geological-geotechnical mapping. Air photographs. Urban sprawl. Semi-detailed scale.

1 - Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP / Campus de Rio Claro. E-mail: thaistinos@gmail.com; mateusvidotti@yahoo.com.br.

2 - Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP / Campus de Rio Claro. E-mail: jezaine@rc.unesp.br

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, notou-se que a intensificação do processo de urbanização, aliado ao contínuo crescimento populacional e a demanda por infraestrutura acarretou inúmeros impactos ao sistema natural. Em grande parte dos municípios, sobretudo nos países em desenvolvimento como o Brasil, a expansão urbana ocorre sem planejamento, de modo desordenado, desencadeando conflitos ambientais ou situações de desequilíbrio entre o meio natural e a ocupação humana.

Prandini et al. (1995) afirmam que, em nosso país, a aceleração da expansão urbana ocorre quase que exclusivamente sob o ponto de vista da especulação do mercado, ignorando as reais potencialidades e limitações do meio ambiente. No entanto, o conhecimento das aptidões da superfície terrestre, para sustentar os diferentes usos do solo, é imprescindível para garantir o controle de fenômenos geodinâmicos indesejáveis, como movimentos de massa, erosão, assoreamento, enchente, dentre outros, os quais podem ser naturais ou induzidos pela ocupação do território (ROSS, 1995).

Nesse sentido, considerar as características do meio físico é um mecanismo eficiente de análise ambiental, pois as estratégias para o planejamento baseiam-se na avaliação acurada da capacidade de sustentação do território e da sua recuperação frente à atividade humana. A organização territorial cria, então, situações apropriadas ao desenvolvimento econômico de seus habitantes, em consonância com as condições naturais (SÃO PAULO, 1992).

O mapeamento geológico-geotécnico é um importante instrumento do planejamento, pois engloba um conjunto de ações que visam o levantamento, caracterização e análise dos componentes do meio físico, destacando-se rochas, solos, águas, relevo e suas relações. Os mapas ou cartas geológico-geotécnicos permitem uma revisão da interação entre ocupação e meio físico, assim como dos próprios conflitos entre as diferentes formas de uso territorial, além de orientar medidas preventivas e corretivas objetivando minimizar prejuízos e riscos nos empreendimentos de uso do solo (PRANDINI et al., 1995).

Grande parte dos mapeamentos geológico-geotécnicos é elaborada a partir de uma metodologia de análise multi-temática, ou seja, um conjunto de produtos cartográficos obtidos separadamente é cruzado para a obtenção de um mapa de síntese final. No entanto, diversos autores

têm apontado vantagens na utilização da metodologia de análise integrada, destacando a economia em termos de custo, tempo e vasta aplicabilidade. Seguindo essa tendência, neste estudo buscou-se aplicar a metodologia de análise integrada, que segundo Ross (1995) permite a elaboração de um produto cartográfico único, onde os elementos ambientais são analisados integradamente para a identificação de diferentes unidades, que podem refletir limites concretos no espaço, podendo ser orientada para diferentes fins.

Para execução da carta foram empregadas fotografias aéreas, que possuem grande potencial de utilização na compartimentação fisiográfica. As etapas de trabalho executadas consistiram fundamentalmente na fotointerpretação, compartimentação fisiográfica, caracterização geológico-geotécnica das unidades e elaboração do produto final e tabela síntese de atributos fotointerpretados.

O município de Poços de Caldas foi escolhido como área de estudo pela grande diversidade de dados disponíveis, além de apresentar inúmeros problemas referentes à falta de um efetivo planejamento urbano, como crescimento desordenado, inundações, processos erosivos e escorregamentos gerados pela ocupação das encostas, assoreamento dos canais de drenagem, entre outros. O mapeamento geológico-geotécnico surge como ferramenta de extrema relevância para identificar, analisar e propor soluções e alternativas a esses problemas de caráter urbano e ambiental.

Com isso, este trabalho tem como objetivos apresentar os resultados obtidos na elaboração de uma carta geológico-geotécnica a partir de metodologia de análise integrada de parcela da cidade e áreas de expansão urbana do município de Poços de Caldas – MG, contribuindo, assim, para a geração de informações que possam auxiliar no planejamento urbano do município.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Poços de Caldas localiza-se ao sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1), em uma região denominada Maciço Alcalino de Poços de Caldas. Sua sede localiza-se na latitude 21°50'20"S e na longitude 46°33'53"O, a uma altitude média de 1.300 m. A área total do município é de 547,258 km² e a população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2014, era de 162.379 habitantes.

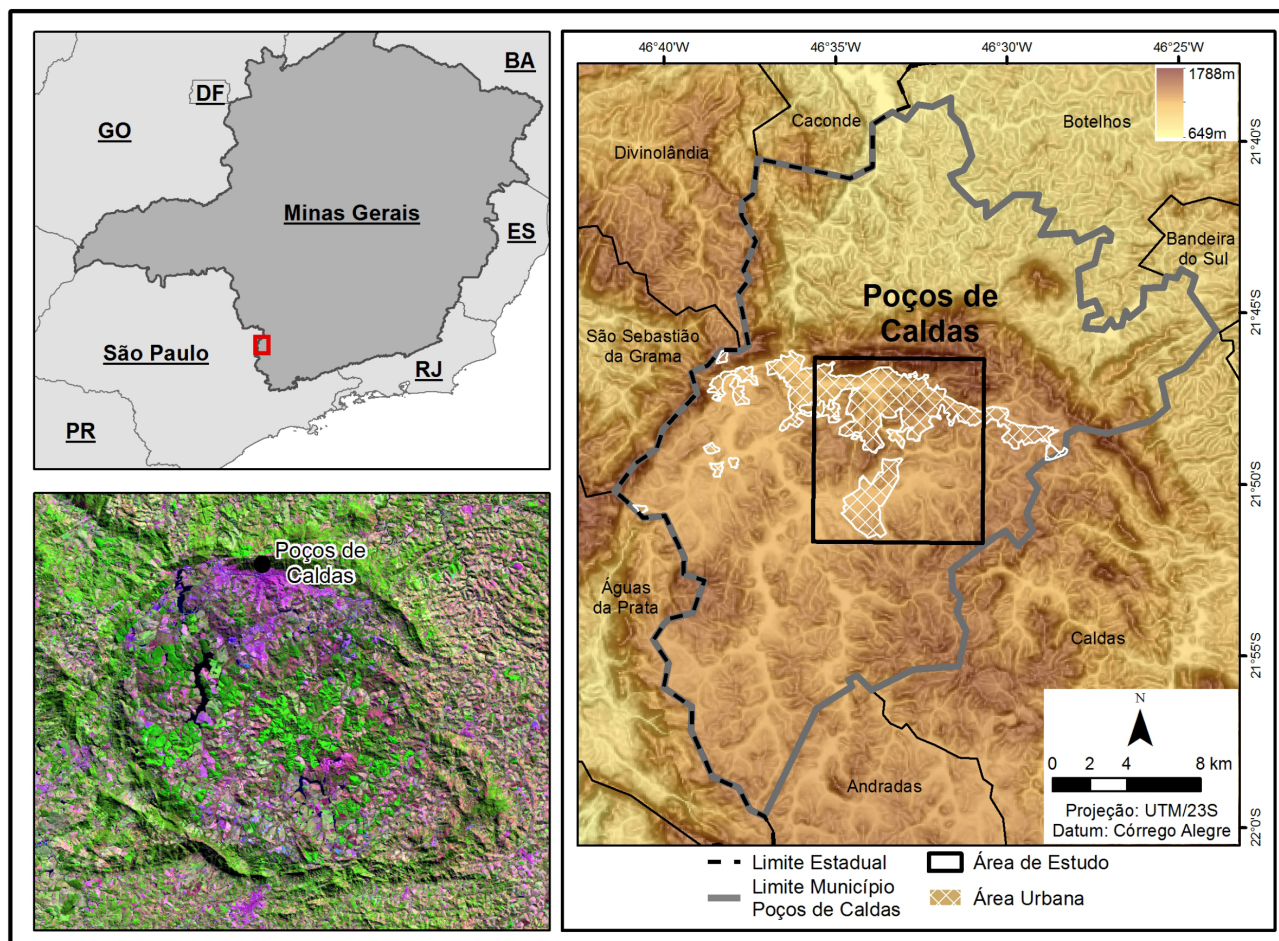


Figura 1: Localização do município de Poços de Caldas.
Figure 1: Localization of Poços de Caldas.

Dentro das feições geomorfológicas da região Sudeste do Brasil, o município situa-se na zona do planalto Sul de Minas, inserida na província do planalto Atlântico. Essa zona é subdividida em três subzonas: a superfície do alto rio Grande, o planalto de São Pedro de Caldas e o planalto de Poços de Caldas, parte central deste trabalho. Ao norte da área ocorre também a zona Cristalina do Norte, que mantém um relevo de transição entre as terras altas do planalto do Sul de Minas e da Mantiqueira para a região rebaixada da depressão Periférica Paulista e é subdividida em duas subzonas: a de Amparo e a de São José do Rio Pardo (BRASIL, 1979).

A subzona do planalto de Poços de Caldas emerge na paisagem com um anel de cristas que moldura uma zona rebaixada no interior. Também denominado dique anelar, esse anel está salientado de 300 a 500 m acima do relevo cristalino que o rodeia, com uma forma ligeiramente elíptica e eixo maior de 35 quilômetros no sentido NE-SW e o menor de 30 quilômetros no sentido NW-

SE. No centro desse dique anelar desenvolve-se uma topografia de morros e colinas, cujos desníveis locais raramente ultrapassam 150 m. As serras que envolvem o planalto de Poços de Caldas alcançam 1630 m no morro do Cristo Redentor, enquanto que o interior se nivela em aproximadamente 1300 m (BRASIL, 1979).

No contexto geológico, o município situa-se no Complexo Alcalino de Poços de Caldas. Ellert (1959) destaca a ocorrência de quatro tipos litológicos: 1 - rochas efusivas e hipoabssais (Tinguaitos e Fonolitos), 2 - rochas plutônicas (Nefelina Sienitos, Lujauritos e Chibinitos), 3 - brechas, tufo e conglomerados e 4 - rochas potássicas (associadas a processos metassomáticos).

Essas rochas estão hidrotermalizadas e intemperizadas, porém, as rochas da porção interna (predominantemente, Tinguaitos/Fonolitos e Foiaitos) apresentam perfis de alteração caracterizados por capa superficial de laterita, seguida por saprolitos e, mais profundamente, rocha sã. Este processo de alteração supergênica propicia

a formação de jazidas de bauxita, associada aos níveis lateríticos e saprolíticos.

Os solos da região têm suas características condicionadas, principalmente, aos tipos litológicos sobre os quais atuaram os processos pedogenéticos. De acordo com Brasil (1979), na área ocorrem latossolos vermelho-amarelo álico e vermelho escuro distróficos, podzólicos vermelho-amarelo e cambissolos háplicos e distróficos. Predominam os solos com horizonte B latossólico, dominando o latossolo vermelho-amarelo álico (alta saturação de alumínio) e baixa saturação em bases, apresentando graves problemas para o desenvolvimento da agricultura, devido aos baixos teores de nutrientes. Este solo caracteriza-se pela grande capacidade de infiltração e permeabilidade, porém, com elevado grau de acidez.

Quanto à ocupação, segundo informações da Prefeitura de Poços de Caldas (1993), a cidade se expandiu e seu centro adensou-se, acarretando um processo de verticalização e uma multiplicação das atividades urbanas. Sem um instrumento eficaz de controle e ordenamento territorial, acentuou-se, então, a ocupação desordenada das áreas de alta declividade e a implantação de malhas viárias totalmente desarticuladas, muitas vezes, impostas pela própria condição topográfica das áreas parceladas.

Observa-se que o crescimento da cidade ocorreu através de uma excessiva polarização da área central e da ocupação descontinuada dos vales no sentido leste/oeste e norte/sul, delineando a figura de um "T", e estendeu-se, em parte, em direção a algumas bacias de contribuição dos mananciais de abastecimento de água. De acordo com Liporaci (1999), impedida de expandir-se para o Norte devido a Serra de São Domingos, a cidade cresceu seguindo os vales dos ribeirões dos Poços (parte Oeste), Vai-e-volta (parte Sul) e da Serra (parte Leste). No entanto, como tais vales apresentam áreas planas relativamente estreitas, o crescimento urbano prosseguiu pelas vertentes íngremes das colinas e morros vizinhos, geralmente ocupados por populações de baixa renda.

EMBASAMENTO TEÓRICO METODOLÓGICO

De acordo com Cerri (1990), o mapeamento geológico-geotécnico é a representação cartográfica das características do meio físico natural de interesse às obras de engenharia. Engloba a distribuição espacial dos diferentes tipos de solos e rochas, com suas propriedades

geológico-geotécnicas, as formas de relevo, a dinâmica dos principais processos atuantes e as eventuais alterações decorrentes da implantação das obras e das diferentes formas de uso e ocupação do solo. Cerri et al. (1996) complementam que a cartografia geotécnica corresponde a um processo que envolve a interpretação na definição dos limites espaciais de determinados atributos ou características do meio físico geológico, de acordo com o objetivo proposto pelo trabalho.

As metodologias mais utilizadas na elaboração de mapas geológico-geotécnicos utilizam basicamente duas abordagens, que recebem nomes diferenciados de acordo com o autor.

Cendero (1989) classifica como abordagem analítica e sintética. A abordagem analítica fundamenta-se na elaboração e sobreposição de uma série de mapas temáticos para a obtenção de mapas de diagnóstico, enquanto a sintética parte da definição de unidades ambientais homogêneas para o estabelecimento de diretrizes para o uso do solo.

Ross (1995) utiliza a nomenclatura análise integrada e análise multi-temática. O autor explicita que a primeira representa abordagem de natureza analítico-sintética, derivada dos "land systems", tomando como referencial padrões de fisionomia do terreno ou padrões de paisagem. Neste processo, a vantagem está em gerar um único produto cartográfico seccionado em várias "unidades de paisagem" que abrangem características do relevo, solo, geologia, uso da terra, vegetação e socio-econômica, que são apresentados em uma abordagem de análise integrada com informações sintetizadas.

Já a análise multi-temática, caracteriza-se por ser analítica inicialmente e de síntese em uma etapa posterior. Segundo o autor, essas pesquisas são mais verticalizadas e gera-se uma multiplicidade de produtos cartográficos temáticos disciplinares de características analíticas e outros de síntese. Na abordagem multi-temática são elaborados produtos cartográficos de diferentes temas, os quais são cruzados diretamente ou em associações específicas, sucessivamente, por vezes com atribuições de pesos, até se chegar a um mapa de síntese final.

De acordo com Vedovello e Mattos (1998), a prática de ambos os procedimentos tem apontado para uma vantagem da abordagem integrada sobre a multi-temática em termos de custos, de tempo e de aplicabilidade. Tal fato justifica-se em função da abordagem integrada permitir a elaboração de um produto cartográfico único, no qual os

elementos ambientais são analisados integradamente e individualizadas em unidades únicas que refletem limites concretos no espaço, facilitando ações de planejamento territorial. Já na abordagem multi-temática, há uma multiplicidade de produtos e inúmeras concepções teóricas, metodológicas e técnico-operacionais típicas de cada tema cartografado (mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa pedológico, etc). Este fato ocasiona a perda da visão de integração entre os diferentes temas. Há ainda outra grave consequência relacionada ao cruzamento de mapas para se chegar ao mapa de síntese final, pois a determinação de unidades geotécnicas acaba refletindo limites abstratos no espaço, o que dificulta sua visualização e o seu entendimento por planejadores e gestores

ambientais (VEDOVELLO e MATTOS,1998).

A metodologia de Avaliação de Terreno, difundida no Brasil por Lollo (1995), e a de Sistemas de Relevô, utilizada na elaboração no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (1981), utilizam a abordagem integrada e comprovam a eficiência de sua aplicação. Lollo (1995) afirma que a abordagem integrada é sem dúvida o mais útil para o levantamento das condições do meio físico para fins de ocupação já que foi desenvolvido exatamente com este objetivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estrutura geral do trabalho pode ser visualizada na Figura 2.

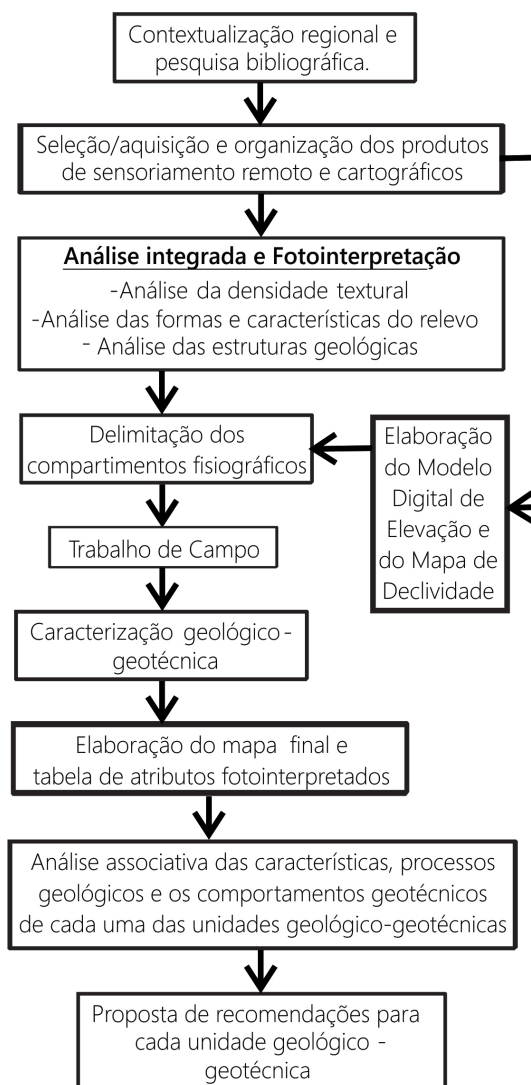


Figura 2: Fluxograma das etapas de trabalho.

Figure 2: Flowchart of work steps.

Seleção/aquisição e organização dos produtos de sensoriamento remoto e dos produtos cartográficos.

A Prefeitura de Poços de Caldas forneceu fotografias aéreas no ano de 1997 na escala 1:30.000, obtidas pela empresa BASE Aerofotogrametria S/A, de toda área do município. Para este trabalho, foram utilizadas fotos entre 4 e 8 das faixas 4, 5 e 6 no sentido norte – sul. Uma base topográfica digital obtida sobre o mesmo levantamento aerofotogramétrico também foi cedida e utilizada na elaboração do Modelo Digital de Elevação, do Mapa de Declividade e do Mapa final de Unidades Geológico-geotécnicas.

É importante destacar que as curvas de nível utilizadas apresentam equidistância de 10 metros, seguindo as recomendações de Zuquette e Gandolfi (2004) para melhor controle dos procedimentos fotointerpretativos e trabalhos de campo para mapeamentos na escala 1:30.000.

Foram utilizados ainda para consulta durante a caracterização regional da área e compartimentação fisiográfica os mapas Geológico e Geomorfológico do Projeto Sapucaí (BRASIL, 1979), na escala 1:1.000.000, o mapa de Substratos Rochosos de Frayha (1970), na escala 1:75.000, o mapa de Lineamentos de Etchebehere (1990), na escala 1:100.000 e uma imagem SPOT 5 pancromática com resolução de 2,5 metros de 2006.

Fotointerpretação

O processo de fotointerpretação buscou a identificação dos elementos da imagem com os objetos e a análise das relações entre as imagens e, finalmente, a descoberta ou avaliação do significado e função dos objetos e suas relações (SOARES e FIORI, 1976).

A partir de fotografias aéreas verticais em preto e branco e com o auxílio de um estereoscópio e papel transparente, a sequência de fotoleitura, fotoanálise, fotointerpretação e delimitação dos compartimentos fisiográficos foi efetuada. O objetivo desta etapa foi produzir um mapa de zonas homólogas, contendo compartimentos de características semelhantes, a partir da análise integrada dos elementos do meio físico, baseados na metodologia proposta por Soares e Fiori (1976), IPT (1981) e Zaine (2011).

Levou-se em consideração a sequência de fotointerpretação relatada a seguir:

a) Análise da densidade textural - teve como critérios a densidade da rede de drenagem e dos elementos do relevo. A propriedade analisada foi a permeabilidade granular e as informações interpretadas foram a relação escoamento / infiltração e espessura e características do manto de alteração;

b) Análise das formas e características do relevo - os critérios considerados foram amplitude local, declividade, forma de encosta, topos (formas e extensão), forma do vale, feições particulares de relevo. A propriedade analisada foi a resistência à erosão natural;

c) Análise das estruturas geológicas - considerou critérios como tropia, assimetria do relevo e da drenagem, linhas de rupturas de declive, lineações e alinhamentos de relevo e drenagem e padrões reconhecidos e anomalias. As propriedades analisadas foram grau de fraturamento e permeabilidade.

Como auxílio, foram empregados os conjuntos de sistemas de relevo propostos por IPT (1981). A amplitude local, que neste caso, significa a altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes, e a declividade, definida como a inclinação média do perfil da encosta, são, segundo o autor, os principais critérios para a identificação de conjuntos de sistemas de relevo, como mostra a Tabela 1.

Foram considerados homogêneos os compartimentos em que as características dos elementos texturais fossem constantes em toda a sua área. Com relação aos limites entre os compartimentos, deve-se destacar que foram traçados preferencialmente em rupturas de declive, constituindo limites nítidos. Quando não foi possível visualizar essas rupturas, foram marcados limites gradativos e difusos (conforme cada caso).

Esta etapa foi complementada com a agregação das informações do contexto regional aos compartimentos, ou seja, os domínios geomorfológicos, os domínios geológicos, entre outros dados coletados na primeira fase do trabalho.

Estabelecidas as unidades de compartimentação, foram verificadas a homogeneidade, similaridade e seus limites através do trabalho de campo. Os processos naturais foram registrados levando em consideração

suas intensidades e tamanhos. Após essa verificação, foi efetuada uma descrição contendo os principais atributos e limitações para cada unidade.

A etapa de campo forneceu dados bastante confiáveis no que diz respeito à caracterização geológico-geotécnica. A partir desta etapa, os dados foram interpretados de maneira segura e representados em mapa,

onde o modelo teórico foi verificado.

Os compartimentos fisiográficos, agora Unidades Geológico-geotécnicas, foram georreferenciados e integrados à base cartográfica digital e ao banco de dados. Assim, foi elaborada a Carta das Unidades Geológico-geotécnicas na escala 1:30.000 e a tabela descritiva das mesmas.

Tabela 1: Conjuntos de sistemas de relevo propostos por IPT (1981).

Table 1: Land systems groups proposed by IPT (1981).

Conjuntos de Sistemas de Relevo	Declividades Predominante das Encostas	Amplitudes Locais
1. Relevo colinoso	0 a 15%	< 100 m
2. Relevo de morros com encostas suavizadas	0 a 15%	100 a 300 m
3. Relevo de morrotes	> 15%	< 100 m
4. Relevo de morros	> 15%	100 a 300 m
5. Relevo montanhoso	> 15%	> 300 m

Caracterização geológico-geotécnica

Nesta fase, as Unidades Geológico-geotécnicas foram caracterizadas em função de propriedades/características geotécnicas consideradas básicas para subsidiar a ocupação urbana. As propriedades analisadas foram determinadas de acordo com as informações interpretadas seguindo o quadro de Zaine (2011) e a proposta de Vedovello (1993), buscando estabelecer classes de aptidão / restrição à ocupação urbana.

As propriedades consideradas foram: permeabilidade, relação escoamento superficial / infiltração, espessura do manto de alteração, alterabilidade, grau de fraturamento e processos geológicos.

De acordo com Vedovello (1993), o caráter básico dessas propriedades geotécnicas é dado em função da relação existente entre eles e os fatores condicionantes da ocupação urbana, como: ocorrência dos fenômenos geodinâmicos (erosão, inundações, escorregamentos, etc.) e a potencialidade de manejo dos materiais constituintes

das unidades (movimentos de terra, fundações, etc.)

Para cada propriedade estudada, classificou-se primeiramente as unidades que apresentaram as classes extremas da propriedade analisada e a seguir, as demais unidades relativamente a essas duas unidades “padrões”.

Na etapa final deste trabalho foi realizada uma análise associando-se as características, os processos geológicos e os comportamentos geotécnicos de cada uma das unidades geológico-geotécnicas. Baseado nesse quadro foram elaboradas recomendações que possam auxiliar na gestão ambiental e planejamento do município.

RESULTADOS

Uma compartimentação preliminar foi realizada em um MDE (Modelo Digital de Elevação) buscando-se delimitar sub-zonas geomorfológicas. O conceito de sub-zona foi baseado em Vedovello (1993), que determina

esse nível taxonômico em função da forma de ocorrência dos elementos fisiográficos relacionados à variações tectono-estruturais e de idade geológica.

Para os terrenos de rochas cristalinas, pré-cambrianas, foi utilizada a denominação Sub-zona do planalto

do Maciço Cristalino; já o compartimento definido pela literatura como planalto de Poços de Caldas foi subdividido nas sub-zonas da Serra Anelar e do Planalto do Maciço Alcalino Interno. As sub-zonas são definidas a seguir e mostradas na Figura 3.

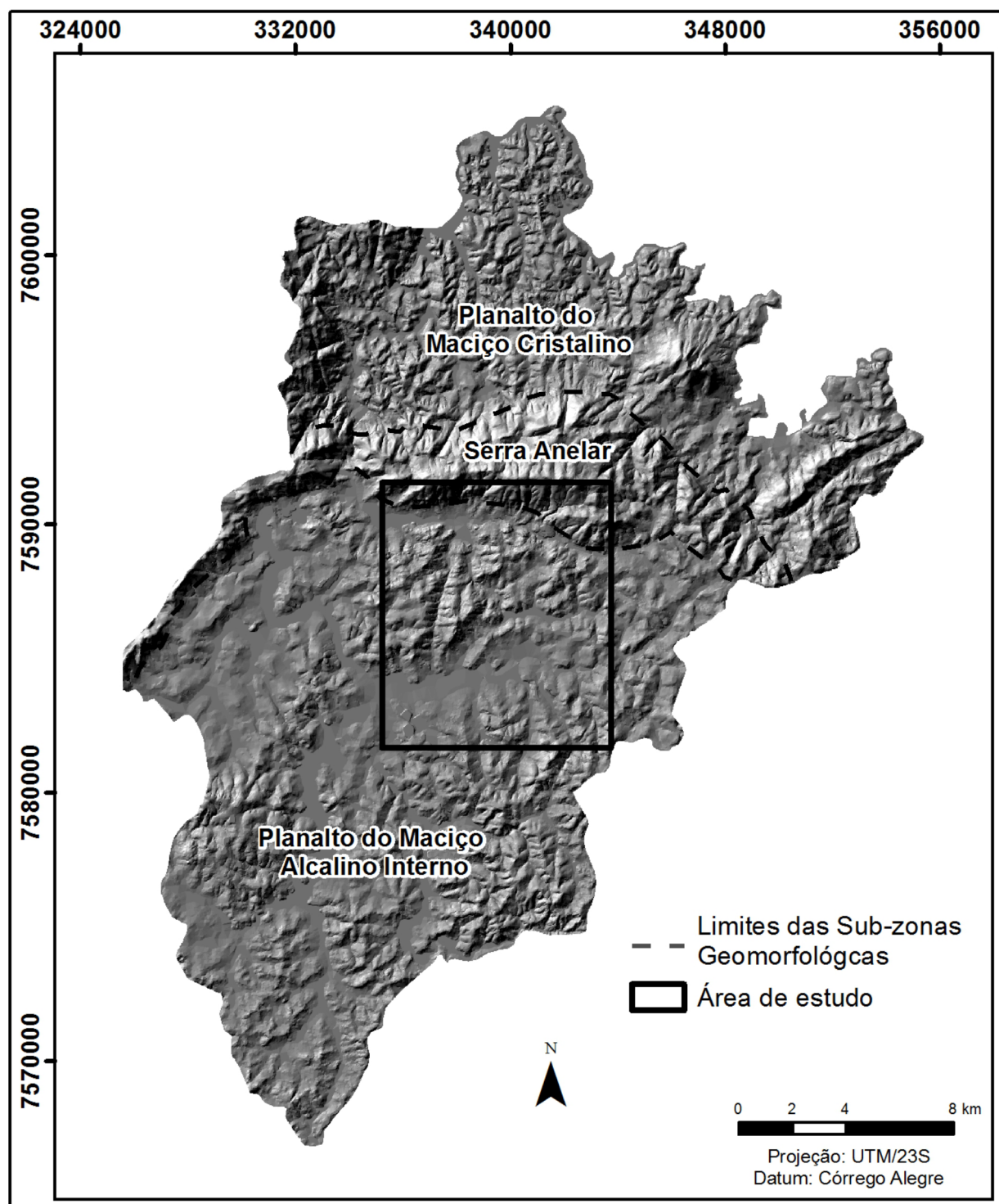


Figura 3: Sub-zonas geomorfológicas e limites da área de estudo.

Figure 3: Geomorphological sub-zones and study area boundaries.

A partir dessas sub-zonas, foram delimitadas oito Unidades Geológico-geotécnicas inseridas na área de estudo, conforme mostra a Figura 4. As unidades foram caracterizadas pelas informações obtidas através do processo de fotointerpretação e observações de campo, como descrito no tópico anterior. A partir dessa caracte-

rização e do conhecimento sobre as propriedades de seus materiais e processos ocorrentes, foi possível avaliá-las e elaborar propostas para o melhor planejamento urbano e gestão ambiental da área. A Figura 5 representa o perfil geológico-geotécnico dessas unidades e o Quadro 1 resume os dados fotointerpretados.

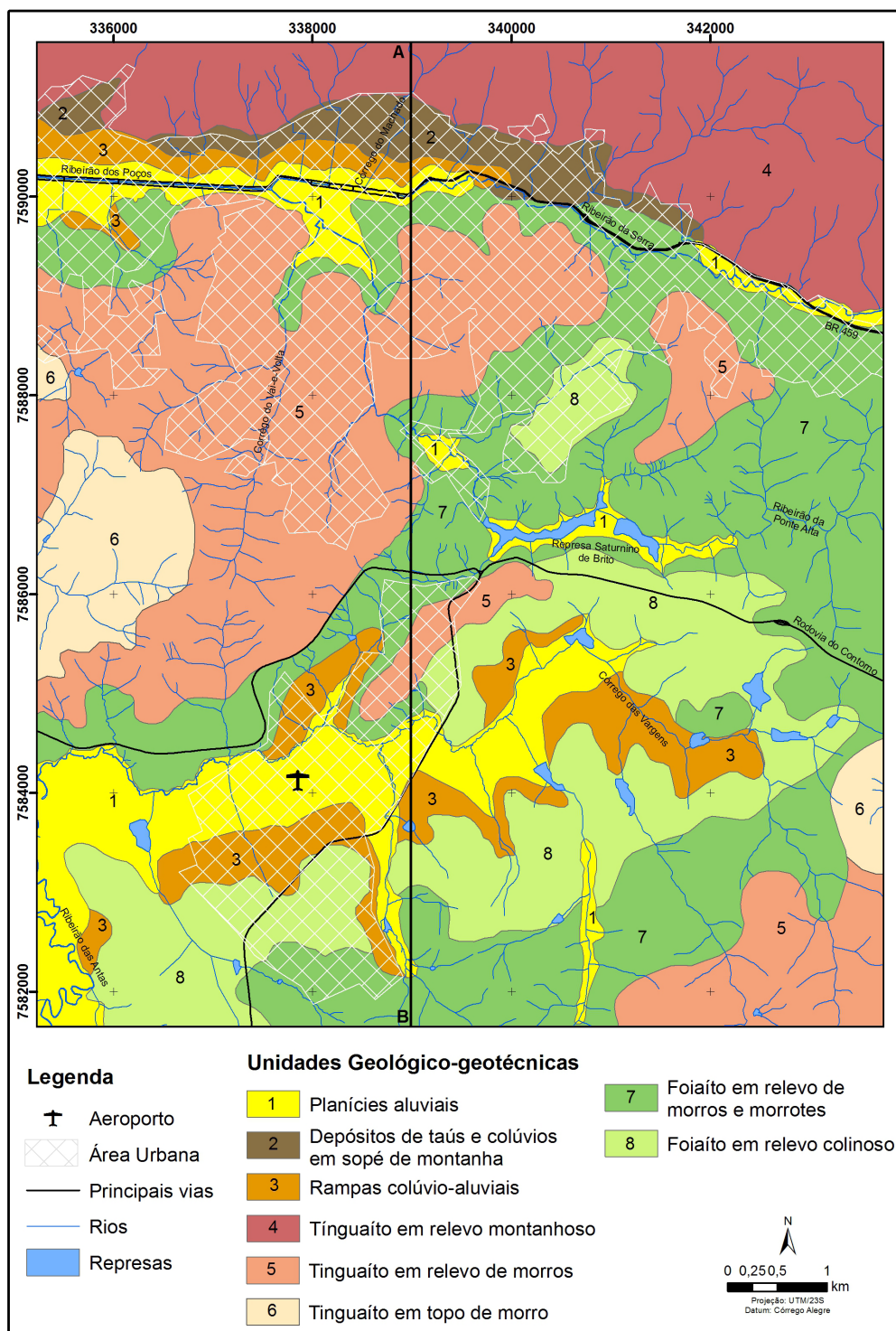


Figura 4: Unidades geológico-geotécnicas.

Figure 4: Geological-geotechnical units.

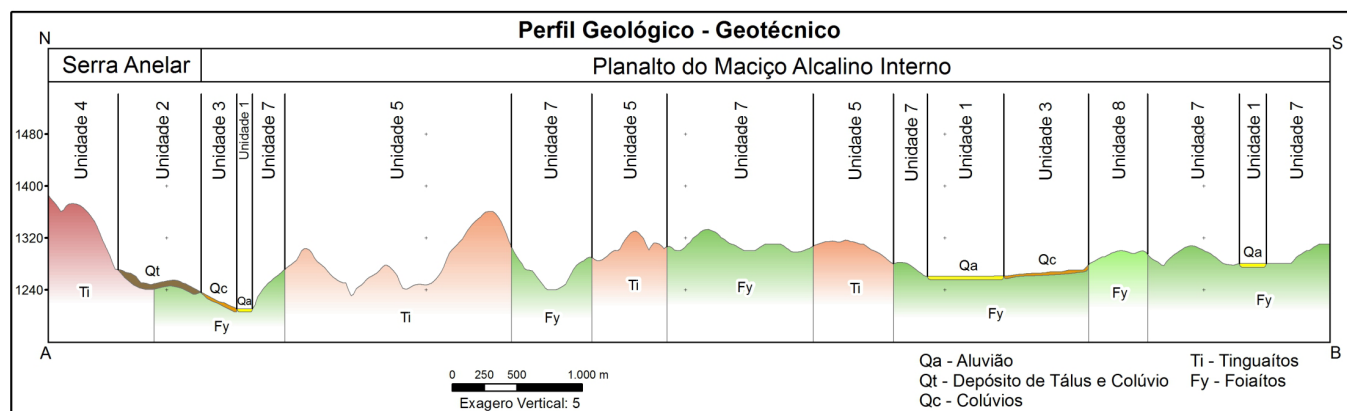


Figura 5: Perfil geológico-geotécnico.

Figure 5: Geological-geotechnical cross-section.

PROVÍNCIA	ZONA	SUB-ZONAS	UNIDADES	DENSIDADE DE DRENAGEM	DENSIDADE DE ELEMENTOS DO RELEVO	ALTITUDES/AMPLITUDE DE RELEVO	DECLIVIDADE MÉDIA	PERFIL DAS ENCOSTAS	FORMA DOS TOPOS	FORMA DOS VALES	TROPIA	SIMETRIA	TIPOS DE OCUPAÇÃO
Planalto Atlântico	Planalto de Poços de Caldas	Serra Anelar	Unidade 1 Planícies aluviais	Baixa	Baixa	1190 - 1250 m Pequena	0 - 5% Baixa	-	-	Abertos	Não Orientada	Muito Assimétrico	Urbano e Agrícola
			Unidade 2 Depósitos de talus e colúvios do sopé de montanhas	Média	Média-baixa	1220 - 1300 m Pequena	10 - 20% Média	Côncava	-	Abertos	Não Orientada	Muito Assimétrico	Urbano e Mata Nativa
	Planalto do Maciço Alcalino Interno		Unidade 3 Rampas colúvio-aluviais	Baixa	Baixa	1200 - 1270 m Pequena	5 - 10% Baixa	Convexa - retilínea	Aplana-dos	Abertos	Não Orientada	Muito Assimétrico	Urbano e Agrícola
			Unidade 4 Tinguaitos em relevo montanhoso	Alta	Média-alta	1300 - 1630 m Grande	30 - 45% Alta	Convexa - retilínea-côncava	Restritos ângulo-sos	Fechados	Orientada	Simétrico	Mata Nativa, Urbano e Reflorestamento
			Unidade 5 Tinguaitos em relevo de morros	Média	Média-alta	1250 - 1470 m Média	20 - 30 % Média	Convexa	Arredondados	Fechados	Pouco Orientada	Pouco Assimétrico	Urbano e Agrícola
			Unidade 6 Tinguaitos em topos de morro	Média	Média	1300 - 1420 m Média	10 - 20% Média	Convexa	Arredondados	Abertos	Pouco Orientada	Pouco Assimétrico	Agrícola
			Unidade 7 Foiaitos em relevo de morros e morrotes	Média	Média	1230 - 1390 m Média	10 - 20% Média	Convexa	Arredondados	Abertos	Não Orientada	Assimétrico	Urbano e Agrícola
			Unidade 8 Foiaitos em relevo colúvio	Baixa	Média-baixa	1270 - 1350 m Pequena	10 - 20% Média	Convexa	Arredondados	Abertos	Não Orientada	Assimétrico	Urbano e Agrícola

Quadro 1: Síntese das características das Unidades Geológico-geotécnicas.

Chart 1: Summary of the Geological-geotechnical units characteristics.

Abaixo segue uma breve descrição de cada unidade e seus respectivos perfis de alteração e seção esquemática do relevo.

Unidade 1 - Planícies aluviais

A Unidade geológico-geotécnica 1 corresponde às planícies fluviais ou planícies aluviais (várzeas) dos rios e córregos da porção do Planalto do Maciço Alcalino Interno. Esta unidade aparece associada, principalmente, aos foiaitos.

Estes depósitos quaternários constituem um relevo de agradação que são originados da decomposição e erosão das rochas alcalinas (foiaitos, tinguitos e fonólitos, dentre outras) e do retrabalhamento e transporte de sedimentos por meio das drenagens.

Os solos apresentam granulometria fina, composição areno-argilosa e são classificados como hidromórficos, glei húmicos e pouco húmicos, com camadas de material orgânico e turfa associados, variando a espessura entre 4 e 6 metros (Figura 6).

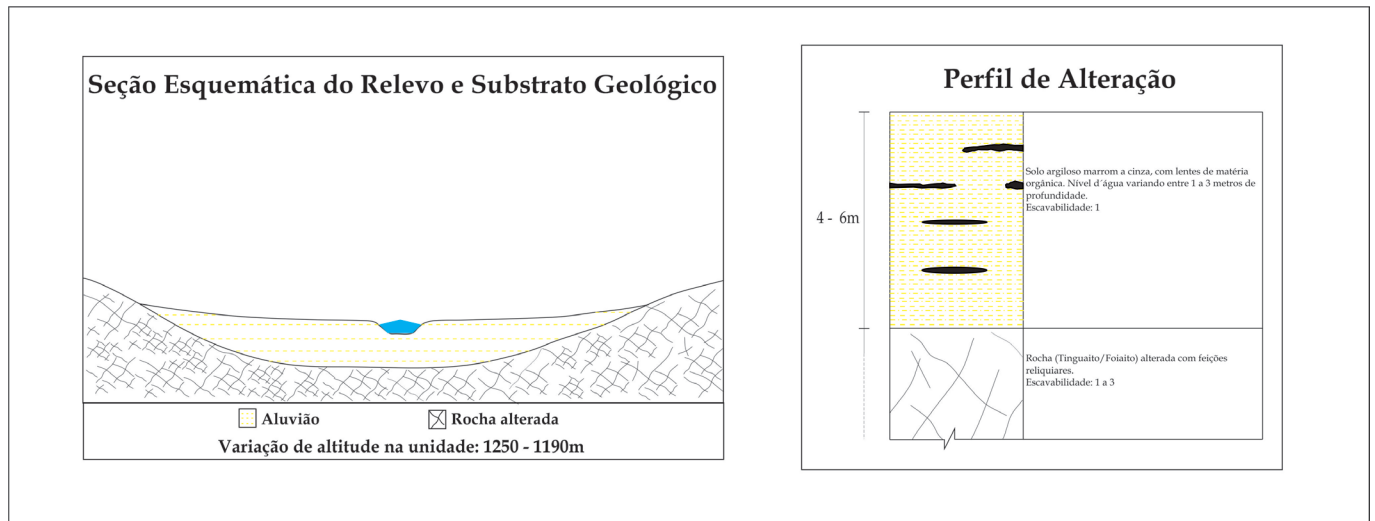


Figura 6: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 1.

Figure 6: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 1.

A unidade 1 é intensamente ocupada ao longo do Ribeirão de Caldas e do Ribeirão das Vargens, nas proximidades do aeroporto. Há também áreas com atividade agrícola e remanescentes de mata ciliar ao sul. Os córregos da área urbana são canalizados e foram identificados processos de erosão fluvial, assoreamento e enchentes.

A unidade apresenta baixa capacidade de suporte dos materiais e N.A. raso, características que tornam a faixa marginal dos corpos d'água inadequada para a ocupação urbana. Além disso, as planícies aluviais constituem áreas de preservação permanente (APPs) segundo a Lei nº 12.651/2012 e devem ser protegidas.

Recomenda-se um diagnóstico detalhado, com cadastro dos locais com registros de processos dessa natureza, além de atualização do estudo hidrológico e implantação de monitoramento pluviométrico e fluviométrico. Ainda indica-se a formulação de diretrizes para medidas de prevenção e obras para contenção desses processos de instabilidade, enchentes e inundações. Para as APPs, recomenda-se legislação específica, fiscalização municipal e projetos de recuperação e preservação.

Unidade 2 - Depósitos de talús e colúvios em sopé de montanha

A Unidade 2 pertence a sub-zona da Serra Anelar e corresponde às superfícies inclinadas localizadas en-

tre o relevo montanhoso da unidade 4 e as áreas com topografia mais suave das unidades 3 e 7.

Os depósitos de talus, comuns em encostas, são resultado do transporte por gravidade de blocos e areias vindos do topo, que se depositam na base. Eles foram mapeados como uma faixa situada junto ao limite norte da área urbana com o Parque Municipal da Serra de São Domingos. São materiais detríticos, com blocos de rocha de tamanhos variados dispostos de forma desordenada em solo laterítico-bauxítico, com espessuras médias de 2 a 10 metros (Figura 7).

Notou-se alta probabilidade de ocorrência de processos de escorregamentos e queda de blocos em taludes de corte. Além disso, parte dessa unidade abrange vegetação nativa do Parque Municipal da Serra de São Domingos, que é classificado com uma unidade de conservação de proteção integral. De acordo com o Decreto Municipal nº 9.586/2009, não há zona de amortecimento no contato do parque com a zona urbana, o que torna cada vez mais frequente os impactos decorrentes da expansão da ocupação em seus limites.

Recomenda-se um mapeamento de áreas de risco (escorregamento e queda de blocos) e formulação de diretrizes para medidas e obras para contenção e prevenção desses processos de instabilidade. Há também necessidade de melhor zoneamento, recuperação e preservação da área do Parque Municipal da Serra de São Domingos.

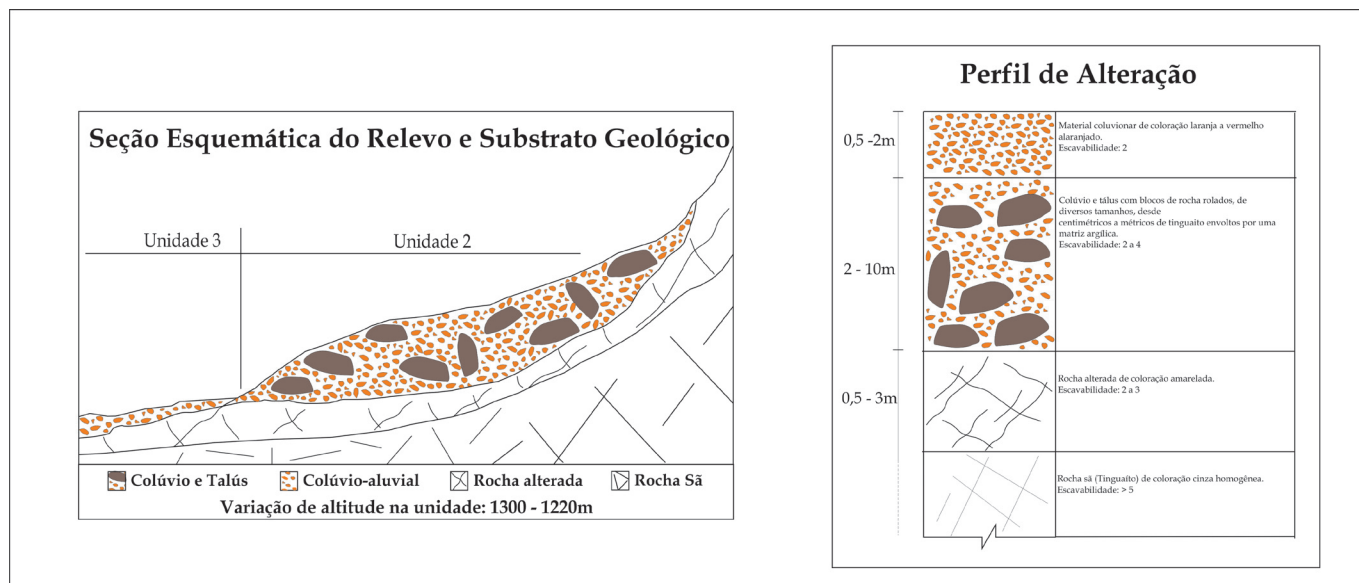


Figura 7: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 2.

Figure 7: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 2.

Unidade 3 - Rampas colúvio-aluviais

Esta unidade, inserida na sub-zona do Planalto do Maciço Alcalino Interno, corresponde a superfícies suavemente inclinadas em situação de baixa encosta e situa-se margeando as planícies aluviais.

Ao norte ela se limita aos depósitos de talús e colúvios e ao sul aos foiaítos em relevo colinoso e de morros e morrotes. Essa associação de unidades ao sul caracteriza vales bastante abertos e amplos no interior do Planalto.

No perfil de alteração (Figura 8), é possível observar que os materiais constituintes dessa unidade são argilosos e siltico-argilosos, originados pela decomposição e transporte das rochas alcalinas: foiaítos, tinguaitos e fonólitos, dentre outras.

A unidade 3 é intensamente ocupada nas áreas próximas a região central do município e nos bairros vizinhos ao aeroporto. No entanto, grande parte de sua área é ocupada por atividades agrícolas. A topografia suave e a posição topográfica são fatores que favorecem sua ocupação e diferentes tipos de usos do solo.

Foram observados poucos registros de feições erosivas (sulcos), em geral, decorrentes da remoção da cobertura superficial.

Recomenda-se apenas uma avaliação detalhada do comportamento geotécnico dos materiais e profundidade do nível d'água subterrâneo para a prevenção de processos de instabilidade e contaminação das águas. É preciso observar a ocorrência de processos erosivos.

Unidade 4 - Tinguaitos em relevo montanhoso

A unidade geológico-geotécnica 4 ocorre na porção norte da área de estudo e está inserida no contexto geomorfológico local da Serra Anelar, abrangendo a região das serras de São Domingos e do Selado.

A litologia dominante é rocha alcalina tinguaito e seu perfil de alteração (Figura 9) varia de rocha sã subafiorante até porções com solos coluvionar (bauxítico), com 2 a 4 metros de espessura. A unidade 4 é a que apresenta maior declividade e o relevo proeminente contrasta com as feições mais suavizadas do Planalto do Maciço Alcalino Interno.

A unidade é predominantemente recoberta por mata nativa e áreas de reflorestamento, abrangendo grande parte do Parque Municipal da Serra de São Domingos. O local é considerado uma área de recarga dos aquíferos subterrâneos do município, sendo de extrema relevância sua preservação.

Durante os trabalhos de campo, foram observados pontos de ocupação e despejo irregular de lixo ultrapassando os limites do parque. É válido ressaltar que a ocupação dessa área está exposta a riscos devido a incidência de escorregamentos e queda de blocos. Notou-se também vários pontos de exploração de bauxita, principalmente nas áreas a nordeste, onde se tem um horizonte de solo rico em lateritas com alumínio.

Recomenda-se um mapeamento de risco (escorregamento e queda de blocos), fiscalização da ocupação e delimitação da Unidade de Conservação. São indicadas

medidas específicas de recuperação e preservação dos mananciais, além da reavaliação das áreas ocupadas por

residências com a formulação de medidas e obras para contenção em áreas instáveis.

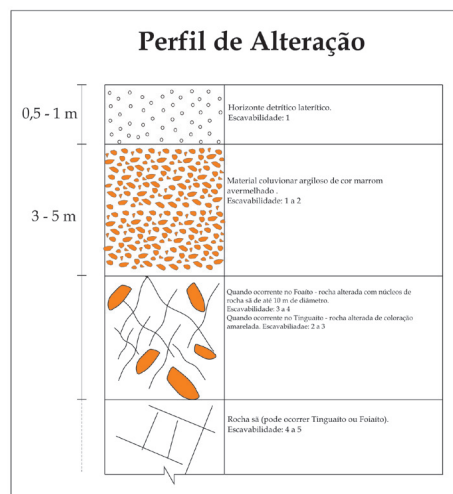
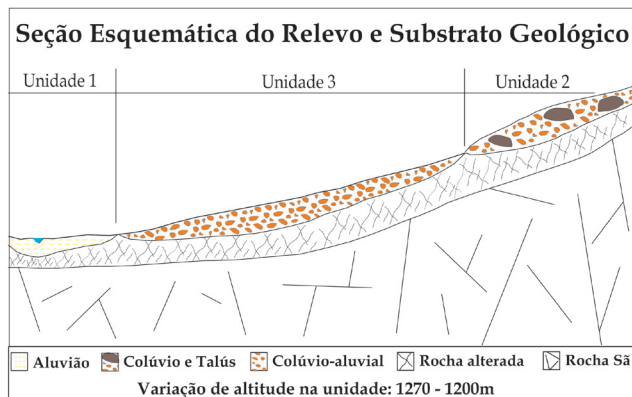


Figura 8: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 3.

Figure 8: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 3.

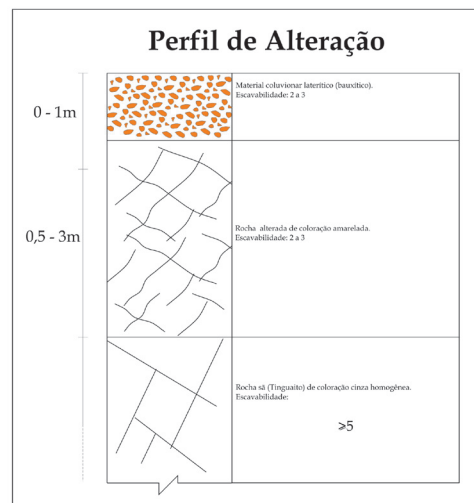
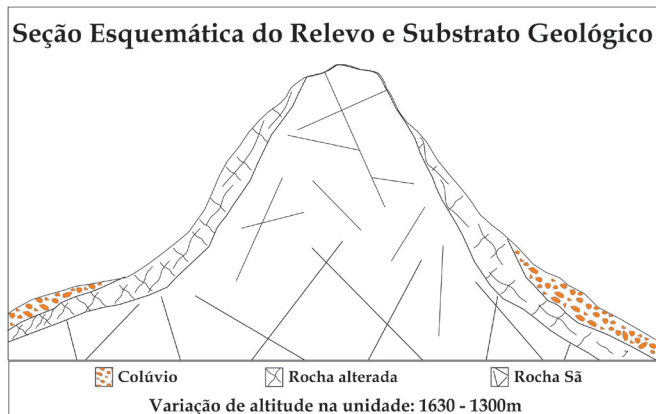


Figura 9: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 4.

Figure 9: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 4.

Unidade 5 - Tinguaitos em relevo de morros

A unidade 5 se distribui pela área de estudo, com destaque topográfico no interior do Planalto do Maciço Alcalino de Poços de Caldas. Tal terreno tem como seu substrato geológico tinguaitos e intercalações de tinguaitos e foiaitos.

O perfil de alteração (Figura 10) das rochas nesta unidade é variado, apresentando desde rocha aflorante a sub-aflorante, solos coluvionares laterítico, aluminosos, onde existem algumas lavras de bauxita. Os tinguaitos dessa unidade apresentam-se intensamente fraturados, em planos bem definidos. Observa-se uma alta densidade de drenagem em vales encaixados nessas fraturas e inúmeros pontos de nascentes.

A ocupação nesta unidade é em parte pela área urbana, onde as ruas têm trechos bastante íngremes e as construções se encaixam nas vertentes inclinadas, com muitos cortes em solo e rocha. Foram visualizadas inúmeras áreas de aterro, principalmente nas proximidades do Córrego do Vai-e-volta, onde vem ocorrendo a expansão de novos bairros. Na área rural existem muitas áreas de reflorestamento e alguns pontos de mineração de bauxita.

A unidade engloba topos de morro altamente fraturados, com intensa presença de nascentes nas vertentes. São áreas de recarga de aquíferos subterrâneos (fissurais) e muitas delas se enquadram na descrição de áreas de preservação permanente da Lei nº 12.651/2012. Em alguns pontos foi possível observar processos de escorregamentos e ravinamentos em obras mal planejadas.

Recomenda-se, em áreas de terraplenagem e aberturas de vias, a realização de medidas preventivas de erosão, como sistemas de terraços/leiras e de drenagem pluvial, além de estudos detalhados com levantamento de áreas de risco de escorregamento e formulação de diretrizes para medidas e obras para contenção e prevenção desses processos de instabilidade. São recomendados, ainda, projetos específicos para a fiscalização, proteção e recuperação das áreas de nascentes e de recarga de aquíferos nos topos de morro.

Unidade 6 – Tinguaito em topo de morros

A unidade 6 pertence a sub-zona do Planalto do Maciço Alcalino de Poços de Caldas e corresponde às

áreas que tem como seu substrato geológico tinguaitos mais alterados, formando topos de morros mais extensos e suavizados.

Seu perfil de alteração (Figura 11) é mais espesso que nas outras unidades com embasamento de tinguaitos, apresentando um material coluvionar intercalado com concreções lateríticas sobre rocha alterada de coloração avermelhada que pode alcançar até 8 metros de profundidade. A presença de mais solo garante a essa unidade formas convexas menos íngremes.

A ocupação nesta unidade é quase que exclusivamente rural, com fazendas que cultivam eucaliptos e soja. É uma área com domínio de declividades suaves e solos mais profundos. Em encostas mais íngremes foi observado processo de rastejo. Apresenta características favoráveis para uma possível expansão de novos bairros.

Em caso de futura ocupação urbana, recomenda-se uma avaliação detalhada do comportamento geotécnico dos materiais e formulação de diretrizes para prevenção de processos de instabilidade.

Unidade 7 - Foiaito em relevo de morros e morrotes

A unidade 7 se distribui por toda a área de estudo e pertence a sub-zona do Planalto do Maciço Alcalino Interno. As rochas dominantes neste terreno são os foiaitos, que caracterizam-se como rochas de textura média a grossa, cinza a rósea (alterada).

O perfil de alteração (Figura 12) pode variar, apresentando alguns trechos bem desenvolvidos com horizontes espessos de saprólito e rocha alterada e outros com foiaitos pouco alterados e núcleos de rocha sã aflorantes. Os solos são argilosos, residuais a coluvionares, róseos e esbranquiçados, provavelmente caulíníficos.

A maior parte das encostas dessa unidade apresenta processos de rastejo e feições erosivas nas drenagens.

Esta unidade é ocupada em parte pela área urbana (expansão da área central) e pelos bairros vizinhos ao aeroporto. Nas áreas rurais do centro e no sul do município são encontradas áreas de cultivo anual, pastagens e reflorestamento com eucaliptos. Também foram registrados locais de extração de bauxita.

Foram observados vários registros de processos morfodinâmicos (rastejo, escorregamento e erosão). Em alguns pontos, os rastejos podem evoluir para escorrega-

mentos de terra e ocasionar danos graves às construções e à infraestrutura local. Essa unidade também engloba topos de morro, que são importantes áreas de recarga dos aquíferos do município.

Sugere-se, em áreas de terraplenagem e aberturas de vias, a realização de planejamento específico com medidas preventivas de erosão, como sistemas de terraços/

leiras e de drenagem pluvial, além de estudos detalhados com levantamento de áreas de risco de escorregamento e formulação de medidas e obras para contenção e prevenção desses processos de instabilidade. Recomenda-se, ainda, projetos de preservação, recuperação e fiscalização das áreas de nascentes e de recarga de aquíferos nos topos de morro.

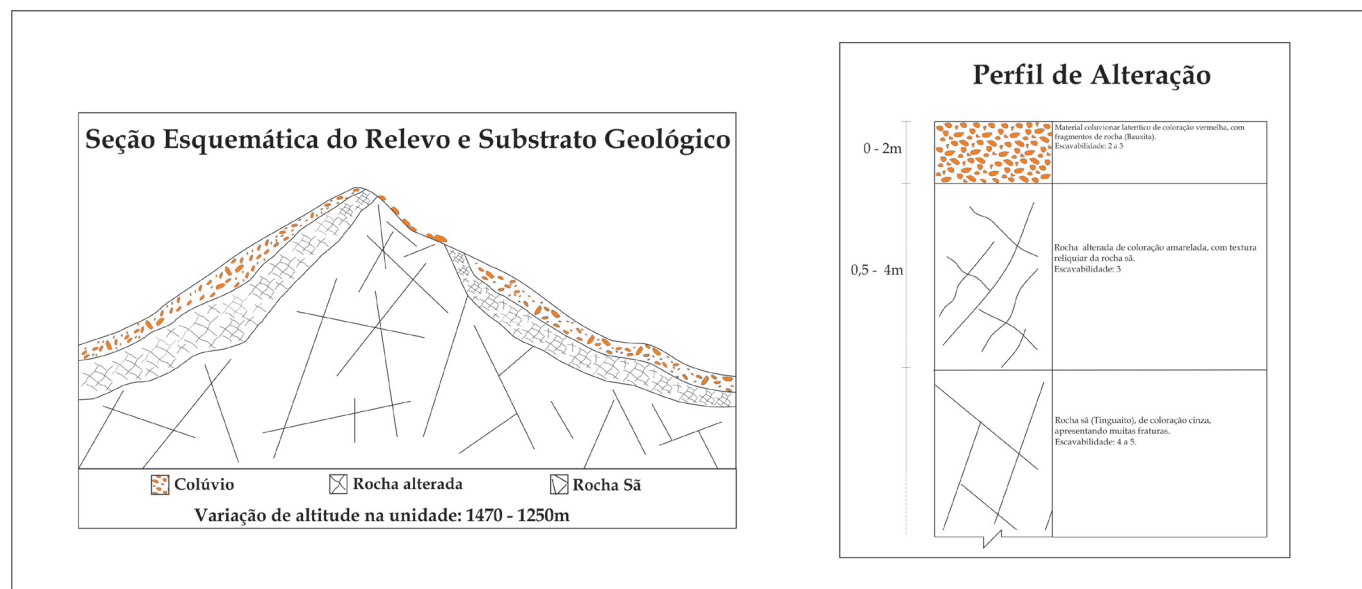


Figura 10: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 5.

Figure 10: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 5.

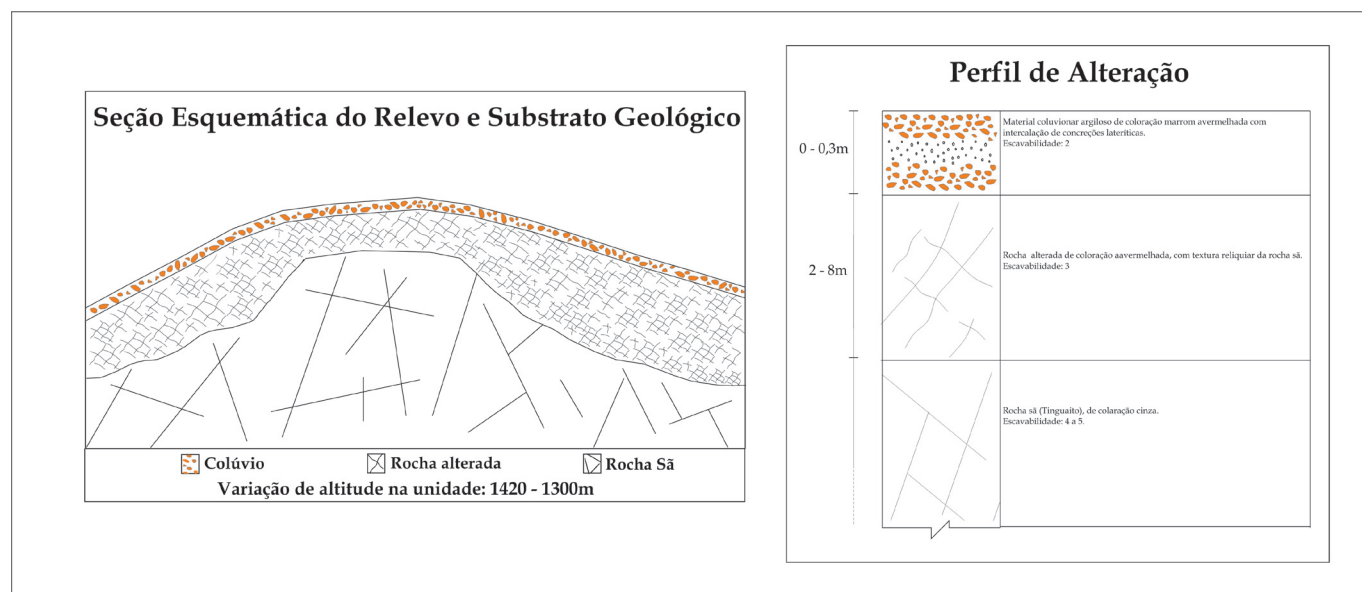


Figura 11: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 6.

Figure 11: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 6.

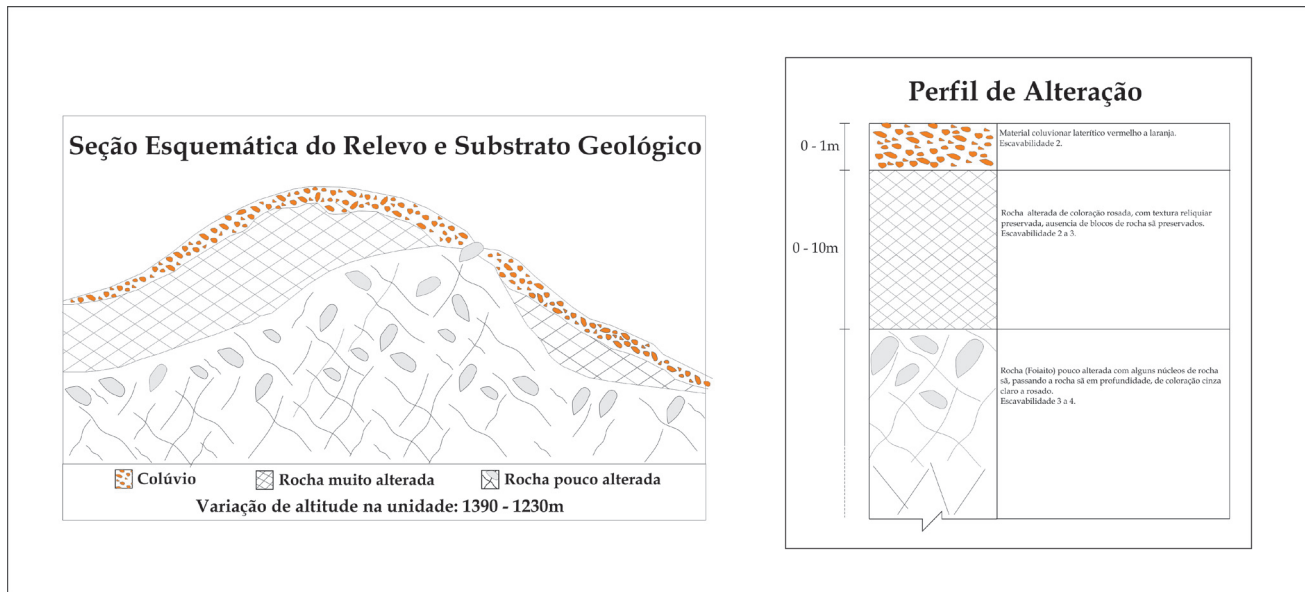


Figura 12: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 7.

Figure 12: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 7.

Unidade 8 - Foiaíto em relevo colinoso

A unidade geológico-geotécnica 8 está inserida na sub-zona do Planalto do Maciço Alcalino Interno e corresponde a um relevo com encostas mais suavizadas, convexas com topos arredondados e extensos relacionados ao perfil de alteração profundo.

O perfil (Figura 13) composto de material coluvionar laterítico avermelhado e rocha alterada pode alcançar 10 metros de profundidade. A unidade concentra-se ao redor da planície aluvial e rampas de colúvio na parte centro-sul da área de estudo, ocorrendo também em meio aos foiaítos da unidade 7 na área urbana.

Sua ocupação é variada, ocorrendo indústrias como a ALCOA Alumínio ao longo da Rodovia do Contorno e nas proximidades do Ribeirão das Antas, bairros residenciais próximos ao aeroporto e a Represa Saturnino de Brito e atividades agrícolas no restante da área.

Recomenda-se uma avaliação detalhada do comportamento geotécnico dos materiais (índices de coesão e erodibilidade), assim como estudo para implantação de dispositivos de amortecimento e drenagem pluvial.

A Figura 14 ilustra a distribuição de algumas das Unidades geológico-geotécnicas na área e a Figura 15 mostra alguns dos processos encontrados nas unidades.

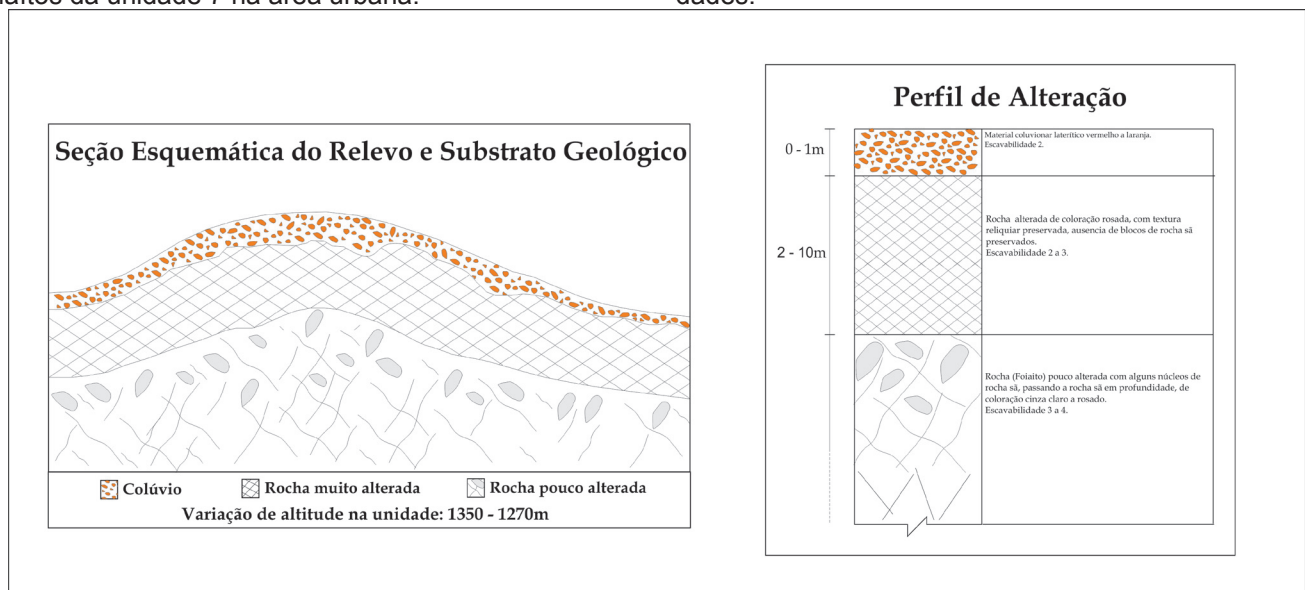


Figura 13: Seção esquemática do relevo e perfil de alteração da Unidade Geológico-geotécnica 8.

Figure 13: Relief cross-section and soil profile alteration of Geological-geotechnical Unit 8.

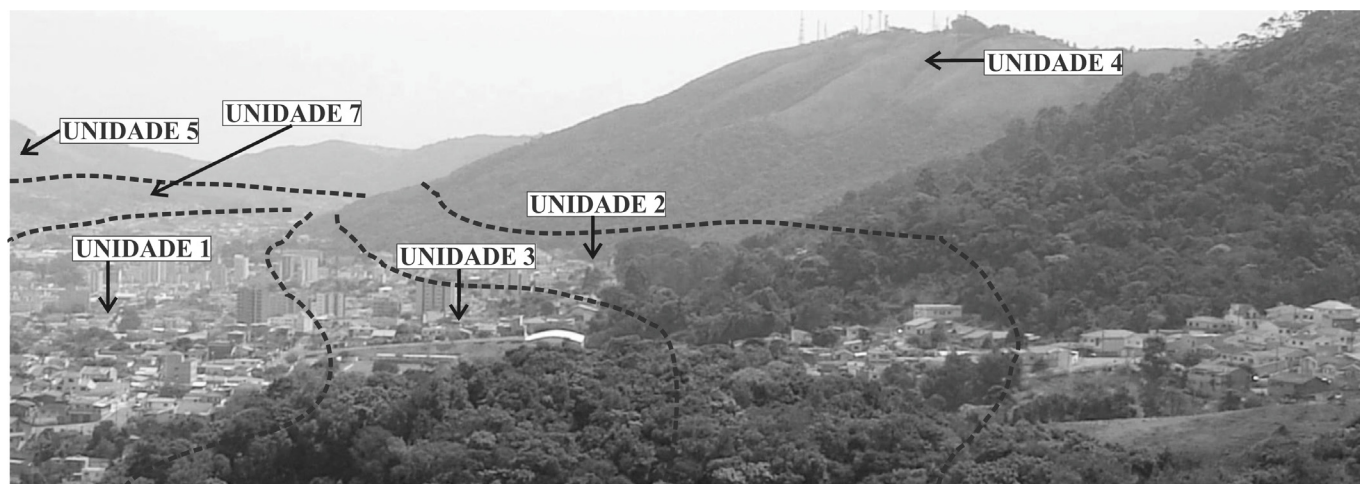


Figura 14: Fotografia da área ilustrando a distribuição das Unidades Geológico-geotécnicas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Figure 14: Photography of the area showing the distribution of Geological-geotechnical Units 1, 2, 3, 4, 5 and 7.



Figura 15: A . Assoreamento em ribeirão do Jd. Kennedy na Unidade 1; B. Escorregamento de terra em margem do Ribeirão da Serra na Unidade 5; C. Córrego com margens erodidas na Avenida Platina na Unidade 1; D. Alagamento na área central na Unidade 1; E. Desestabilização de encosta para construção residencial na Unidade 5; F. Ocupação margeando os limites do Parque Municipal da Serra de São Domingos nas Unidades 1, 2 e 3; G. Cratera no asfalto do Bairro São José na Unidade 5. Fonte: A, E, F - Tinós, T. M / B, C, D, G – Câmara Municipal de Poços de Caldas.

Figure 15: A. Siltation process in Unit 1; B. Landslide in Unit 5; C. Stream with eroded margins in Unit 1; D. Overflow in downtown area in Unit 1; E. Slope destabilization due to residential construction in Unit 5; F. Urban settlement bordering the limits of the Serra de São Domingos Park in Units 1, 2 and 3; G. Crater in the asphalt in Unit 5. Authors: A, E, F - Tinós, T. M / B, C, D, G – Câmara Municipal de Poços de Caldas.

CONCLUSÕES

A análise integrada vem se mostrando viável para ser aplicada em mapeamentos geológico-geotécnicos. A utilização de fotografias aéreas conjuntamente com trabalhos de campo foi eficaz para a delimitação das unidades e para a caracterização geológico-geotécnica, assim como uma avaliação preliminar do comportamento geotécnico.

Quanto a área de estudo, notou-se que a expansão urbana em Poços de Caldas traçou um caminho inusitado, pulando das planícies aluviais do Ribeirão dos Poços para as proximidades do aeroporto, deixando assim um vazio no meio. Após a conclusão das etapas de fotointerpretação e caracterização geotécnica das unidades, foi observado que esse “vazio” se distingue por apresentar topografia mais acidentada e rochas com grau de escavabilidade elevado. Essas características provavelmente levaram os habitantes da cidade a buscarem locais mais fáceis e acessíveis, com declividades mais suaves e rochas com grau de escavabilidade mais baixo, o que diminui consideravelmente o custo da obra.

As Unidades geológico-geotécnicas 3 e 8, vizinhas ao aeroporto, concentram as áreas mais adequadas a ocupação e há uma tendência de que a expansão urbana continue ocorrendo por essa região. Apesar da distância da área central do município, essas unidades oferecem terrenos mais planos, com custo de construção mais baixo e menor incidência de riscos geológico-geotécnicos.

A partir da análise de algumas unidades, nota-se que os recursos hídricos e a beleza paisagística da área de estudo estão sendo ameaçados pelas atuais modificações e condições de degradação impostas pela forma de ocupação atual. O comprometimento desses dois recursos naturais poderá acarretar prejuízos inestimáveis à qualidade de vida da população e à economia municipal, em grande parte derivada do turismo.

Nesse sentido, as propostas e diretrizes apresentadas neste estudo poderão orientar as autoridades municipais em ações de gestão e planejamento, de acordo com as especificidades de cada uma das unidades geológico-geotécnicas definidas. Essas ações deverão ocorrer, inicialmente, por meio da elaboração de leis que regulamentem o uso e ocupação do meio físico, de medidas educativas e também que implementem um sistema de fiscalização eficiente no município, seguidas pela realização de estudos e diagnósticos detalhados e

caracterizações mais específicas, visando a elaboração de projetos para execução de obras preventivas e corretivas.

Com relação à escala de mapeamento utilizada, considera-se que seja compatível com o fim proposto, mas é recomendável para estudos futuros a utilização de escalas maiores visando o detalhamento de áreas específicas e mais susceptíveis a instabilidades ocasionadas por processos morfodinâmicos.

Acredita-se que, com os dados produzidos neste trabalho, muitos outros estudos poderão ser desenvolvidos nesta região, no sentido de haver uma expansão urbana mais racional e compatível com o desenvolvimento sustentável, baseada no controle e prevenção dos problemas de natureza geológico-geotécnica.

AGRADECIMENTOS

A CNPq pela bolsa de mestrado concedida e a Prefeitura do Município de Poços de Caldas pela cessão de materiais imprescindíveis a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASE AEROFOTOGRAMETRIA S/A. **Base cartográfica digital PM Poços 1:10.000**. Baseado em levantamento aerofotogramétrico do município de Poços de Caldas, MG. São Paulo, 1997.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA S/A. **Levantamento aerofotogramétrico. Município de Poços de Caldas, MG**. Escala 1:30.000. Faixas 4, 5 e 6, fotos de 4 a 8. São Paulo, 1997.

BRASIL - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto Sapucaí: Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo**. Relatório Final de Geologia. Brasília: DNPM/CPRM, Superintendência Regional de São Paulo, 1979, 299 p.

CENDRERO, A. Mapping and evaluation of coastal areas for planning. **Ocean & Shoreline Management**, Amsterdam, v. 12, p. 427-462, 1989.

CERRI, L.E.S. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGEN-

HARIA, 6, 1990, Salvador. **Anais...** Salvador, ABGE, v.1, p.309-317. 1990.

CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINÉ, J.E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p.537-548. 1996.

ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. **Bol. Fac. Fil. Ciên. Letras USP**, São Paulo, v.237, n.18, p.5-63, 1959.

ETCHEBEHERE, M. L. C. **Modelo de exploração mineral aplicado à pesquisa de fontes termiais no Planalto de Poços de Caldas, MG**. 1990. 158p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1990.

FRAYHA, R. Geologia geral e recursos minerais. In: Prefeitura Municipal de Poços de Caldas. **Plano de Desenvolvimento Integrado**. Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, v.1, p.141- 170, 1970.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Amparo**. 2011. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350850&search=sao-paulo|pocosdecaldas>>. Acesso em: 05 dez. 2014.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1:1.000.000. São Paulo: IPT, 1981. 2v. (Monografias, 5; publicação, 1.183).

LIPORACI, S. R. **Sistemática de estudos integrados multitemporais sobre o meio ambiente visando ao planejamento ambiental do município de Poços de Caldas (MG)**. 1999. 193p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula Campinas. 1995. 2 v. 250 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L.; DINIZ, N.C. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O.Y. (Ed.). **Curso de Geologia de Engenharia aplicada ao meio ambiente**. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo, 1995. p.187-202.

PREFEITURA DE POÇOS DE CALDAS. **Plano Diretor do Município de Poços De Caldas**. Prefeitura Municipal de Poços de Caldas – Secretaria de Planejamento e Coordenação, 1993. 300 p.

ROSS, J.L.S. Análise e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Geografia**, v.9, n.1, p.65-75, 1995.

SÃO PAULO - Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari. **Programa de investimentos para recuperação e proteção das bacias dos rios Piracicaba e Capivari: relatório para identificação**. São Paulo, Governo do Estado, 1992. 98 p.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnicos por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana**. 1993. 90 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T.. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a

definição de Unidades Geotécnicas. Uma abordagem a partir do Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998 (CD-ROM).

ZAINE, J.E. **Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG**. 2011. Tese 104 p. (Livre – docência), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 190 p.