Revista universidade guarulhos - Geociências, VIII (6): 30-43, dezembro de 2003

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS GEOAMBIENTAIS NO ESPAÇO URBANO DE PONTA GROSSA, PR: CABECEIRAS DO ARROIO OLARIAS[1]

MAP OF GEOENVIRONMENTAL SUSCEPTIBILITY IN THE URBAN AREA OF THE CITY OF PONTA GROSSA, PARANÁ STATE, SOUTHERN BRAZIL: HEADWATERS OF THE ARROIO OLARIAS[1]

Paula Mariele MENEGUZZO[1]; Mário Sérgio de MELO[3]

Resumo: As cabeceiras do Arroio Olarias, no espaço urbano de Ponta Grossa, PR, têm seu substrato geológico representado por folhelhos síltico-argilosos da Formação Ponta Grossa (Devoniano), que incluem soleira de diabásio do Magmatismo Serra Geral (Cretáceo). Sedimentos aluviais quaternários e solos (latossolos, cambissolos) constituem materiais superficiais incoesos. Processos erosivos significativos (escorregamentos, *piping* e colapsos, solapamentos e desmoronamentos), inundações e adensamento de solos moles são fenômenos e processos significativos na área. Com o objetivo de construir a carta geotécnica da cidade analisaram-se as relações entre tais processos e fenômenos frente aos fatores declividades das encostas (que pode exceder 30%), solos e materiais sedimentares, nível d'água subterrânea e uso da terra. Tal análise permitiu identificar seis diferentes zonas de risco geoambiental. Tais resultados deverão apoiar a generalização da classificação de risco para outras regiões da cidade, onde ocorrem outros substratos geológicos.

***Palavras-chave**:* Carta Geotécnica; Riscos Geoambientais; Geologia Urbana.

Abstract: In the headwaters of the Arroio Olarias, in the urban area of the city of Ponta Grossa, Paraná State, Southern Brazil, the geological substratum is represented by Devonian shales of the Ponta Grossa Formation, that include a Cretaceous diabase sill of the Serra Geral Magmatism. Quaternary alluvial sediments and soils (lateritic, slope soils) constitute uncohesive superficial materials. Erosive processes (landslides, piping and collapses, erosion and collapse of alluvial material), floods and fluidization of muddy alluvial sediments are significant phenomena and processes in the area. The relations between such processes and phenomena in view of factors as the slope gradients (that can exceed 30%), soils and sedimentary materials, groundwater level and land use were analyzed with the purpose of making the geotechnical map of the city. This analysis allowed to identify six different zones of geoenvironmental risks. Such results will support generalization of the risk classification for other regions of the city with different geological substratums.

Keywords: Geotechnical Mapping; Geoenvironmental Risks; Urban Geology.

INTRODUÇÃO

A cidade de Ponta Grossa caracteriza-se por apresentar um relevo acidentado, com variações de altitude de 780 a 985 metros. A área central da cidade está assentada sobre um espigão de onde partem diversas drenagens (Figura 1), cujos vales apresentam encostas com declividades acima de 30 %. Estudos sobre a geologia e geomorfologia da cidade (Melo & Godoy, 2001, Medeiros & Melo, 2001) destacam que tais características, associadas à expansão urbana desordenada, são os principais fatores controladores de riscos geoambientais.

Só recentemente os processos erosivos e riscos associados de Ponta Grossa começaram a ser melhor conhecidos e descritos (Melo & Godoy, 1997). A cidade ainda não dispõe de estudos adequados que apóiem a adoção de critérios para disciplinar o uso do solo, o que tem acarretado problemas tais como o desenvolvimento de ravinas e boçorocas, assoreamento de drenagens e enchentes, a par da ocupação irregular de áreas de risco.

O espaço urbano de Ponta Grossa situa-se sobre três tipos principais de unidades geológicas (Figura 2): Formação Furnas (arenitos), Formação Ponta Grossa (folhelhos e argilitos) e Grupo Itararé (arenitos e diamictitos). Cada uma destas unidades condiciona relevo, solos e processos erosivos típicos. Com o objetivo de definir critérios para a elaboração da carta geotécnica da cidade, foram selecionadas três áreas-piloto situadas nos três diferentes substratos geológicos. A área aqui apresentada, nas cabeceiras do Arroio Olarias, corresponde à primeira área-piloto, situada sobre a Formação Ponta Grossa.

1- Trabalho realizado com apoio do CNPq.
2- Aluna de Geografia da UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa, paulameneguzzo@hotmail.com.
3- Docente do Departamento de Geociências da UEPG, msmelo@uepg.br.

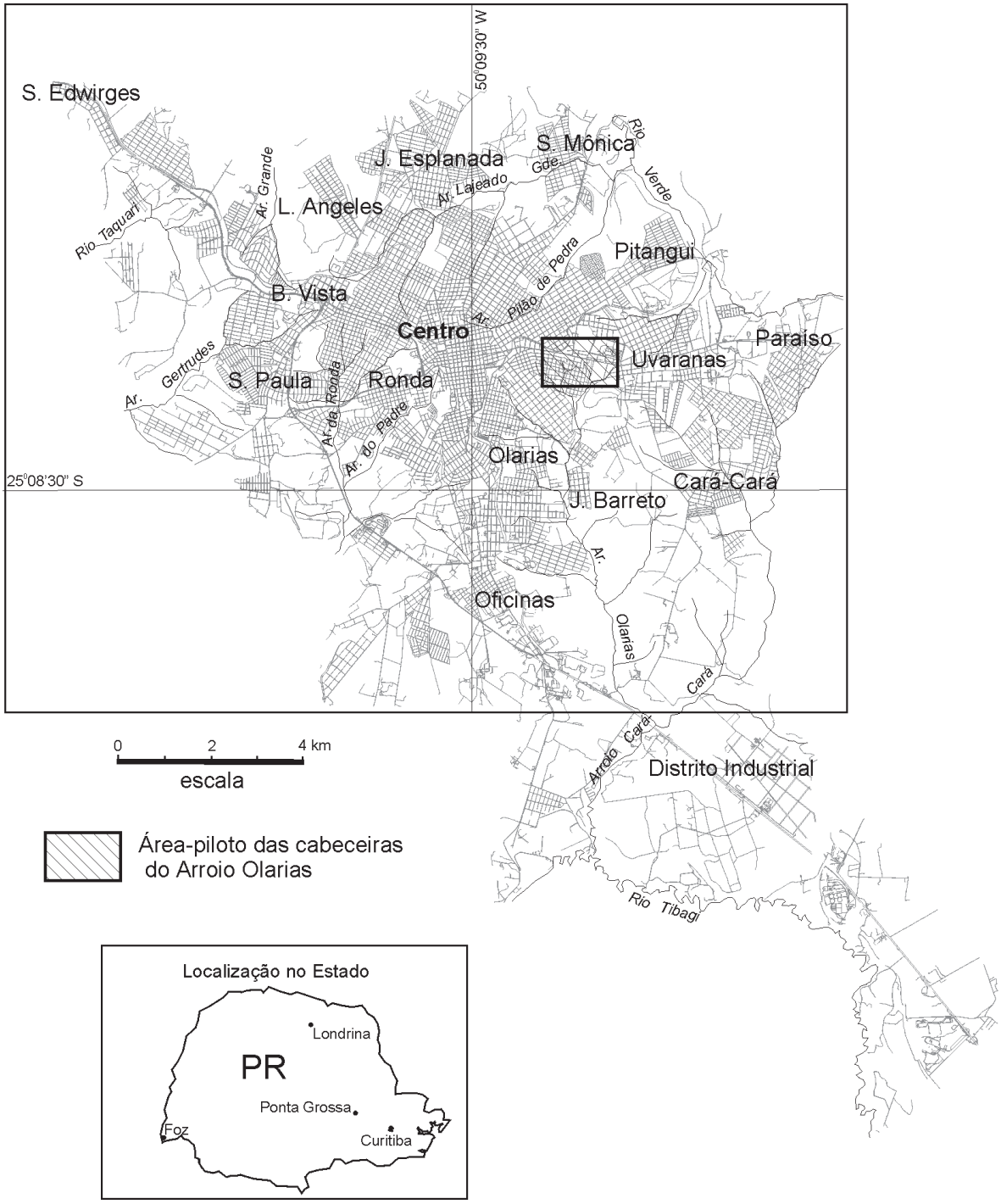

FIGURA 1: Mapa de localização da região das cabeceiras do Arroio Olarias no espaço urbano de Ponta Grossa.
FIGURE 1: Location map of the study area (headwaters of the Arroio Olarias) in the city of Ponta Grossa.

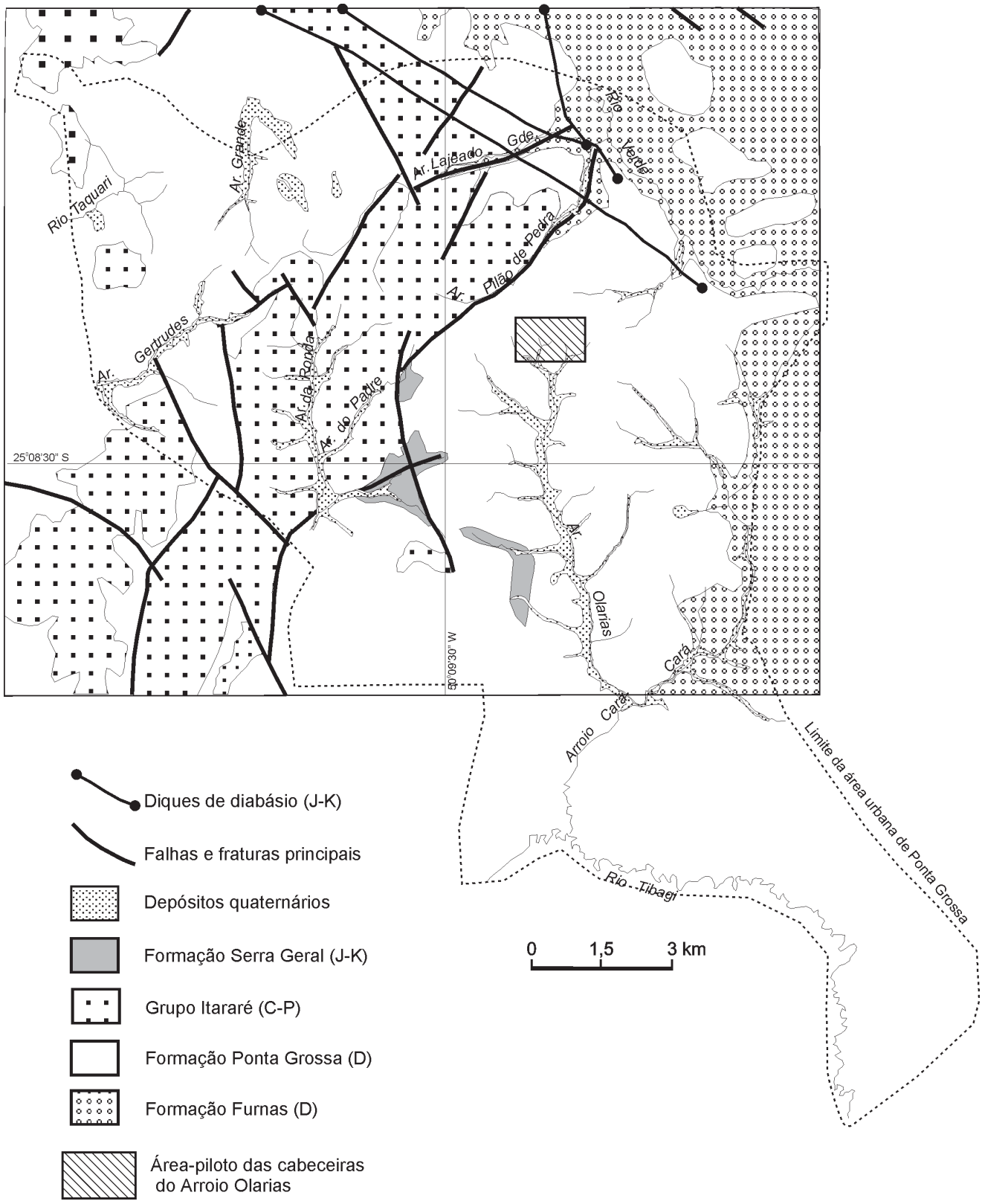

FIGURA 2: Mapa geológico de Ponta Grossa e região.
FIGURE 2: Geological map of the the city of Ponta Grossa and region.

As cabeceiras de drenagem são áreas que apresentam altas suscetibilidades à ocorrência de processos naturais do meio físico (Ridente Jr. *et al.*, 1996). A situação torna-se grave quando essas áreas são tomadas para construção de moradias, uma vez que a primeira ação da população é a retirada da vegetação, fator este que torna as áreas ainda mais suscetíveis a problemas geoambientais.

As cabeceiras do Arroio Olarias localizam-se próximo à área central da cidade e apresentam altas declividades. Ocupações irregulares contribuíram para torná-la uma das principais áreas de risco geoambiental da cidade, onde ocorrem principalmente escorregamentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos realizados envolveram síntese bibliográfica, fotointerpretação, trabalhos de campo e cartografia digital, esta última envolvendo cartas da geologia, declividade, solos, nível d'água subterrânea, uso da terra e a carta de síntese, a qual deverá apoiar a elaboração da carta geotécnica do espaço urbano de Ponta Grossa.

A síntese bibliográfica enfocou os temas principais de interesse para o estudo: caracterização da área estudada, riscos geoambientais e cartografia geotécnica.

Os trabalhos de campo complementaram levantamentos anteriores (Melo & Godoy, 1997, Medeiros & Melo, 2001, Melo *et al.*, 2003), quando foram reconhecidas unidades e estruturas geológicas, feições de relevo, solos e processos erosivos. Os levantamentos complementares objetivaram detalhar os levantamentos anteriores e medir a profundidade do nível freático. As informações referentes ao nível freático foram coletadas através de medições em cisternas domésticas e, em alguns casos, em alicerces de obras de construção civil. Fontes naturais também foram indicadas no mapa produzido, mas concluiu-se que não refletem o afloramento do lençol freático, mas condições excepcionais de fluxo (estruturas geológicas).

Para a elaboração das cartas temáticas (geologia, declividade, solos, nível d'água subterrânea e uso da terra) e da carta de síntese foi utilizada a base cartográfica digital da cidade em escala 1: 2.000 (FAMEPAR, 1996). As informações utilizadas foram: georreferenciamento, hidrografia (arroios, lagos, etc.), curvas de nível com eqüidistância de 5 m, arruamentos e edificações. Após a preparação dos arquivos de base, a vetorização dos dados temáticos foi realizada no *software* Auto Cad R 14. Para a carta de declividade também foi utilizada a base digital convertida do programa Auto Cad para o *Arc View*, trabalho esse realizado por Vieira (2001). A produção da carta de declividade deu-se no programa *Arc Map* 8.1.

Para a confecção da carta de uso da terra foi realizada fotointerpretação em tela do computador, com fotos digitais coloridas em escala 1:2.000 tiradas em vôo da empresa Ecos Consul realizado em dezembro de 2001.

Para elaboração da carta de síntese, base para a carta geotécnica da cidade, utilizaram-se duas metodologias correntes, uma internacional, a metodologia ZERMOS (Zonas Expostas a Riscos de Movimento de Solo, segundo Humbert, 1977 e Antoine, 1977), e outra nacional, a metodologia desenvolvida pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, 1994 e Bitar, 1995).

A primeira é uma metodologia difundida na França, a qual fornece detalhes sobre uma determinada área (escala 1:25.000 a 1:20.000), bem como suas condições de instabilidade (ocorrências de processos erosivos). Adota o conceito de gradação de riscos, através de cores semafóricas, e pode indicar áreas críticas para mapas em escalas maiores. Sua limitação para aplicação no Brasil é a dificuldade de representação de gradações para diferentes processos do meio físico geradores de risco. A segunda metodologia é dividida em etapas: identificação do problema, análise e mapeamento de suas causas e zoneamento. A escala é definida a partir das características do local estudado e objetivos da carta, e existe a possibilidade de indicação de gradações e/ou superposições de diversos processos, através da combinação de cores, texturas e legendas adequadas.

RESULTADOS

GEOLOGIA

As cabeceiras do Arroio Olarias estão localizadas na porção centro-leste do espaço urbano de Ponta Grossa (Figura 1). O Arroio Olarias é um tributário da margem direita do Rio Cará-Cará, o qual por sua vez deságua no Rio Tibaji. Este importante rio do Estado do Paraná corre no sentido geral norte até encontrar o Rio Paranapanema, no limite com São Paulo.

Nas cabeceiras do Arroio Olarias ocorrem rochas sedimentares da Formação Ponta Grossa (Devoniano), rochas intrusivas da Formação Serra Geral (Mesozóico) e depósitos aluviais quaternários (Figura 3).

A Formação Ponta Grossa é ali constituída dominantemente por folhelhos siltico-argilosos com coloração acinzentada, com lâminas e estratos de espessura variável (Melo & Godoy, 2001).

As rochas intrusivas do Magmatismo Serra Geral (Cretáceo) apresentam-se na forma de soleira de diabásio com espessura máxima da ordem de uma dezena de metros, encaixada nas rochas sedimentares da Formação Ponta Grossa. Tais rochas intrusivas estão associadas ao Arco de Ponta Grossa, arqueamento crustal com paroxismo no Mesozóico (Jurássico-Cretáceo), responsável pelo soerguimento da porção centro-leste do Paraná e por feições marcantes deste Estado, tais como o relevo em planaltos escalonados, a exposição pela erosão de unidades basais da Bacia do Paraná e o notável enxame de diques de direção NW-SE, paralela ao eixo do arqueamento.

Os aluviões quaternários são representados principalmente por acumulações delgadas (até uma dezena de metros) e descontínuas de sedimentos contendo minerais instáveis (clinocloro e siderita), o que sugere gênese a partir de rocha-matriz (folhelho) pouco alterada, possivelmente durante fases de bio-resistasia (Melo *et al*., 2003). Nas planícies aluviais do Arroio Olarias os sedimentos quaternários são dominantemente argilosos, em conseqüência do fato da rocha-matriz ser essencialmente o folhelho da Formação Ponta Grossa. Isto propiciou a instalação, já no século XIX, de várias olarias, que utilizavam as argilas aluviais como matéria prima, daí o nome do arroio e do bairro da cidade.

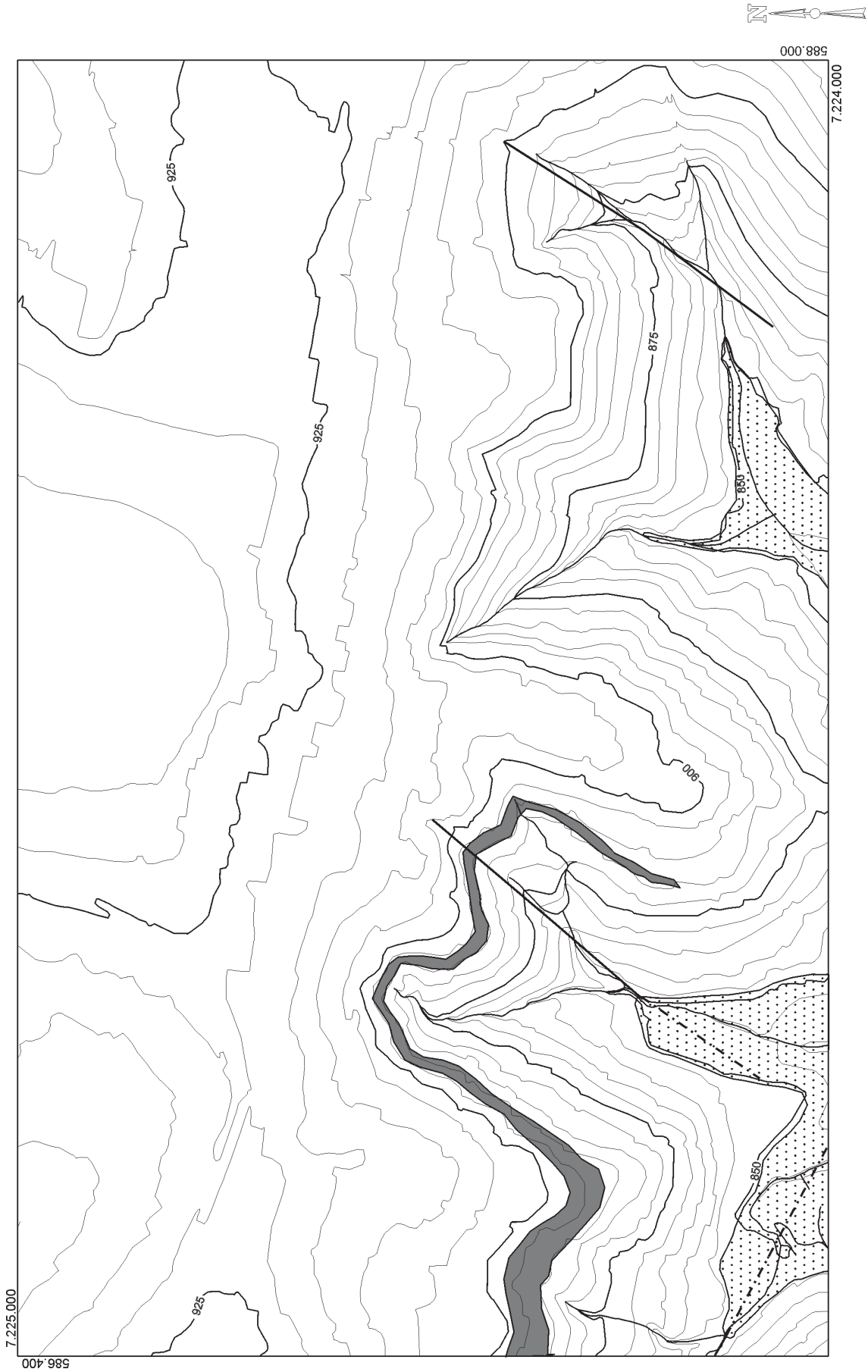

FIGURA 3: Mapa geológico das cabeceiras do Arroio Olarias. 1: Formação Ponta Grossa (Devoniano); 2: soleira de diabásio do Magmatismo Serra Geral (Cretáceo); 3: aluviões quaternários; 4: estruturas fotointerpretadas correspondentes a falhas e/ou fraturas; 5: estruturas fotointerpretadas cobertas.

FIGURE 3: Geological map of the headwaters of the Arroio Olarias. 1: Ponta Grossa Formation (Devonian); 2 diabase sill of the Serra Geral Magmatism (Cretaceous); 3: Quaternary alluvial sediments; 4: structures corresponding to faults and/or fractures; 5: structures covered by sediments.

GEOMORFOLOGIA E DECLIVIDADES

Ponta Grossa situa-se no Segundo Planalto Paranaense, caracterizado por topografia no geral colinosa, com suave caimento para oeste e noroeste. Os topos das elevações atingem quase 1300 m junto à Escarpa Devoniana, transição para o Primeiro Planalto Paranaense, a leste, e caem para cerca de 800 m a oeste, no sopé da Serra Geral, limite para o Terceiro Planalto Paranaense, no interior do Estado.

Segundo Melo & Godoy (1997) o relevo na bacia hidrográfica do Arroio Olarias é representado por colinas com topos arredondados e vertentes suaves, exceto nas cabeceiras, onde é possível encontrar encostas bastante abruptas, com declividade acima de 30% (Figura 4), em conseqüência de controle litológico (soleira de diabásio) e estrutural (fraturas). As principais feições de relevo observadas são rupturas de declive, vertentes festonadas, leques aluviais e encostas íngrimes retilíneas, que reforçam a interpretação de fases de bio-resistasia no final do Pleistoceno e no Holoceno (Melo & Godoy, 1997, Melo *et al.*, 2003).

O vale do Arroio Olarias é assimétrico, observando-se maior suavidade na margem direita do canal, o que não ocorre do lado esquerdo, onde as encostas são mais abruptas. Esta assimetria tem um controle estrutural por fraturas aproximadamente N-S antigas (paleozóicas a mesozóicas), não se observando evidências de movimentos tectônicos mais recentes.

Os intervalos utilizados na carta de declividade (Figura 4) resultaram de análise comparativa com o mapa topográfico e as ocorrências de escorregamentos. As classes adotadas são as que melhor refletem os setores de topos aplainados, encostas e planícies, e que discriminam áreas de ocorrência de escorregamentos (acima de 20%). O limite de 30% foi também indicado por corresponder a limite mencionado na legislação pertinente (Brasil, 1979 e 1999).

PROCESSOS EROSIVOS E FENÔMENOS DO MEIO FÍSICO

Os principais processos e fatores relacionados a riscos geoambientais na área são os escorregamentos em encostas íngremes, *piping* e colapsos associados, solapamentos de margens e desmoronamentos de depósitos aluviais, assoreamento de drenagens e inundações (Melo & Godoy, 1997, Medeiros & Melo, 2001), conforme segue:

- Escorregamento: é o principal processo associado a riscos que ocorre nas cabeceiras do Arroio Olarias, consistindo na movimentação rápida de solo e/ou rocha, devido à ação da gravidade e tendo como agente deflagrador eventos de chuvas intensas;
- *Piping* e colapsos associados: são túneis com diâmetro variável (decímetros até alguns metros) formados pela remoção de materiais incoesos (solo, rocha alterada) pela água subterrânea concentrada em depressões do terreno até uma dezena de metros abaixo da superfície; ocasionalmente ocorre o abatimento do teto dos túneis, originando os colapsos;
- Solapamentos e desmoronamento: são processos intensificados pelo aumento de fluxo de água dos rios e arroios, como conseqüência da impermeabilização do solo no espaço urbano; os sedimentos incoesos das margens são solapados, o que pode ocasionar desmoronamentos subseqüentes;
- Inundações: são observadas nas planícies aluviais, e são intensificadas com a urbanização, que ocasiona aumento do escoamento superficial e assoreamento das drenagens por material erodido das encostas e resíduos/entulhos;
- Adensamento de solos moles: este fenômeno ocorre nas argilas inconsolidadas e saturadas das planícies aluviais da drenagem local; quando submetidas a cargas tais argilas tendem a fluir e/ou compactar-se, originando graves problemas.

SOLOS

Segundo Diedrichs (2001) os solos presentes na área da bacia hidrográfica do Arroio Olarias são os latossolos, cambissolos, solos hidromórficos e litólicos. Com exceção deste último, os demais são os tipos que ocorrem também nas suas cabeceiras.

Os latossolos são evoluídos, avermelhados, espessos (2 m ou mais), homogêneos, apresentando textura argilosa e estrutura granular, com pouca matéria orgânica e ricos em ferro. Ocorrem em relevo plano a suavemente ondulado, o que na área estudada corresponde aos interflúvios na passagem para outras bacias, a norte (Figura 5).

Os cambissolos apresentam cor amarelada predominante e textura síltico-argilosa. São pouco evoluídos e pouco espessos (1 m). São solos suscetíveis à erosão devido ao elevado percentual de silte e ao fato de se situarem em encostas com alta declividade.

Os solos hidromórficos são argilosos, com grande quantidade de matéria orgânica, encontrando-se saturados de água. Apresentam um comportamento plástico, fato que pode causar problemas de sustentação de edificações. Esses solos estão localizados nas planícies de inundação.

CLIMA

O clima na região de Ponta Grossa é do tipo ***Cfb*** segundo a classificação de Köeppen (clima subtropical úmido mesotérmico), com a temperatura máxima média inferior a 22º C e a temperatura mínima média inferior a 10º C. De acordo com Maack (2002) a precipitação média anual é de 1422,8 mm (período 1922-1961), o mês com maior índice de precipitação é janeiro (média de 164,4 mm) e o mês com menor índice é agosto (média de 71,2 mm). Normalmente é nos meses com precipitações mais elevadas que os processos erosivos são deflagrados.

NÍVEL D'ÁGUA SUBTERRÂNEA

A profundidade do nível freático, ou nível d'água subterrânea, tem sido uma variável considerada nos estudos para elaboração de cartas geotécnicas (*v.g.* Zaine, 2000). Durante os trabalhos de campo na área das cabeceiras do Arroio Olarias foram coletados dados do nível d'água subterrânea em cisternas domésticas e escavações para fundações de obras civis (Figura 6). As nascentes naturais também foram mapeadas, visto que poderiam marcar surgências do lençol freático. Entretanto, outros dados próximos das nascentes indicam que estas resultam de situações anômalas de fluxo da água subterrânea, seja em função de processos superficiais (*piping*) ou de estruturas e contatos entre litossomas com diferentes permeabilidades.

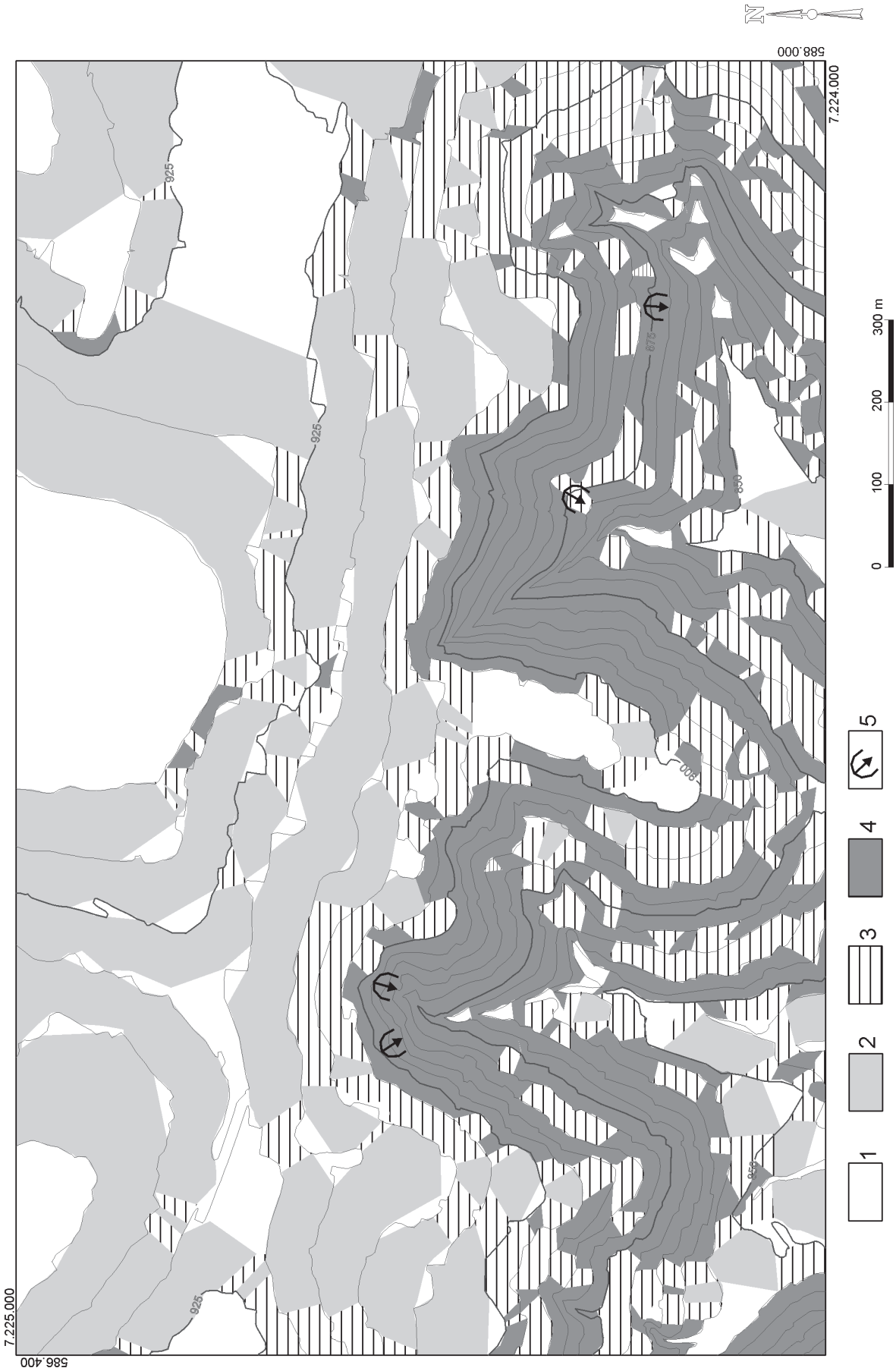

FIGURA 4: Carta de declividades das cabeceiras do Arroio Olarias. 1: 0-12%; 2: 12-20%; 3: 20-30%; 4: >30%; 5: escorregamentos.
FIGURE 4: Slope gradients map of the headwaters of the Arroio Olarais. 1: 0-12%; 2: 12-20%; 3: 20-30%; 4: >30%; 5: landslides.

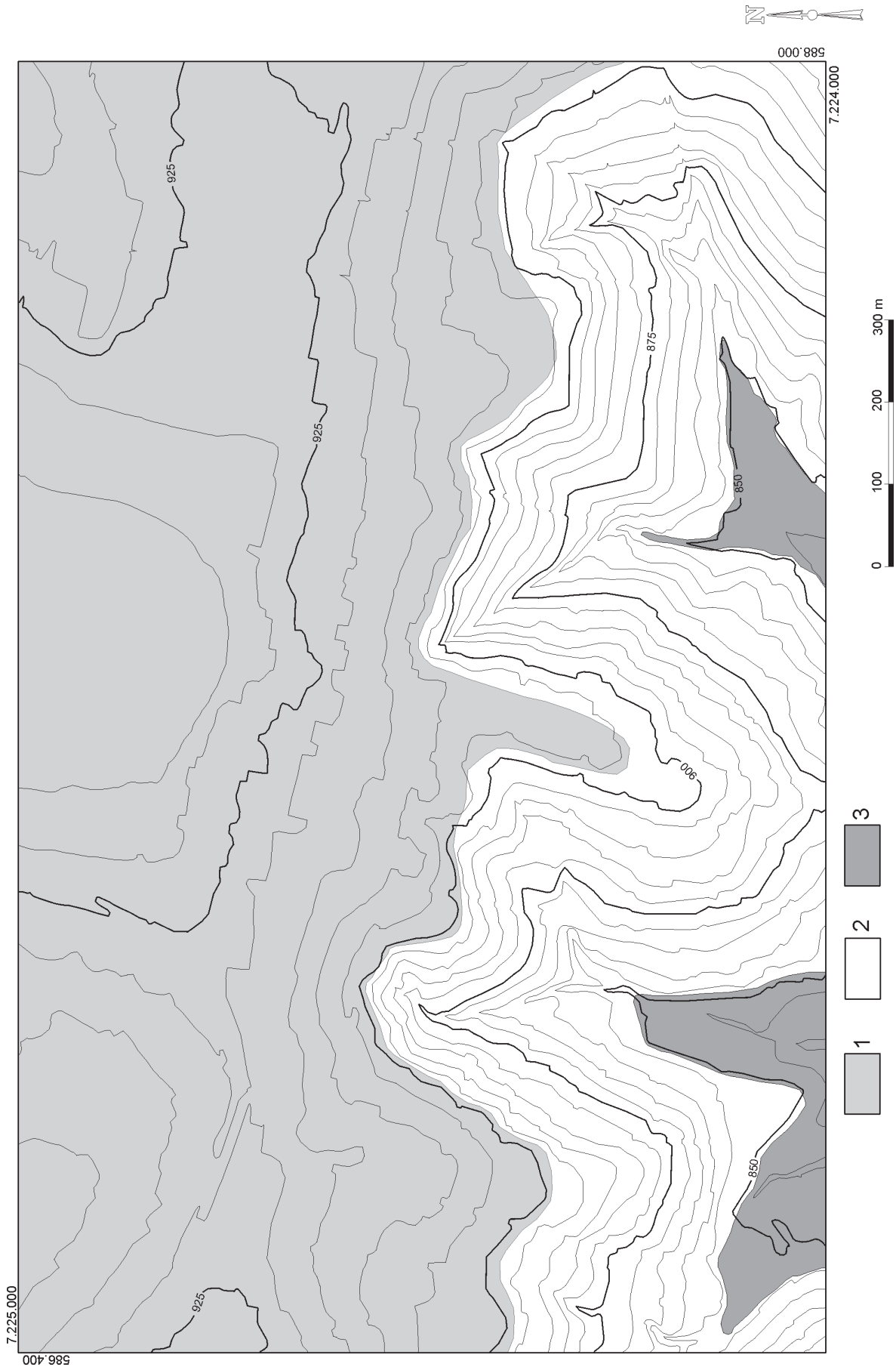

FIGURA 5: Carta de solos das cabeceiras do Arroio Olarias. 1: latossolos; 2: cambissolos; 3: solos hidromórficos.
FIGURE 5: Soils map of the headwaters of the Arroio Olarias. 1: lateritic; 2: slope soils; 3: alluvial soils.

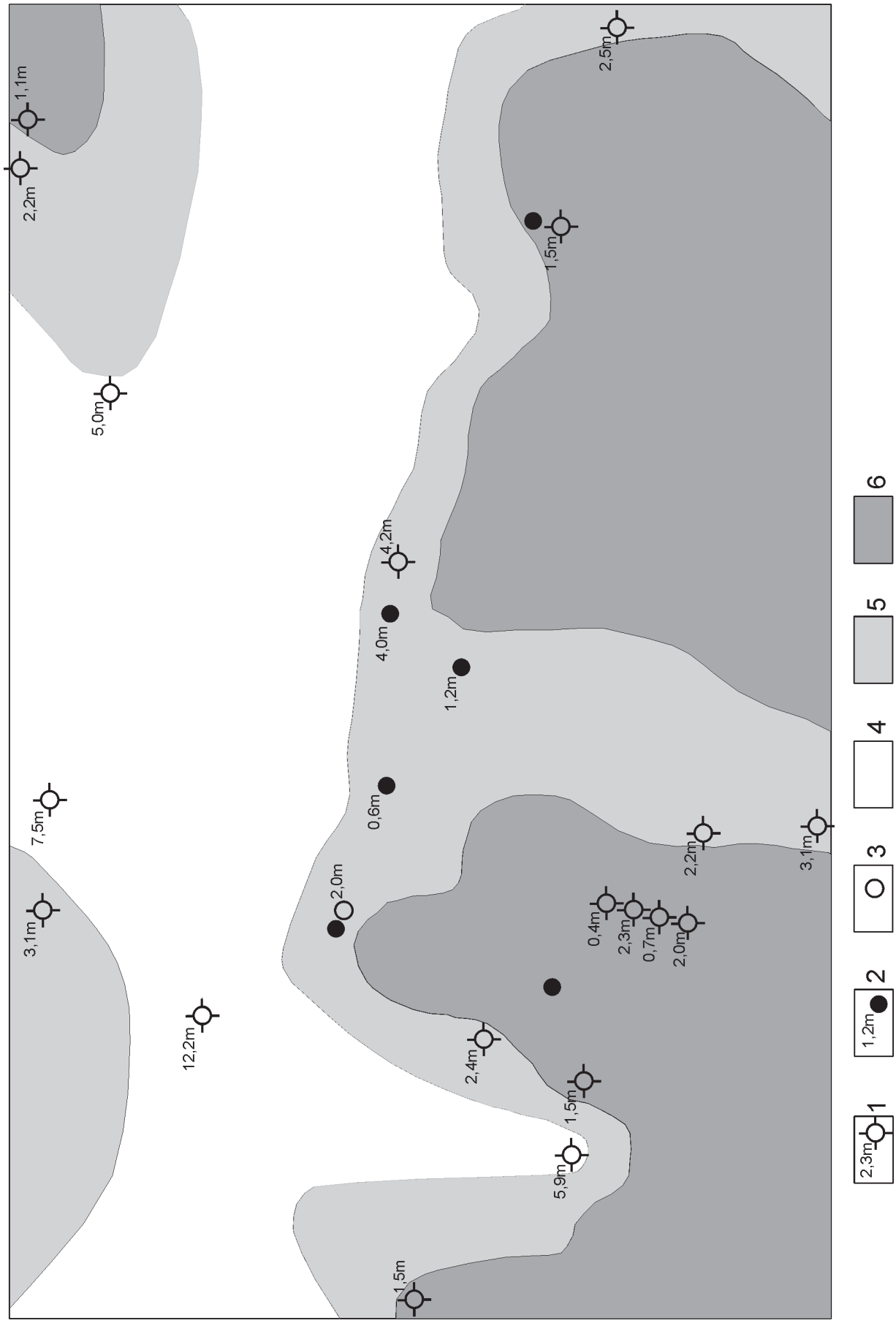

FIGURA 6: Carta do nível d'água subterrânea nas cabeceiras do Arroio Olarias. 1: cisterna com respectiva profundidade do nível d'água; 2: nascentes; 3: escavações; 4: profundidade >5 m; 5: profundidade entre 2 e 5 m; 6: profundidade <2 m.

FIGURE 6: Groundwater level map of the headwaters of the Arroio Olarias. 1: cistern with respective depth of the groundwater level; 2: spring; 3: excavations; 4: groundwater depth >5 m; 5: depth between 2 and 5 m; 6: depth <2 m.

As profundidades do nível d'água subterrânea variam de menos de 2 metros, nas planícies aluviais e encostas inferiores, de 2 a 5 metros nas encostas superiores e mais de 5 metros nos topos aplainados. Estes valores podem ser considerados usuais para regiões com o clima, relevo e tipos de solos da área, e indicam que as águas subterrâneas não chegam a constituir um fator complicador das situações de risco.

VEGETAÇÃO

A vegetação típica do Segundo Planalto Paranaense é representada por campos com dominância de herbáceas e espécies arbustivas e arvoretas, associados à Floresta Ombrófila Mista, esta em capões e matas ciliares, onde se destaca o pinheiro araucária, e um sub-bosque com Lauráceas (canela) e Mirtáceas (cambuí, guamirim). Ainda que a área das cabeceiras do Arroio Olarias encontre-se muito urbanizada, segundo Moro & Kaczmarech (2001) os remanescentes de vegetação encontrados são compostos por mata ciliar, mata secundária e campos. A mata ciliar é definida como "estreitas faixas de vegetação ao longo de cursos d'água, de composição bastante parecida à dos capões, porém com estrutura de abundância e distribuição bastante diversas". Já a mata secundária ocupa áreas onde anteriormente estava presente a Floresta Ombrófila Mista, diferenciando-se desta apenas pela ocorrência de espécies bioindicadoras de alterações (vassouras e outras).

USO DA TERRA

A partir de observações no campo e em fotos aéreas sobre a vegetação natural e o uso da terra, definiram-se as cinco classes de uso apresentadas na figura 7:

- **Mata**: compreende a mata secundária, com presença de Araucária, apresentando-se, segundo Moro & Kaczmarech (2001), num grau regular de conservação;
- **Mata degradada**: corresponde em maior parte à mata ciliar, encontrando-se pouco preservada;
- **Campo**: áreas com cobertura vegetal rasteira, não arbustiva (predominância de gramíneas);
- **Solo exposto**: são pequenas áreas com forma geométrica em mapa, onde o solo está sem qualquer tipo de cobertura vegetal, em conseqüência de empréstimos ou obras civis;
- **Ocupação urbana e serviços**: a área estudada apresenta-se em sua maior parte representada por esta classe, que compreende o sistema viário, edificações e equipamentos urbanos.

CARTA DE SÍNTESE DAS CABECEIRAS DO ARROIO OLARIAS

A carta de suscetibilidade aqui apresentada (Figura 8) representa um primeiro protótipo da carta geotécnica de Ponta Grossa, esta a ser concluída após os estudos nas outras duas áreas-piloto, sobre o Grupo Itararé e a Formação Furnas. Esta carta de síntese integra os dados das cartas temáticas das cabeceiras do Arroio Olarias, e já pode ser considerada uma carta geotécnica preliminar. Entretanto, a carta geotécnica definitiva, que deverá abranger todo o espaço urbano, poderá incluir elementos típicos das outras áreas-piloto. Ademais, a representação cartográfica das cartas definitivas deverá fazer uso de recursos gráficos adicionais, tais como as cores, não utilizáveis nesta publicação.

Para a elaboração da carta de síntese foi realizada análise dos principais fatores condicionantes (dentre os temas cartografados) dos processos e fenômenos do meio físico associados a riscos que ocorrem na área. Estas relações entre fenômenos/processos de risco e seus fatores condicionantes, que constituem a base para a delimitação dos diferentes compartimentos na carta de riscos geoambientais, estão sintetizadas no quadro 1.

Processos e fenômenos do meio físico	Principais fatores condicionantes	Observações
1: alta suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos	Declividades elevadas (>20%) e uso da terra com retirada da vegetação original	Existem bairros em que as casas de madeira são freqüentemente desmontadas e remontadas ao lado, na tentativa de fugir dos escorregamentos mais evidentes
2: alta suscetibilidade à ocorrência de solapamentos de margens e desmoronamentos	Margens de arroios com discretos depósitos aluviais	Os discretos depósitos aluviais constituem estreitos terraços, utilizados para edificações irregulares
3: alta suscetibilidade à ocorrência de adensamento de solos moles e inundações	Planícies aluviais dos arroios, com presença de solos hidromórficos	O assoreamento agrava as inundações; há ocupação irregular das planícies, com desrespeito às áreas *non aedificandi*
4: média suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos	Declividades elevadas (>20%) mas com uso da terra que ainda preserva vegetação original (matas, campos)	A proximidade da área do centro da cidade é um fator agravante de ocupações irregulares, com conseqüente remoção da vegetação original
5: média suscetibilidade à ocorrência de *piping* e colapsos associados	Latossolos e situações de convergência de drenagem subterrânea (linhas de talvegue), sem a ocorrência de drenagem superficial	Não foram observados colapsos na área mapeada, mas eles ocorrem muito próximos; trata-se de fenômeno imprevisível, aparentemente com pouca influência humana
6: baixa suscetibilidade à ocorrência de processos e fenômenos do meio físico	São as áreas altas e planas, com latossolos	Trata-se das áreas com urbanização mais antiga e criteriosa, que acompanha os espigões do espaço urbano

QUADRO 1: Principais características dos compartimentos da carta de riscos geoambientais das cabeceiras do Arroio Olarias.
TABLE 1: Main characteristics of compartment from geoambiental risk map of Arroio Olarias headwaters.

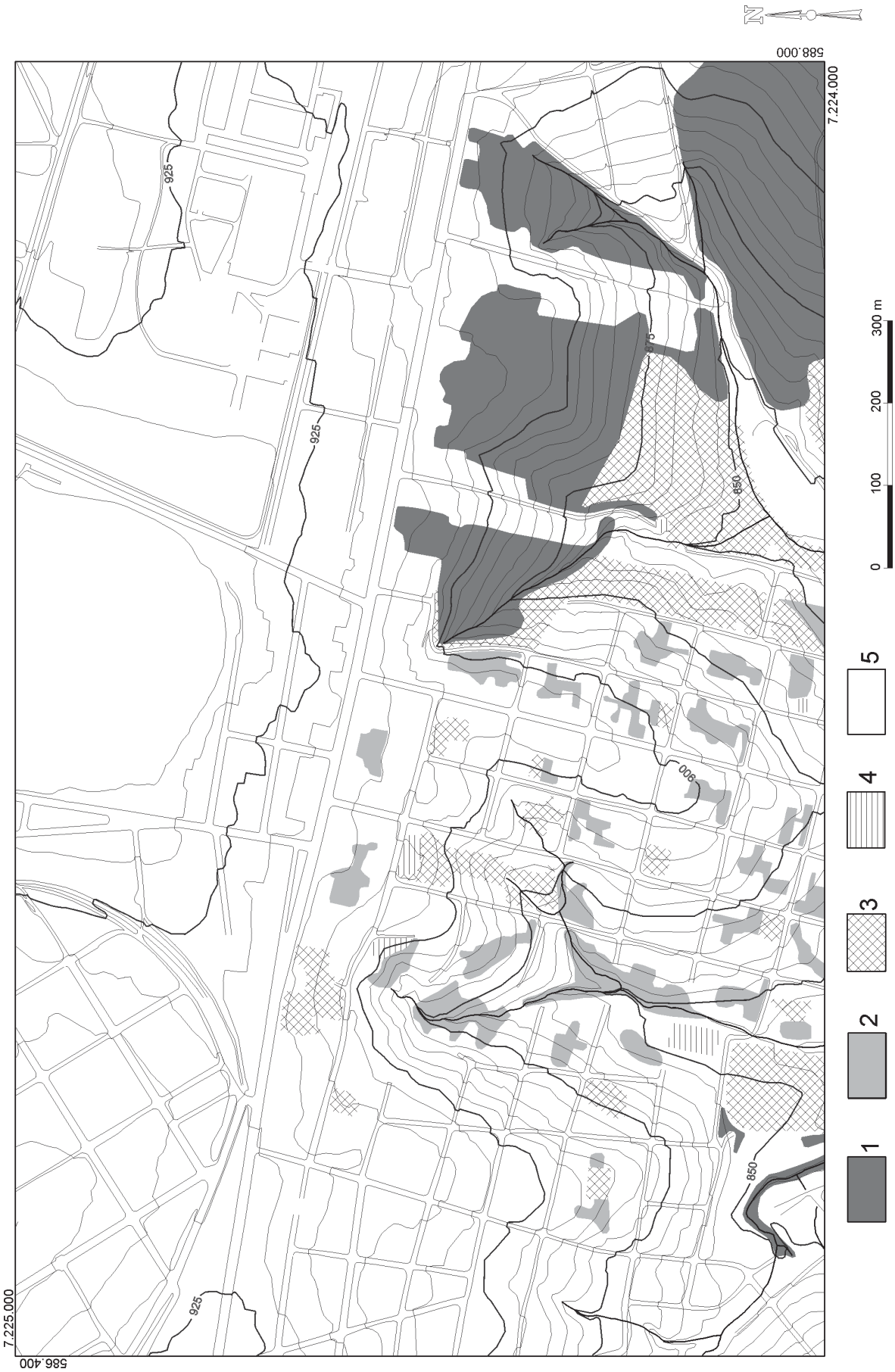

FIGURA 7: Carta de uso da terra das cabeceiras do Arroio Olarias. 1: mata; 2: mata degradada; 3: campo; 4: solo exposto; 5: ocupação urbana.
FIGURE 7: Land use map of the headwaters of the Arroio Olarias. 1: woods; 2: degraded woods; 3: field; 4: exposed soil; 5: urban occupation.

FIGURA 8: Carta de suscetibilidade a processos geoambientais nas cabeceiras do Arroio Olarias. 1: alta suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos; 2: alta suscetibilidade à ocorrência de solapamentos de margens e desmoronamentos; 3: alta suscetibilidade à ocorrência de adensamento de solos moles e inundações; 4: média suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos; 5: média suscetibilidade à ocorrência de piping e colapsos associados; 6: baixa suscetibilidade à ocorrência de processos e fenômenos do meio físico.

FIGURE 8: Map of geoenvironmental susceptibility in the headwaters of the Arroio Olarias. 1: high susceptibility to the occurrence of landslides; 2: high susceptibility to the occurrence of margin erosion and collapse; 3: high susceptibility to the occurrence of flowing of soft soils and floods; 4: average susceptibility to the occurrence of landslides; 5: average susceptibility to the occurrence of piping and associated collapse; 6: low susceptibility to the occurrence of processes and phenomena of physical environment.

DISCUSSÃO

A área das cabeceiras do Arroio Olarias apresenta algumas características importantes associadas à possibilidade de ocorrência de riscos geoambientais: altas declividades com escorregamentos; pequenos terraços aluviais com solapamento de margens e desmoronamentos; planícies aluviais com solos hidromórficos, adensamento de solos moles e inundações; latossolos suscetíveis a apresentar fenômenos de *piping* e colapsos associados em áreas de convergência da drenagem subterrânea.

Estes fenômenos têm sido agravados por uma ocupação desordenada, que tem caracterizado a cidade de Ponta Grossa a partir do final da década de 1960, quando se deu o marcante êxodo rural verificado no Estado do Paraná, em conseqüência da perda das plantações de café pelas geadas.

As leis sobre que tratam do parcelamento do solo urbano (Leis nº 6.766/79 e n° 9.785/99) e também a Lei nº 4.771/65, que instituiu o código florestal brasileiro (Brasil, 1965), definem áreas de restrição a edificações e áreas de proteção permanente em função da declividade do terreno e da proximidade de nascente, águas correntes e dormentes e áreas de domínio público (rodovias, ferrovias, dutos). Entretanto, a ocupação desordenada em Ponta Grossa não tem respeitado estas leis, e o poder público não tem logrado realizar ações que evitem a ocupação de áreas de risco, de forma a prevenir a ocorrência de acidentes com prejuízos sociais, materiais e ambientais. Ademais, existe grande resistência das populações carentes que habitam tais áreas em relação à realocação para regiões planejadas, mas distantes do centro da cidade.

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do Arroio Olarias é uma bacia urbana da cidade de Ponta Grossa (PR) cujas cabeceiras situam-se próximas do centro da cidade e vêm sendo alvo de ocupações irregulares principalmente a partir da década de 1960. O substrato geológico é representado por rochas da Formação Ponta Grossa (folhelhos e argilitos) e soleiras de diabásio associadas ao Magmatismo Serra Geral. Estas últimas colaboram para a existência de altos topográficos nas cabeceiras da bacia hidrográfica.

Ponta Grossa apresenta um sítio urbano singular: o centro da cidade situa-se num alto topográfico a partir do qual diverge rede de drenagem radial. Os bairros apresentam-se sobretudo na forma de corredores que ocupam os divisores entre as bacias hidrográficas da drenagem radial. As cabeceiras destas drenagens apresentam relevo abrupto, muitas vezes excedendo o limite de 30% de declividade, acima do qual os terrenos são considerados impróprios para edificação.

Este relevo particular do sítio urbano tem determinado uma convergência de fatores preocupante: terrenos suscetíveis a processos erosivos, assoreamento e inundações; áreas de risco muito próximas do centro da cidade, atraindo populações excluídas, que agravam a ocorrência dos processos geoambientais.

Os estudos realizados no Arroio Olarias visaram caracterizar os fenômenos geoambientais e seus fatores controladores, de modo a contribuir para a elaboração da carta geotécnica da cidade. Envolveram a análise do substrato geológico, materiais superficiais (sedimentos e solos), processos erosivos, nível d'água subterrânea, declividade e uso da terra. A correlação dos fatores analisados permitiu identificar seis diferentes zonas de suscetibilidade aos fenômenos geoambientais:

a) alta suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos, em áreas de declividades elevadas (>20%) onde foi removida a vegetação original;
b) alta suscetibilidade à ocorrência de solapamentos de margens e desmoronamentos, nas margens de arroios de menor ordem com discretos depósitos aluviais;
c) alta suscetibilidade à ocorrência de adensamento de solos moles e inundações, nas planícies aluviais com depósitos argilosos e solos hidromórficos;
d) média suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos, em áreas de declividades elevadas (>20%) mas com vegetação preservada (matas, campos);
e) média suscetibilidade à ocorrência de *piping* e colapsos associados, nas áreas de solos espessos (latossolos) em situações de cabeceiras de drenagem (convergência da drenagem subterrânea) onde não chega a se definir a linha de talvegue;
f) baixa suscetibilidade à ocorrência de processos e fenômenos do meio físico, nas áreas altas e planas com latossolos.

No caso da área estudada, a profundidade do nível d'água subterrânea não foi um fator utilizado na identificação das zonas de suscetibilidade. Como seria de se esperar, as profundidades são menores nas planícies aluviais, intermediárias nas encostas e maiores nos topos aplainados. A profundidade do nível d'água apresenta, assim, forte correlação com a declividade e com os materiais superficiais, e estes dois fatores foram suficientes para a delimitação das zonas de suscetibilidade.

As seis zonas de suscetibilidade identificadas nas cabeceiras do Arroio Olarias em Ponta Grossa poderão ser generalizadas para o restante do espaço urbano da cidade. Esta possibilidade deverá ser confirmada em estudos com substrato geológico diferente (Formação Furnas e Grupo Itararé), presente em outros locais da cidade.

AGRADECIMENTOS

A Ivan Meneguzzo (UEPG), Fátima Barbieri e Isonel S. Meneguzzo, pelo auxílio no desenvolvimento das atividades de campo. Ao Professor Alberto Pio Fiori (UFPR) e à Simone Kosciak, pela oportunidade de realização de estágio em cartografia digital e geoprocessamento, e pela atenção e orientação. Ao Professor Lindon F. Matias (UEPG), pelo apoio na elaboração do mapa de declividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTOINE, P. 1977. Réflexions sur la cartographie ZEMOS et bilan des expériences en cours. *Bulletin BRGM* (*deuxième série*), Section III, n.1/2, p.9-20.

BITAR, O.Y. (Coord.). 1995. *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente.* São Paulo, ABGE-IPT, 247 p.

BRASIL. *Decreto-lei n. 4.771* de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal brasileiro. Disponível em: <www.mma.br htm> Acesso em: 08 de outubro de 2003.

BRASIL. *Decreto-lei n° 6.766* de 19 de dezembro de 1979. Dispões sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em <http://soleis.adv.br/ parcelamentosolourbano.htm>. Acesso em: 20/10/2001.

BRASIL. *Decreto-lei n° 9.785* de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). Disponível em <http://soleis.adv.br/ parcelamentosolourbano.htm>. Acesso em: 20/10/2001.

DIEDRICHS, L. A. 2001. Solos. *In*: ANDRADE FILHO, A. G. *et al. Planejamento Ambiental da Bacia do Arroio Olarias.* Ponta Grossa: NUCLEAM/UEPG, 1CD ROM. Relatório Técnico.

FAMEPAR - INSTITUTO DE ASSISTÊNCIA AOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ (Ponta Grossa). 1996. *Base cartográfica. Dwg. Base cartográfica digital da cidade de Ponta Grossa em escala 1: 2.000.* Ponta Grossa, 1996 (em AutoCAD R14).

HUMBERT, M. 1977. La cartographie ZERMOS: modalités d'établissement des cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol. *Bulletin BRGM* (deuxième série), Section III, n.1/2, p.5-8.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1994. *Carta geotécnica do Estado de São Paulo.* São Paulo: IPT, v. 1.

MAACK, R. 2002. *Geografia física do Estado do Paraná.* Curitiba, Imprensa Oficial do Paraná, 440p.

MEDEIROS, C. V.: MELO, M. S. 2001. Processos Erosivos no espaço urbano de Ponta Grossa. *In*: DITZEL, C. H.M.; SAHR, C. L. L. *Espaço e Cultura:* Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa : UEPG. p.109-121.

MELO, M.S.; GODOY, L.C. 1997. Geologia, geomorfologia e riscos geológicos na bacia do Arroio Olarias. Ponta Grossa: *Publicatio UEPG, Ciências Exatas e da Terra*, v.3, n.1, p. 33-59.

MELO, M. S.; GODOY, L. C. 2001. Geologia, geomorfologia e riscos geológicos na bacia do Arroio Olarias. In: ANDRADE FILHO, A. G. *et al. Planejamento Ambiental da Bacia do Arroio Olarias.* Ponta Grossa: NUCLEAM/UEPG, 1CD ROM. Relatório Técnico.

MELO, M.S.; MEDEIROS, C.V.; GIANNINI, P.C.F.; GARCIA, M.J.; PESSENDA, L.C.R. 2003. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v.22, n.1, p.33-42.

MORO, R. S.; KACZMARECH, R. 2001. Caracterização da vegetação da Bacia do Arroio Olarias. In: ANDRADE FILHO, A. G. *et al. Planejamento Ambiental da Bacia do Arroio Olarias.* Ponta Grossa: NUCLEAM/UEPG, 1CD ROM. Relatório Técnico.

RIDENTE JUNIOR, J.L.; OLIVEIRA, A.M.S.; SILVA, V.C.R.; ALVES, C.F.C. 1996. Cabeceiras de drenagem, uma unidade de análise na elaboração de cartas geotécnicas. *In*:. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, São Carlos, 1996. *Anais*... São Carlos: ABGE, 1996. p. 185-190.

VIEIRA, A.C. 2001. *Modelo Digital de Elevação (MDE) como subsídio ao planejamento urbano - área urbana de Ponta Grossa (PR).* Ponta Grossa, 53 p. (Monografia de Graduação, Curso de Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG).

ZAINE, J. E. 2000. *Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo:* ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP). Rio Claro, 149 p. (Tese Doutorado em Geociências - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista).