

TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS DE VERTENTES PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Camila Barbosa¹, Cenira Maria Lupinacci da Cunha², Pompeu Figueiredo de
Carvalho³, Dener Toledo Mathias⁴

RESUMO

Este artigo demonstra um conjunto de técnicas que permitem instrumentalizar o processo de zoneamento urbano sob a perspectiva da drenagem sustentável. O reconhecimento das características hidrogeomorfológicas naturais das vertentes pode fundamentar uma proposta de ocupação que favoreça a manutenção da infiltração e conseqüente diminuição do escoamento superficial, de processos erosivos e de enchentes. Tal caracterização baseia-se na experimentação com infiltrômetro e penetrômetro, e na análise granulométrica dos horizontes superficiais dos solos. Toma-se como estudo de caso uma vertente localizada na área urbana de Rio Claro-SP. Tal vertente apresenta relativa variabilidade litológica, pedológica e de declividade, características que dão indício de significativa variação do comportamento hídrico em sua extensão. Mediante tais procedimentos técnicos e com auxílio de análises geoestatísticas é possível produzir material cartográfico que permite compreender as características hidrogeomorfológicas nos diferentes setores de uma vertente, subsidiando o zoneamento urbano ambiental, em uma escala de detalhe.

Palavras-chave: drenagem urbana, zoneamento urbano, taxa de infiltração, resistência à penetração, análise granulométrica

ABSTRACT

This article proposes to demonstrate the use of techniques that assemble to the urban zoning process the sustainable draining perspective. The recognition of natural hydrogeomorphology hill slopes features can base an occupation that permit the decrease of the infiltration and consequent runoff, erosion and flooding. The case study is a hill slope located in the urban area of Rio Claro –São Paulo. This slope presents variability on lithological, pedological and slope gradient features that give significant evidence variation of water behavior in its length. Through these technical procedures and geostatistical analysis support is possible to produce cartographic material that allows comprehending the hydrogeomorphology characteristics in the different sectors of a hill slope, supporting the environmental zoning in scale of detail.

Key Words: urban drainage, urban zoning, infiltration rate, penetration resistance, grain sized analysis.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento técnico e científico da geomorfologia conduziu-a a aplicação em benefício da organização espacial da sociedade. Especialmente com relação ao planejamento urbano, tal ciência tem se prestado à solução de problemas quando a sociedade deseja transformar ou utilizar o relevo ou quando a transformação imposta pela ocupação humana

¹ Mestranda em Geografia pela UNESP. Email: barbosa_unesp@yahoo.com.br

² Professora Assistente da UNESP. Email: cenira@rc.unesp.br

³ Professor Livre Docente da Universidade da UNESP. Email: pompeufc@rc.unesp.br

⁴ Mestranda em Geografia pela UNESP. Email: denertm@yahoo.com.br

ocasionou desequilíbrio no sistema. Assim, a ciência geomorfológica, com objetivo de compreender as formas e os processos do relevo, quando aplicada ao planejamento urbano, cujo principal objetivo é a “promoção de maior justiça social” (SOUZA, 2002, p. 86-87), contribui para minimizar a relação entre fragilidades do sistema natural e segregação sócio-espacial urbana. Sob esta perspectiva, o relevo é entendido como suporte das interações sociais e naturais, e como elemento determinante na produção sócio-espacial, uma vez que as propriedades geoecológicas convertem-se em propriedades sócio-reprodutoras no momento em que surgem as conseqüências ambientais (CASSETI, 1991).

Dentre os principais problemas urbanos condicionados às características do relevo estão os que decorrem da alteração do ciclo hidrológico. Com a impermeabilização do solo nas áreas urbanas há aumento da velocidade e do volume do escoamento superficial adiantando e aumentando o pico das enchentes e desencadeando processos erosivos. As enchentes urbanas e seus desdobramentos afetam de maneira incisiva a população de menor poder aquisitivo, uma vez que esta ocupa as áreas urbanas com maior fragilidade ambiental e é socioambientalmente mais vulnerável.

No contexto desta problemática, o presente trabalho tem por objetivo demonstrar um conjunto de técnicas desenvolvidas e fundamentadas na ciência geomorfológica, que permitem instrumentalizar o processo de planejamento urbano sob a perspectiva da drenagem sustentável. Mediante tais procedimentos técnicos e com auxílio de análises geoestatísticas é possível produzir material cartográfico de grande relevância para a interpretação da produção de escoamento, infiltração e suscetibilidade à erosão nos diferentes setores de uma vertente, subsidiando o zoneamento urbano ambiental, em uma escala de detalhe. Tem-se como premissa que o reconhecimento das características hidrogeomorfológicas naturais das vertentes pode fundamentar uma proposta de ocupação que favoreça a manutenção da infiltração e conseqüente diminuição da produção de escoamento, processos erosivos e enchentes.

A escolha da vertente como unidade espacial de análise para o planejamento se justifica pela possibilidade de controle da produção do escoamento urbano no próprio lote, mediante áreas livres permeáveis para infiltração e/ou implantação de dispositivos de retenção de águas pluviais. Considera-se, portanto, que a vertente é uma unidade física espacial de detalhe, compatível com a escala em que são definidos os padrões de uso e ocupação do solo no processo de zoneamento urbano.

A vertente é aqui entendida como uma unidade hidrogeomorfológica, tridimensional, e abordada no sentido *latu sensu*, incorporando, portanto, o curso d'água como nível de base.

Trata-se de um sistema aberto que quando ocupado pelo homem tem os fluxos de matéria e energia alterados de maneira incisiva. Ao mesmo tempo, configura-se como o elemento dominante do relevo, onde se materializam as relações de forças produtivas e onde ficam impregnadas as transformações que compõem a paisagem. (CASSETI,1991)

A caracterização hidrogeomorfológica para vertentes aqui proposta baseou-se na experimentação com infiltrômetro e penetrômetro, e na análise granulométrica dos solos, utilizando, como estudo de caso, uma vertente localizada na área urbana de Rio Claro-SP. Tal vertente apresenta relativa variabilidade litológica, pedológica e de declividade, características que dão indício de significativa variação do comportamento hídrico em sua extensão. Se estende por uma área de aproximadamente 1,5 Km² e pertence à bacia do ribeirão Claro. Atualmente é ocupada por vegetação de eucalipto em seu setor nordeste e por vegetação arbustiva entremeadado por diferentes espécies de capim ao sul, onde se localiza parte do Campus da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Em pequeno setor no topo, a vertente encontra-se urbanizada com áreas livres permeáveis representadas apenas por lotes sem edificações e áreas públicas de lazer.

METODOLOGIA

Delimitação da vertente e definição da malha de pontos amostrais - O primeiro procedimento do estudo foi estabelecer os limites da vertente. Para tanto foi utilizada a carta topográfica e a Planta Cadastral do Município em escala 1:10.000. A princípio delimitou-se os divisores d'água naturais e tendo em vista o arcabouço teórico da geomorfologia antropogênica proposto por Rodrigues (2005), alguns elementos antrópicos se sobrepuseram aos elementos naturais redefinindo os limites da vertente. É o caso do setor sul, em que se tomou como limite uma avenida implantada mediante um corte de aterro que chega a três metros de desnível e interrompe o fluxo do escoamento natural. No setor de topo que se encontra urbanizado, o declive imposto pelas vias foi determinante na delimitação dos divisores d'água.

Delimitada a vertente, procurou-se estabelecer a malha de pontos para levantamento dos dados amostrais. Tal procedimento teve como referência o trabalho de Montanari et al (2005) que consideram que a variabilidade dos atributos pedológicos associa-se a variabilidade das formas geomorfológicas. Definiu-se, assim, uma malha irregular, orientada por perfis topográficos no sentido topo – fundo de vale. O espaçamento entre os perfis teve como critério a avaliação prévia da variabilidade das formas do relevo que foram identificadas

por meio de fotointerpretação com estereoscopia, a partir de fotografias aéreas verticais na escala aproximada 1:5.000 (BASE, 1996), e representadas na Carta de Feições Geomorfológicas. Definiu-se nove perfis topográficos que perfazem toda a extensão horizontal da vertente em estudo e dois semi-perfis localizados em setores da baixa vertente, onde o relevo é mais movimentado. Desta forma, os setores de maior variabilidade das formas foram avaliados por uma quantidade maior de pontos amostrais.

A localização exata dos pontos de coleta baseou-se nos perfis topográficos, os quais permitiram identificar segmentos com mesma declividade e, para cada um desses, foi estabelecido um ponto de coleta e experimentação. Nos casos em que o perfil apresentou homogeneidade nas características de declividade em toda sua extensão ou em extensos segmentos (setores retilíneos), os pontos amostrais foram definidos com base nas rupturas topográficas identificadas na Carta de Feições Geomorfológicas. Nestes buscou-se definir um ponto à montante e um à jusante da ruptura. Para cada perfil foram estabelecidos entre quatro ou cinco pontos para coleta de dados. Além disso, no setor da vertente que se encontra urbanizado foi definido um ponto de coleta em um lote sem edificação.

A avaliação qualitativa das formas por meio da Carta de Feições Geomorfológicas é critério indispensável na otimização deste esquema amostral. A adoção de uma malha regular demandaria um número de pontos amostrais elevado e desnecessário, uma vez que a mesma equidistância necessária para avaliar a variabilidade nos setores mais movimentados do relevo teria que ser aplicado em setores planos e retilíneos, que indicam homogeneidade e portanto não requerem tanto detalhamento. A Fig. 1 demonstra o procedimento para a definição da malha amostral.

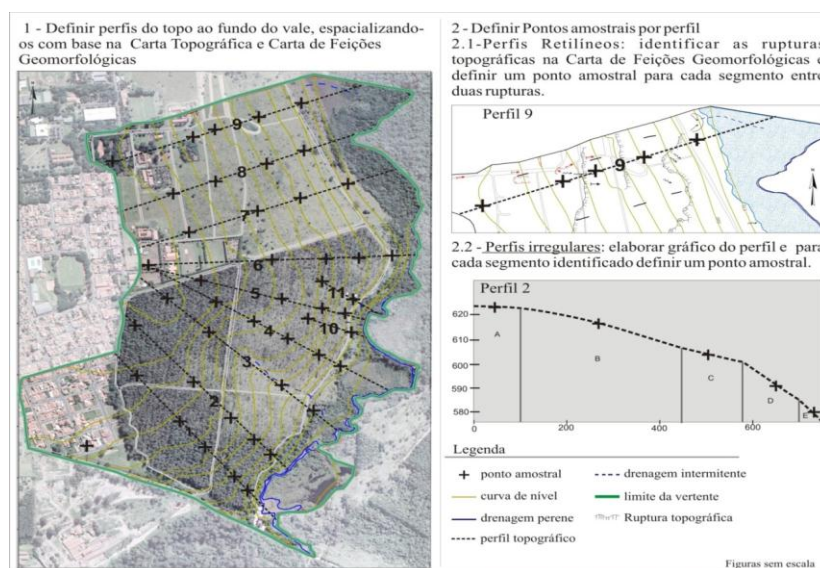


Figura 1: Procedimentos para definição da malha de pontos amostrais.

PROCEDIMENTO TÉCNICO PARA CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOMORFOLÓGICA DA VERTENTE

Taxa de Infiltração - Com o objetivo de avaliar o comportamento da infiltração na vertente procedeu-se a uma experimentação que se apoiou nos procedimentos técnicos descritos por Guerra (1996) a partir da utilização de um equipamento denominado infiltrômetro cilíndrico, idealizado por Hills (1970). Para construir tal infiltrômetro utilizou-se um cano de PVC com 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro interno, no interior deste foi fixada uma régua de 10 cm. Tal equipamento é colocado no solo e com o auxílio de um martelo é fixado a 5 cm de profundidade, de forma que o zero da régua interna esteja no nível do solo. Após fixar o equipamento, este é abastecido com água e com o auxílio de um cronômetro é registrada a profundidade da água a cada minuto, durante 30 minutos.

A Taxa de Infiltração representa a velocidade que a água penetra no solo. As grandezas de medida envolvem volume de água, a área do anel e o tempo. O resultado pode ser expresso em: cm/s; cm/min; mm/s; mm/m; mm/h (THOMAZ, 2008). No início a taxa de entrada de água no solo é rápida, mas diminui conforme o suprimento de água continua, até atingir um valor relativamente constante (CAMARGO, et al. 1986). De acordo com Thomaz (2008) o infiltrômetro geralmente superestima a Taxa de Infiltração e, portanto deve ser usado para comparar a Taxa de Infiltração entre sistemas de usos ou como medida indireta de compactação do solo.

É importante que os experimentos sejam realizados sob as mesmas condições pluviométricas. Desta forma, a experimentação ocorreu entre 27 de maio e 10 de junho de 2009, período em que não foram registradas chuvas diárias e conforme dados da estação meteorológica da UNESP de Rio Claro, que se localiza a poucos metros do limite da área em estudo, não houve registros de chuvas expressivas durante um mês e meio que antecedeu o período, portanto o solo apresentava-se bastante seco durante a execução do experimento.

É importante repetir o experimento durante os meses de alta pluviosidade para avaliar a variação do comportamento sazonal da infiltração. Os experimentos para a vertente em estudo foram repetidos para alguns pontos após período de alta pluviosidade (março de 2010) e não se constataram variações significativas, com exceção para os setores da baixa vertente, próximos as planícies aluviais, que apresentaram queda da Taxa de Infiltração.

A partir dos registros do experimento em campo calcula-se, para cada minuto, o volume de água infiltrado: $(V = (\pi r^2) h)$. Para o modelo de infiltrômetro utilizado, o raio é de 5

cm, e h é a diferença entre o valor registrado no minuto a ser calculado e o registrado no minuto anterior.

Durante os 30 minutos de experimentação com o infiltrômetro não foi possível atingir o ponto de saturação do solo. No entanto, o experimento permite constatar diferenças significativas quanto à Taxa de Infiltração e ao volume total infiltrado entre os diferentes pontos da vertente. O gráfico abaixo (Fig. 2) exemplifica a variabilidade da infiltração entre os pontos de um mesmo perfil.

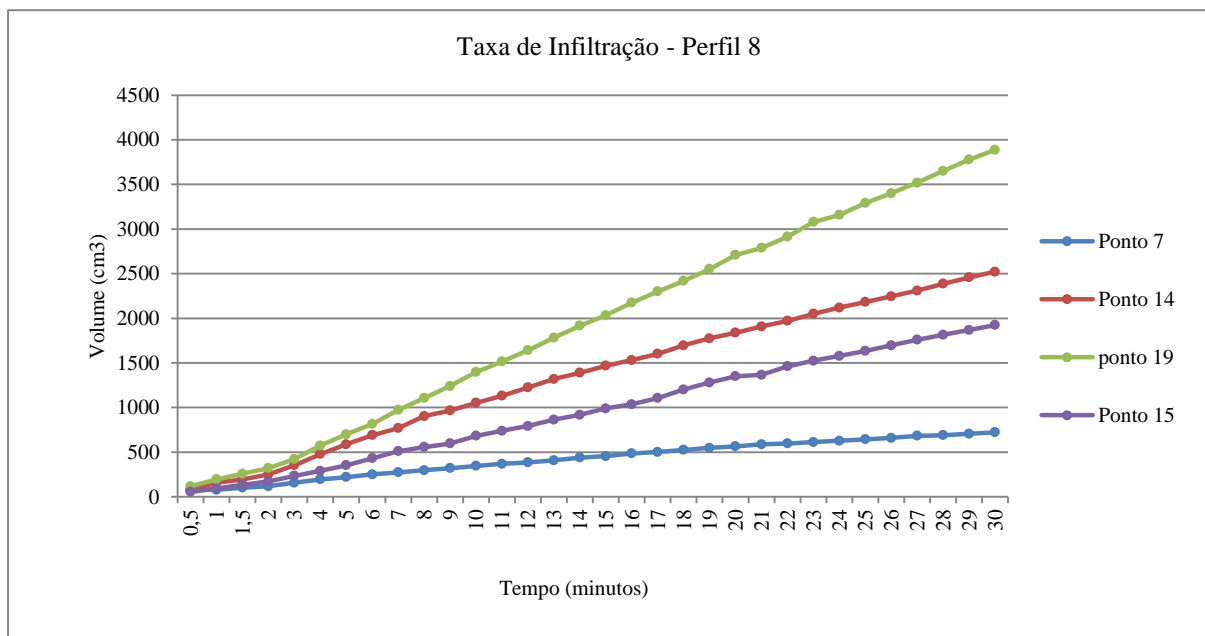


Figura 2: Gráfico comparando a Taxa de Infiltração em quatro pontos.

Os códigos de cada ponto amostral do perfil estão dispostos no sentido topo da vertente fundo de vale na seguinte ordem: 7, 14, 19 e 15. Desta forma pode-se constatar que o setor de maior infiltração para este perfil localiza-se na média vertente (ponto 19) enquanto o de menor infiltração localiza-se no setor de topo (ponto 7).

Embora seja relevante entender o comportamento da infiltração em cada ponto o que se pretende com estes dados é conhecer a expressão espacial deste fenômeno, ou seja, estabelecer a variação do comportamento da infiltração para toda a vertente. Para tanto é necessário recorrer a métodos geoestatísticos, através dos quais dados pontuais, com coordenadas conhecidas, são utilizados para estimar superfícies contínuas. O método geoestatístico utilizado neste processo foi o da Krigagem em que cada ponto da superfície é estimado a partir da interpolação das amostras mais próximas. Para tanto, utilizou-se um

estimador estatístico no programa Surfer 8. O procedimento adotado neste programa encontra-se descrito em Landin et al (2002).

A variável utilizada para representar as características de infiltração para toda a vertente foi a Taxa de Infiltração média, obtida conforme a fórmula:

$$TI = Vol/t$$

Onde **TI** = Taxa de Infiltração Média, dada em cm/s; cm/min; mm/s; mm/m ou mm/h

Vol = Volume total infiltrado durante todo o experimento

t = duração do experimento (no caso 30 minutos)

Textura dos Solos - A textura do solo expressa a distribuição percentual das partículas primárias (areia, silte e argila) e é determinada através da análise granulométrica.

Considerando-se que a diferença de textura dos solos responde por características de infiltração distintas - solos arenosos possuem capacidade de infiltração mais rápida que solos argilosos – além de darem indícios de suscetibilidade erosiva, sugere-se a análise granulométrica na vertente em estudo para caracterizar a variação granulométrica dos solos.

Foram coletadas duas amostras por ponto, totalizando 88 amostras. Uma amostra foi retirada em superfície - entre 15 e 25 cm de profundidade - e uma em subsuperfície - entre 45 e 48 cm de profundidade. Este procedimento foi estabelecido com base na análise prévia das características de solo que ocorrem na área. De acordo com Oliveira e Prado (1984) e Cottas (1993) ocorrem na área em estudo Latossolos Vermelho Amarelo e Argissolos. Os Latossolos não apresentam expressiva variabilidade textural nos seus perfis, porém os Argissolos apresentam variabilidade entre o horizonte A e B. De acordo com Oliveira e Prado (1984) o horizonte B nos Argissolos aparece em profundidade superior a 30 cm e desta forma tomou-se o cuidado para que a segunda amostra fosse coletada em profundidade superior a 40 cm para que fosse registrado os casos de variabilidade textural entre os horizontes. As análises laboratoriais basearam-se o método da Pipeta descrito por Camargo et al (1986).

A partir do resultado da análise granulométrica de tais solos foi possível inferir, através da geoestatística, a variação nas características granulométricas para toda a vertente. O método da krigagem utilizado na análise estatística para a infiltração foi repetido para a granulometria.

Tendo em vista que, quanto maior o percentual de areia do solo melhor as condições de infiltração, optou-se por utilizar os percentuais totais de areia para representar a variação granulométrica na vertente.

Resistência dos Solos à Penetração - A resistência do solo à penetração é um índice integrado de compactação do solo, umidade, textura e tipo de mineral de argila (BAVER et al, 1972 apud CAMARGO et al, 1986). Para caracterizar a resistência do solo é usado um equipamento denominado penetrômetro que oferece uma maneira fácil e rápida de medir a resistência a várias profundidades. Na agronomia, é bastante utilizado para relacionar fatores de resistência do solo a elongação radicular. Cordeiro et al (1998) afirmam que a resistência do solo à penetração é, assim como a infiltração da água, um método secundário para avaliação da compactação do solo; além disso, alguns modelos de penetrômetros são utilizados na determinação da capacidade de suporte do solo.

No presente trabalho utilizou-se o penetrômetro de impacto para determinar o índice de resistência do solo para a vertente em estudo. O princípio de utilização deste equipamento é baseado na resistência do solo a penetração de uma haste, após o recebimento de um impacto provocado pelo deslocamento vertical de um bloco de ferro.

Os dados obtidos através deste equipamento permitem inferir características quanto à infiltração da água, mas principalmente características quanto à susceptibilidade a processos erosivos, visto que a variação na resistência a penetração indica variação da resistência ao impacto da água da chuva.

Alguns cuidados que devem ser observados durante a utilização do penetrômetro são: a) quanto mais seco estiver o solo maior a sua resistência a penetração (CORDEIRO et al, 1998) e portanto a coleta de dados deve ser realizada após período de chuva suficiente para molhar profundamente os horizontes do solo (THOMAZ, 2008); b) a resistência do solo é influenciada pela textura; c) deve-se tomar cuidado ao utilizar o penetrômetro em solos pedregosos pois apenas um fragmento de rocha pode invalidar a leitura; e) penetrômetros diferentes em solos iguais resultam em medidas diferentes; deve-se repetir o experimento cerca de 4 vezes para garantir confiabilidade dos dados, uma vez que cupinzeiros, raízes, fragmentos de rocha podem interferir no resultado. (CORDEIRO, et al 1998).

Neste experimento utilizou-se um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar – Stolf, com peso de 4 Kg e curso de queda livre de 40 cm. A leitura é feita manualmente em uma haste que penetra no solo, e pode atingir uma profundidade máxima de 70 cm. No solo é fixada uma chapa para dar o nível de referência de leitura. O procedimento em campo

consiste em soltar o peso, anotando em planilha o número de impactos e a profundidade registrada na haste do penetrômetro (STOLF et al, 1983).

Para caracterizar a resistência a penetração na vertente em estudo procurou-se, para cada ponto, atingir a profundidade mínima de 30 cm, tendo em vista a relevância das condições de resistência das camadas superficiais do solo para o processo de infiltração e produção de escoamento. Em cada ponto esse procedimento foi repetido de três a quatro vezes num raio de cerca de 50 cm, para que eventuais interferências fossem identificadas mediante a observação de discrepância nos dados. Quando em uma das repetições foi identificada discrepância, o dado foi descartado. Desta forma, calculou-se a média da relação entre cada impacto e a profundidade registrada e a partir desta média calculou-se o índice de penetração.

O índice de penetração (IP) calculado é a relação entre o número de impactos e o deslocamento dado em cm, mm ou dm. Desta forma, o IP pode ser assumido como uma medida relativa da resistência do solo, calculado através da seguinte fórmula:

$$IP = \text{número de impactos/profundidade}$$

A profundidade definida para cálculo do **IP** neste estudo, foi de 3 dm, ou seja 30 cm. Desta forma, um ponto em que foram necessários 10 impactos para o penetrômetro atingir 3 dm de profundidade apresenta maior resistência do que um ponto em que foram necessários 5 impactos: IP respectivamente igual a 3,33 e 1,67 impactos/dm. Sugere-se o uso da unidade de medida dm, ao invés de cm, para que os índices finais não seja representados por números muito pequenos.

Considerando a necessidade de umidade no solo durante o experimento procedeu-se a estes no período de 22 e 26 de março de 2010, imediatamente após período de alta pluviosidade.

A representação espacial desta variável também foi elaborada com base no método da krigagem, a exemplo das variáveis anteriormente apresentadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mediante as procedimentos técnicos descritos são mapas temáticos das variáveis: Taxa de Infiltração, Textura e Resistência à Penetração para a vertente em estudo.

A Fig. 3 apresenta o resultado obtido para a Taxa de Infiltração. Cabe destacar que o dado obtido para o lote sem edificação na área urbana foi assumido como verdade para todos os lotes livres e áreas livres públicas permeáveis. Para as vias urbanas pavimentadas e áreas construídas, assumiu-se valor de infiltração igual a zero.

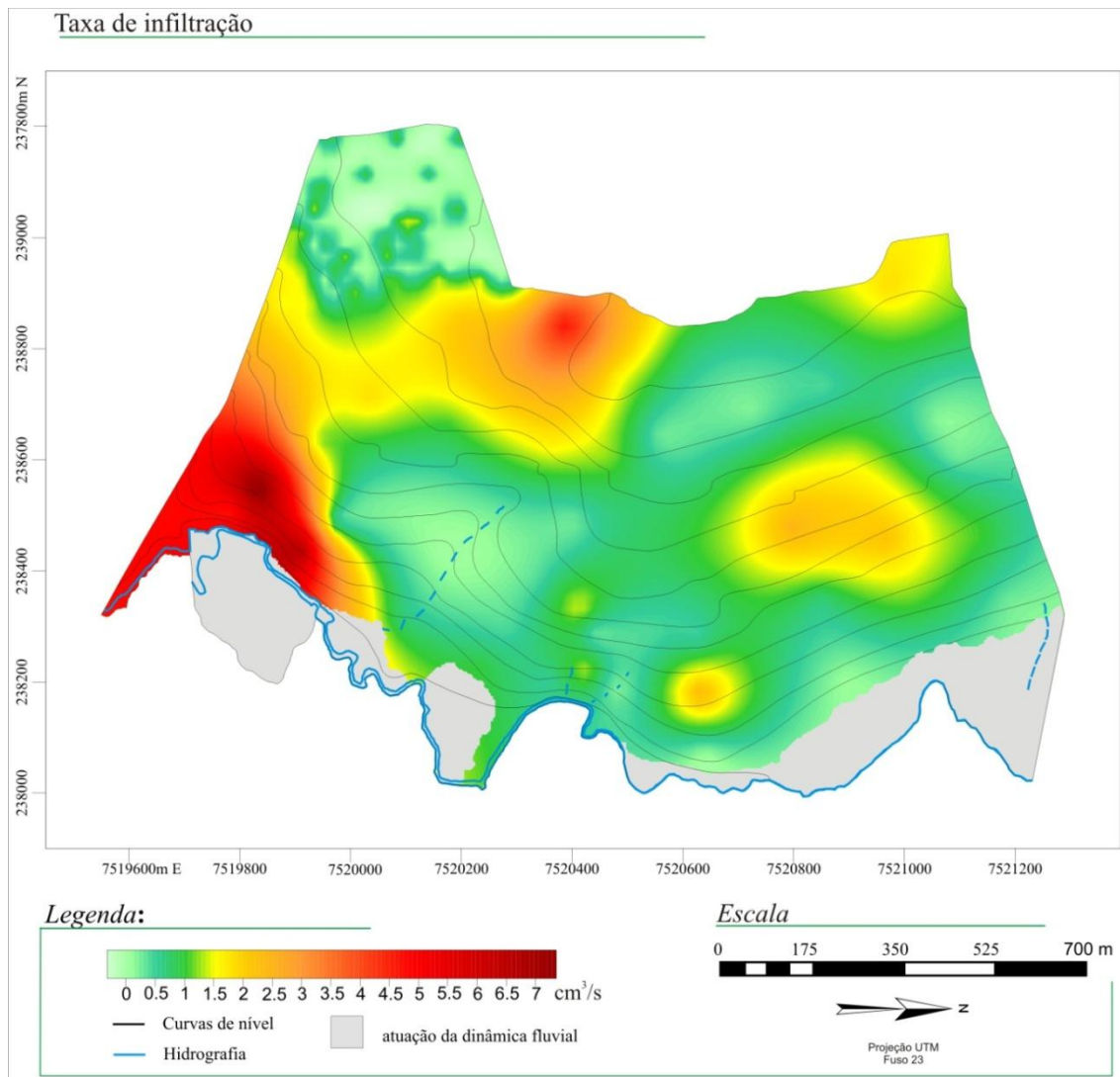


Figura 3: Taxa de Infiltração

A Taxa de Infiltração para a vertente variou de 0 a 7 cm^3/s com setores ao sul, especialmente na baixa vertente apresentando os maiores valores.

O percentual de areia em superfície (amostras entre 15 e 25 cm de profundidade) e em subsuperfície (amostras entre 45 e 48 cm de profundidade) estão representados na Fig. 4.

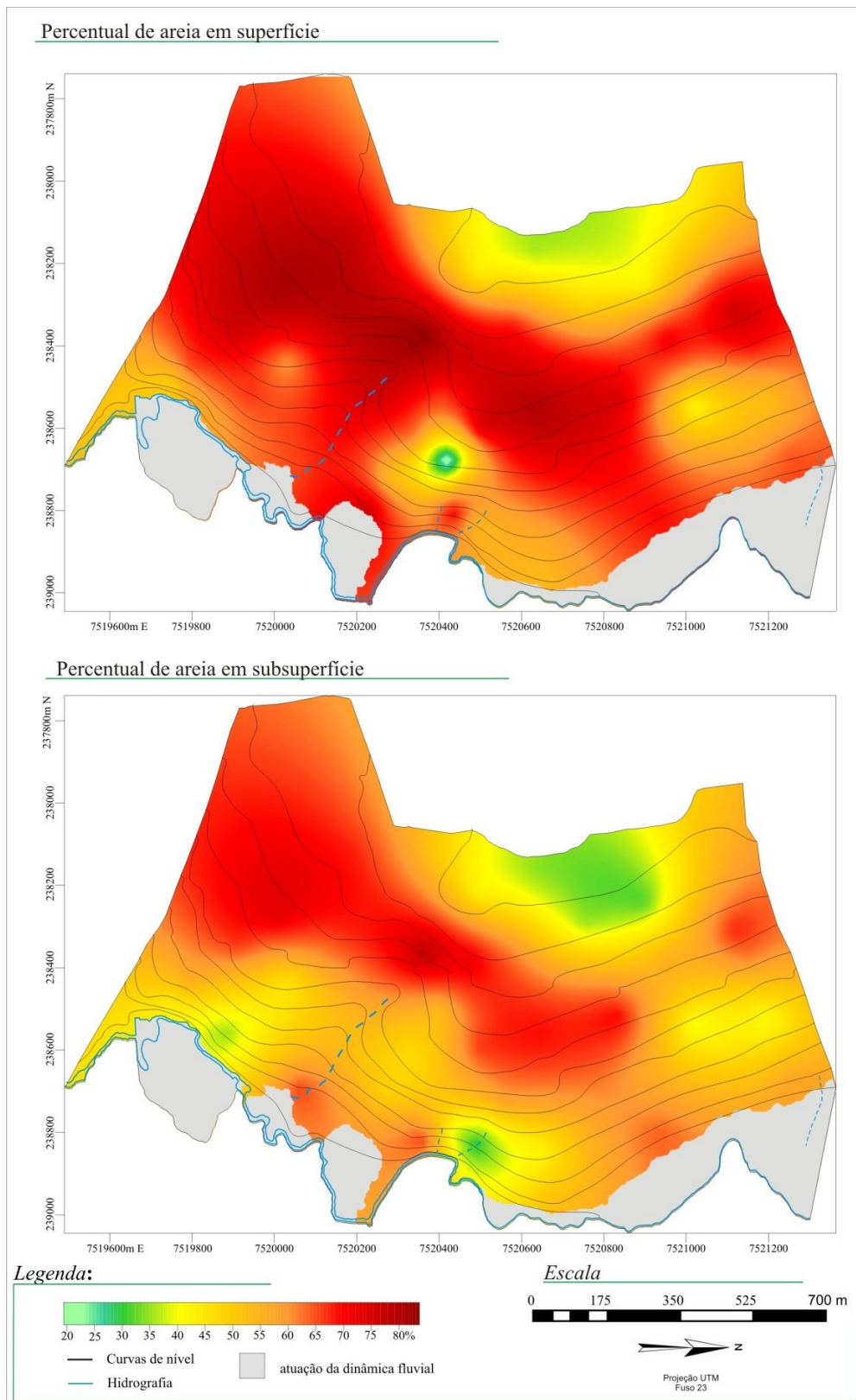


Figura 4: Percentual de areia em superfície e subsuperfície.

Observando a Fig. 4 nota-se que em superfície, via de regra, há alto percentual de areia. Somente em alguns setores restritos observam-se percentuais menores que 50%. Já em

subsuperfície nota-se que houve queda neste percentual. Tal queda apresentou-se mais expressiva nos setores de média e baixa vertente localizados ao sul da área de estudo. Tal variação coincide com setores de maior gradiente de declividade com incidência de concavidades de canais intermitentes com processos erosivos lineares atuantes. De acordo com as características do relevo e a análise granulométrica presume-se que são em tais setores que ocorrem solos tipo Argissolo, que se caracterizam pelo aumento da concentração de argila entre os horizontes A e B.

A análise granulométrica permite avaliar as condições da drenagem nos solo. Solos arenosos caracterizam-se por rápida passagem da água por percolação e apresentam-se sob forma solta e friável. Quando há predominância de argila e silte os solos se caracterizam por movimentação lenta da água, favorecendo o escoamento superficial.

A Fig. 5 demonstra a variabilidade espacial da Resistência a Penetração na vertente.

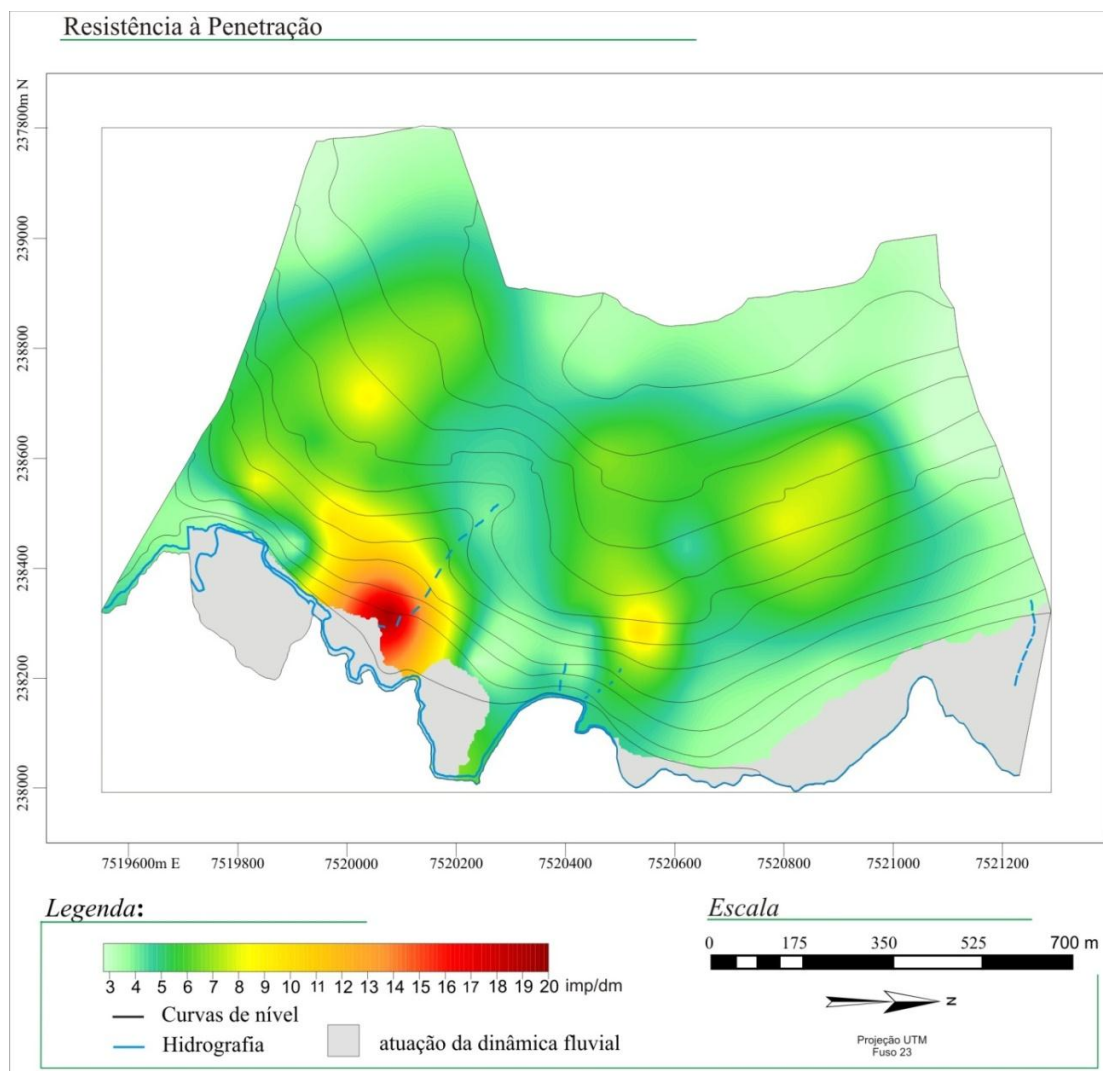


Figura 5: Resistência a Penetração

A Resistência à Penetração para a vertente em estudo variou de 2,76 a 20,15 impactos/dm e a maior parte da vertente apresentou índice de resistência inferior a 8 impactos/dm. Destaca-se um setor de concavidade que apresentou índice bastante elevado em relação à média da vertente. Os setores de maior resistência, mesmo que apresentem características de solo arenoso caracterizam-se por dificultarem a drenagem da água no solo, uma vez que a estrutura das camadas superficiais não favorecem a infiltração.

Uma análise estatística correlacionando os dados de resistência, granulometria e infiltração permitirá compreender a relação entre a resistência do solo e as demais variáveis da vertente. Cabe destacar que a vegetação e o uso e ocupação do solo podem interferir nos resultados da Resistência à Penetração, uma vez que esta se encontra diretamente relacionada à compactação.

CONCLUSÕES

1. A espacialização das variáveis Taxa de Infiltração, Granulometria e Resistência à Penetração constitui instrumento de grande relevância para compreensão da produção do escoamento natural na vertente, além de permitir inferir características quanto a suscetibilidade erosiva e ao serem utilizadas no processo de zoneamento e definição de padrões urbanos permitem avançar na manutenção da infiltração natural, minimizando os impactos da urbanização no sistema hidrológico.
2. Sugere-se correlacionar os resultados para a variável Taxa de Infiltração com as características de declividade, fator determinante na produção de escoamento.
3. Mediante a sobreposição dos mapas é possível definir zonas de fragilidade e restrições a ocupação e otimizar a alocação de áreas verdes permeáveis e mesmo fundamentar as diretrizes urbanas, com destaque para a Taxas de Ocupação e Taxas de Permeabilidade dos lotes urbanos para cada setor da vertente.
4. Existem inúmeras técnicas que possibilitam reconhecer o comportamento das características naturais de infiltração em uma vertente e as expostas neste trabalho destacam-se devido a sua simplicidade, facilidade de execução e baixo custo, podendo ser facilmente adotados no processo de zoneamento urbano de qualquer município.

AGRADECIMENTOS

CAPES e CNPq.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, O. A de; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas: Instituto agronômico, 1986

CASSETI, V. *Ambiente e apropriação do relevo.* São Paulo: Contexto, 1991

CORDEIRO, D. G.; BATISTA, E. M. e AMARAL, E. do. **Utilização do equipamento penetrômetro de cone para identificação dos neveis de compactação do solo.** Instruções Técnicas EMBRAPA, N.15, Dez de 1998, P. 1-2. Disponível em: <http://www.repdigital.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPAF-AC/3651/1/it15.pdf>. Acesso em: maio de 2009.

COTTAS, L. R. **Estudos Geológicos geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP.** Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

GUERRA, A. J. T. *Processos Erosivos nas encostas.* In: CUNHA, S.B. e GUERRA, A. J. T. (Orgs.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.* Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996, p. 139-156.

LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R. C.& CORSI, A.C. **Introdução á confecção de mapas pelo software SURFER.** DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 08, 21 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: abril de 2010.

MONTANARI, R.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. *Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar.* In: *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.1, p.69-77, jan. 2005

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semi detalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos.** II Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agronômico, 1984.

RODRIGUES, C. *Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na Definição de Unidades Espaciais de Planejamento Urbano: Exemplo na metrópole Paulista.* In: *Revista do Departamento de Geografia*, 17. 2005, p. 101-111.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a Cidade: uma introdução crítica ao planejamento e a gestão urbanos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 9p.** (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n. 1), disponível em: [http://www.cca.ufscar.br/drnpa/hprubismar_ARTIGOS/24.%20Recomenda%E7%E3o%20par a%20o%20uso%20do%20penetr%F4metro%20de%20impacto%20modelo%20iaa%20planalsucar%20-%20Stolf%20\(STOLF,%20R.\).pdf](http://www.cca.ufscar.br/drnpa/hprubismar_ARTIGOS/24.%20Recomenda%E7%E3o%20par a%20o%20uso%20do%20penetr%F4metro%20de%20impacto%20modelo%20iaa%20planalsucar%20-%20Stolf%20(STOLF,%20R.).pdf)> Acesso em: abril de 2010.

THOMAZ, E. L. **Geomorfologia e agrossistemas: indicadores de degradação do solo.** In: NUNES, J. O, R.;ROCHA, P. C. (Orgs.). *Geomorfologia: aplicação e metodologias.* São Paulo: Expressão Popular: UNESP, Programa de Pós Graduação em Geografia, 2008. p. 33-56.