MAPEAMENTO DE PEDOFORMAS NA BACIA DO RIO DO CORVO (PR) POR MEIO DE ATRIBUTOS SECUNDÁRIOS DO RELEVO DERIVADOS DE MDE

CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA
ANGELO EVARISTO SIRTOLI
CLAUDIONOR RIBEIRO DA SILVA
LUIZ EDUARDO MONTOVANI4
CHISATO OKA-FIORI

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Centro Politécnico
Departamento de Geomática, Curitiba – PR
Universidade Federal do Piauí - UFPI
Campus Profa. Cinobelina Elvas, Bom Jesus - PI
{crs, claudineits, asirtoli, crs, lem, chisato}@ufpr.br

RESUMO - Com o objetivo de identificar e mapear pedoformas, a partir dos atributos topográficos secundários derivados de um Modelo Digital de Elevação, obteve-se os índices de umidade, de corrente de máximo fluxo e de capacidade de transporte de sedimentos. Após a discretização das unidades de solo por meio desses índices, o mapa temático resultante foi correlacionado com o mapa de unidades de mapeamento de solos previamente elaborado por técnicas tradicionais. Os mapas temáticos resultantes da aplicação dos índices foram combinados por meio de tabulação cruzada para delinear as pedoformas presentes na bacia do rio do Corvo, pequeno tributário do rio Iraí na alta bacia do Iguaçu, que representam as unidades preliminares de mapeamento dos solos. O processo de verificação foi realizado com quarenta e nove amostras de campo. A concordância com o mapa convencional foi de 66%, a discordância de 23,3% e 10,7% de indeterminação. O uso dos atributos topográficos secundários tornou a identificação menos subjetiva, uma vez que as unidades obtidas concordaram com significativo número de solos amostrados no campo e com o mapa tradicional. Assim, a delimitação preliminar de pedoformas orientadas pelos índices topográficos secundários, demonstrou coerência.

ABSTRACT - Trying to identify homogenous soilscapes, secondary topographical attributes were selected to delimitate the preliminary units of a soil map. The employed attributes were topographic wetness index, stream power and sediment transport capacity which were derived from Digital Elevation Model. These indexes were classified and the created classes were correlated with conventional mapping soil methodology. By cross tabulation these indexes were combined to predict the occurrence soilscapes in Rio do Corvo basin, a small watershed at upper Iguaçu river basin. At the present study, the identified soilscapes correspond to the preliminary units of soil mapping. These units were validated by comparing with others from a conventional map and checked with 49 samples from field survey. By overlapping these two maps, it was obtained an agreement for 66 % and disagreement for 23,3 % of mapped areas as well as an indefinition for 10,7 % area. By using the selected topographical attributes, it was possible to improve the delineation process which became less subjective. The semiautomatic delimitation enhanced the soil class prediction compared to conventional methods by increasing the number of matched with samples field observations. Therefore, the preliminary delimitation unit of soil map guided by secondary topographical indexes, showed their own coherence.

1 INTRODUÇÃO

As características do relevo estão diretamente relacionadas com os processos de formação do solo e possuem um grande potencial para serem utilizadas na elaboração de levantamentos de solos (Klingebiel et al.,1987). Por isso, o uso de modelos de paisagem, como técnica auxiliar em levantamento de solos, constitui uma evolução no entendimento das relações solo-geomorfologia e, conseqüentemente, uma ferramenta importante para identificar e mapear áreas de solos homogêneos. Esses modelos auxiliam a quantificação morfológica da superfície terrestre que é essencial ao

conhecimento dos processos físicos, químicos e biológicos que acontecem na paisagem.

Os modelos solo-relevo mais quantitativos estão se tornando conhecidos como novo paradigma em levantamento de solos, bem como para o entendimento e predição dos padrões naturais do solo, fazendo parte das tendências dos levantamentos (Hudson, 1992). Nesse sentido, o uso de modelos digitais de elevação (MDE) pode auxiliar o estabelecimento de relações da influência da topografia e hidrologia, com isso, contribuir em levantamentos pedológicos, estabelecendo limites mais exatos entre classes de solos (Campos et al., 2006).

Moore et al. (1991) estabeleceu relações entre solos e atributos topográficos (ou do relevo) primários e secundários derivados de MDE. Os atributos primários são calculados diretamente do MDE e incluem variáveis como elevação, declividade, plano e perfil de curvatura. Os atributos secundários envolvem combinações de atributos primários e podem ser usados para caracterizar a variabilidade espacial de processos específicos que ocorrem na paisagem, são parâmetros relacionados a processos de transportes de sedimentos e a movimento da água superficial e subsuperficial no solo (Moore et al., 1993). Esses autores indicam a utilização desses atributos como primeira etapa em levantamento de solos, destacando que resultaria de utilidade tanto na amostragem dos solos como no desenvolvimento de modelos de localização das pedoformas.

Park & Burt (2002) afirmam que atributos do terreno são os mais importantes indicadores da variação das propriedades dos solos, por isso o entendimento do solo como um corpo natural que possui variação tridimensional e que se origina a partir da inter-relação dos fatores de formação e sob a ação dos processos pedogenéticos favorece a compreensão da geografia dos solos, assim como a predição do comportamento destes (Bockhein et al., 2005). Comentam ainda que, os solos de uma encosta variam em resposta ao movimento de água e ao transporte superficial de sedimentos, processos estes que são controlados pelas formas da superfície das vertentes.

Clima, material parental, topografia, e fatores bióticos influenciam a formação do solo (Jenny, 1980), mas o clima, freqüentemente, mostra controle em escala média que é o interesse neste trabalho. Assim, o presente estudo justifica-se neste contexto, pois foi desenvolvido numa bacia hidrográfica com material parental que abrange a mesma litotipia, a Formação Guabirotuba, partindo da idéia de que a variação local dos solos pode ser atribuída a mudanças no relevo, uma vez que em muitas paisagens, a catenária desenvolvida dos solos ocorre em resposta ao fluxo superficial e subsuperficial da água.

Por isso, pode-se hipotetizar que, a distribuição espacial de atributos do relevo que caracterizam os caminhos do fluxo d'água influenciam na variabilidade dos atributos dos solos em mesoescala e, por conseqüência, nas classes de solos. Considerando esta hipótese, o trabalho tem como objetivos verificar os relacionamentos entre atributos topográficos secundários (índice de umidade, de transporte de sedimentos e de corrente de máximo fluxo) e dados de levantamento de solos convencional, na delimitação de pedoformas para mapeamento preliminar de solos.

O estudo foi desenvolvido numa área de 303,4 ha, localizada entre as coordenadas UTM de 687254 a 689397 e 7191261 a 7189369, fuso 22 sul (Figura 01).

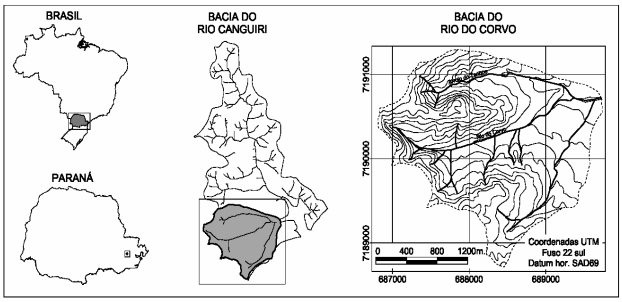

Figura 1 – Localização da área de estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos para o desenvolvimento do trabalho estão apresentados em etapas no diagrama de blocos apresentado na (Figura 2).

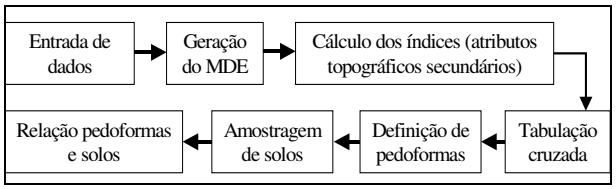

Figura 2 – Fluxograma que apresenta as etapas do trabalho.

Além de observações e coletas de solo em campo com descrição morfológica Santos et al. (2005) e amostragem de perfis para caracterização química e granulométrica, foram utilizados dados de Sugamosto (2003) e Lima (2005). As unidades de mapeamento de solos foram agrupadas no nível de ordem, de acordo com EMBRAPA (2006).

A entrada de dados para a geração do MDE foram extraídas de cartas topográficas da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, escala 1:10.000. A base de dados foi processada nos softwares ArcView versão 3.2 e Matlab 6.5.

O MDE foi gerado com uma grade regular com 5m, de onde foram calculados os índices de corrente de máximo fluxo, umidade e de capacidade de transporte de sedimentos, por meio de uma janela, ou sub-matriz, com nove nodos (Figura 3), segundo Moore et al. (1993). Para tanto, foi executada uma varredura com essa janela, sobre o conjunto total de dados (Figura 3a), que representam a área estudada. No processo de convolução são computados os valores dos índices por meio das equações 1, 4 e 5, apresentadas a seguir.

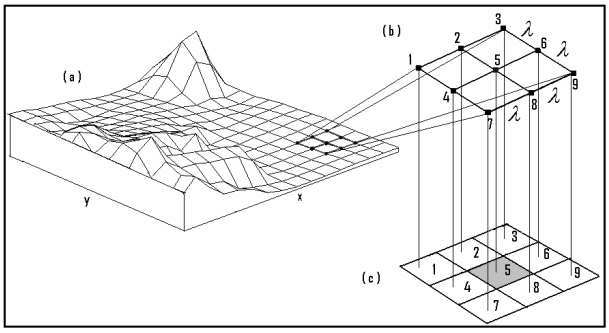

Figura 3 – Grade regular da superfície do solo (a), Janela com nove nodos (b), Janela com nove pixels (c).

Observa-se na figura 3(b) que a dimensão, ou resolução da grade é de λ metros. A figura 3(c) mostra a representação da grade na forma matricial. Isto é, cada ponto ou nodo da grade é transformado em um pixel, possui um valor correspondente à elevação do ponto e uma resolução de λ metros. Assim, os índices supracitados são descritos da seguinte forma:

Índice corrente de máximo fluxo (Ω)

$$\Omega = A_s \tan\beta \qquad (1)$$

onde, A_s é a área específica de contribuição para o ponto central da janela (ponto 5 na figura 3 c). Isto é, $A_s = (3\lambda * 3\lambda)$. O ângulo β é dado em graus e é calculado pela equação 2.

$$\beta = \arctan\left(\sqrt{p}\right) \qquad (2)$$

onde, p é definido por aproximações das diferenças finitas, por meio das derivadas parciais f_x e f_y, nas direções de x e y (ortogonais entre si), respectivamente. Assim, sendo Z_i o valor da elevação do nodo i, p é determinado de acordo com a equação 3, representando a inclinação local do terreno.

$$f_x = \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{Z_6 - Z_4}{2\lambda}, \qquad f_y = \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{Z_2 - Z_8}{2\lambda} \qquad \text{e,}$$

$$p = f_x^2 + f_y^2 \qquad (3)$$

Índice de umidade (ω)

$$\omega = \ln\left(\frac{A_s}{\tan\beta}\right) \qquad (4)$$

Este índice é definido pelo logaritmo natural da razão entre a área específica (A_s) e a tangente do ângulo β (em graus). A equação 04 mostra que o índice de umidade, igualmente ao índice corrente de máximo fluxo, é função apenas de β. Entretanto, o ω não varia somente com a função tangente, mas, também, com o logaritmo natural. Assim, além das observações feitas para o índice de corrente de máximo fluxo, é adicionada, para o índice de umidade, a seguinte restrição: $0^0 < \beta < 90^0$. Quando β aproxima de 0^0, o limite dessa função (equação 4) tende a infinito e, quando β aproxima de 90^0, o limite tende a zero. O significado físico desse comportamento é que quanto mais plana for a superfície ($\beta \to 0$) mais úmido é o solo (valores elevados de ω) portanto, mostra-se útil na identificação de solos com caráter hidromórfico.

Índice capacidade de transporte de sedimentos (τ)

$$\tau = \left(\frac{A_s}{22.13}\right)^m \left(\frac{sen\beta}{0.0896}\right)^n \qquad (5)$$

onde m e n são constantes com valores, respectivamente, de 0.6 e 1.3.

Este índice também é função apenas de β, porém, se m e n forem mantidos constantes varia com uma senoidal, conforme aponta a equação 05. Como se trata de elevação de superfície, as restrições, nesse caso, são apenas da condição de existência de β, ou seja, $0^0 \le \beta \le 90^0$. Assim, quanto maior a declividade, maior é a capacidade de transporte de sedimentos e, por conseqüência, os solos formados nessa condição serão menos desenvolvidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa preliminar de solos foi elaborado a partir de metodologia tradicional de levantamento. As unidades de mapeamento delineadas foram organizadas em nível de ordem, estando presentes na bacia estão: Cambissolos, Latossolos, Associação Latossolos + Cambissolos e solos de caráter hidromórfico (Organossolos + Gleissolos), (Figura 4a).

O índice corrente de máximo fluxo (Ω) foi discretizado em quatro classes: 0-5 (Ω1), 6-15 (Ω2), 16-30 (Ω3) e 31-152 (Ω4). Essa classificação foi orientada nas declividades da área e unidades de solos já mapeadas, onde foi observado que os menores índices estão associados, principalmente, a áreas de baixada e várzea, onde ocorrem, predominantemente, solos hidromórficos e semi-hidromórficos. Os solos hidromórficos são solos com gênese relacionada à saturação hídrica plena durante períodos significativos no ano, com subseqüente morfologia expressa por processos de redução (gleização e/ou mosqueados) dentro de 50 cm de profundidade. Os semi-hidromórficos são solos cuja formação está relacionada à presença do caráter gleico, eventualmente podendo ser identificado o regime hídrico de saturação plena do solo, porém em curtos períodos do ano (Curcio, 2006).

Nos pedimentos inferiores ou nas partes elevadas, em interflúvios preservados, com predomínio de Latossolos e Cambissolos Latossólicos, também predominam valores baixos do índice. Os valores mais elevados coincidem com vertentes mais declivosas, encontrando-se, normalmente, nessas superfícies, solos mais jovens e/ou menos evoluídos, tais como os Cambissolos. Os índices com valores intermediários situam-se nas declividades moderadas com ocorrência de Associações de Latossolos + Cambissolos. Estes solos são caracterizados por Curcio (2006) como não-

hidromórficos, isto é, com gênese relacionada à não-saturação hídrica.

Na área estudada, verificou-se que a intersecção dos valores discretizados do índice, com valores mais baixos, (classe Ω1) está 63,16% coincidente com os limites dos solos de caráter hidromórficos identificados no mapeamento convencional. Os Cambissolos encontram-se 56,48% na (classe Ω3), enquanto que os Latossolos encontram-se 62,25% na classe Ω3 e a Associação Latossolos + Cambissolos estão distribuídos nas classes Ω2, e Ω3. A classe Ω4, não teve significativa intersecção com nenhuma das classes de solos, pois o relevo da região é predominantemente suave ondulado a ondulado, representando o modelamento de rampas desenvolvidas sobre a Formação Guabirotuba (Curcio et al., 2006).

Os valores do índice de umidade (ω) foram discretizados em dois intervalos entre 0 a 11 e denominado como ω1, e os valores superiores a 11 como ω2. Outras classificações não apresentaram relações adequadas com os solos mapeados na área, principalmente os de caráter hidromórfico, portanto, nesses intervalos, observou-se uma estreita relação da classe ω2 com solos de várzea, com características hidromórficas e semi-hidromórficas, e a classe ω1 com solos não-hidromórficos. Moore et al. (1993), encontraram significativa correlação entre o ω com os atributos do solo medidos, onde este índice, juntamente com a declividade, contribuiu para explicar aproximadamente metade da variabilidade na espessura do horizonte A, teor de matéria orgânica, pH, P extraível e teores de silte e areia. Uma vez que, a delimitação das unidades de mapeamento de solos se orienta nas características do meio físico e nas propriedades dos solos, este índice pode auxiliar na delimitação de unidades de mapeamento e melhorar limites de mapas pré-existentes.

As classes do ω sobrepostas às unidades mapeadas de solos de forma convencional demonstraram intersecção de 72% dos solos de caráter hidromórfico com a classe ω2. Lima (2005), observou que as unidades de solos com características de hidromorfia ocupavam áreas amplas e aplainadas em diversas fisionomias das planícies aluviais da bacia do rio Canguiri. Outrossim, destaca que o relevo destas unidades de mapeamento é predominantemente plano.

Em relação aos solos não hidromórficos, 97% dos Cambissolos, 83% dos Latossolos e 100% da Associação Latossolo + Cambissolo apresentaram intersecção com a classe ω1. Os Latossolos fazem limite com as unidades de solos de caráter hidromórfico e, localizam-se também em relevo plano (Lima, 2005), por isso, essa unidade, apresentou menor percentual de intersecção com a classe ω1, enquanto que os Cambissolos e Associação Latossolos + Cambissolos obtiveram maior percentual de sobreposição com ω1. Por outro lado, estes se localizam em posições mais elevadas e inclinadas das vertentes. Segundo Lima (2005) os Cambissolos se localizam em encostas com relevo predominantemente ondulado e nos interflúvios relativamente estreitos, onde não há, em geral, condições para a formação de solos mais evoluídos, como os Latossolos.

Os valores do índice capacidade de transporte de sedimentos foram separados em cinco classes: 0 (τ1), 1 (τ2), 2-3 (τ3), 4-6 (τ4) e 7-44 (τ5) e para tanto, considerou-se os mesmos aspectos adotadas na discretização do índice de corrente de máximo fluxo.

As classes do índice de capacidade de transporte de sedimentos foram sobrepostas às unidades de solos mapeadas de forma tradicional. Obteve-se intersecção de 43,49% e 43,04% dos solos de caráter hidromórfico com as classes τ1 e τ2. Intersecção de 43,27% dos Cambissolos com a classe τ4, 39,97% e 39,06% dos Latossolos com as classes τ2 e τ3, respectivamente. Intersecção de 34,20% e 30,74% da Associação Latossolo + Cambissolo com as classes τ3 e τ4, respectivamente.

Os índices com valores superiores coincidem com vertentes mais declivosas, encontrando-se normalmente nessas superfícies solos mais jovens e/ou menos evoluídos, como Cambissolos. Os índices com valores intermediários localizam-se nas declividades moderadas e pequenas com ocorrência de Latossolos e Associações de Latossolos + Cambissolos, concordando com Lima (2005) que afirma, os Latossolos são encontrados em pedimentos amplos, entre as encostas e a planície aluvial. Os valores mais baixos desse índice estão associados com solos de caráter hidromórfico.

Pela identificação de atributos da paisagem, os solos são agrupados em unidades de mapeamento preliminares as quais acredita-se conter solos similares (Hudson, 1992). A posição do solo na paisagem pode ser considerada uma aproximação geográfica para classificação, na qual combinações de atributos superficiais e estratigráficas são usadas para identificar solos na paisagem (Ruhe, 1956). Assim, é possível deduzir que uma classe taxonômica de solos contém atributos que são correlacionados com a forma da paisagem e/ou outro atributo superficial identificável dentro da paisagem particular do solo (Young & Hammer, 2000). Considerando as afirmações acima, a definição de pedoformas predominantes, que constitui as unidades preliminares de mapeamento de solos, com a utilização dos índices secundário do relevo, foi obtida por meio da interseção entre os índices.

As pedoformas, unidades de solos de caráter hidromórfico, foram obtidas da integração da classe ω2 com as classes Ω1 e Ω2. As unidades de Cambissolos foram obtidas pela integração entre as classes ω1, Ω3, Ω4, τ4 e τ5. As pedoformas de Latossolos resultaram da integração das classes ω1, Ω2, Ω3, τ2 e τ3 e, as demais áreas que não foram contempladas pelas combinações já mencionadas representam paisagens de solos não caracterizadas pelos índices aqui propostos (Figura 4b).

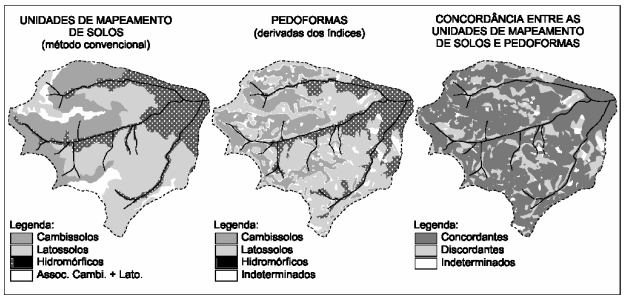

Figura 4 - Comparação entre: unidade de mapeamento de solos (a), pedoformas (b), concordância entre as unidades (c).

Portanto, a análise dos atributos topográficos secundários derivados de MDE resultou em unidades preliminares de mapeamento de solo, seguindo a recomendação de Moore et al. (1993), que indicam a utilização da análise de MDE, derivando índices de relevo, como primeira etapa nos levantamentos de solos, destacando que são úteis tanto na amostragem, como no desenvolvimento de modelos de localização de pedoformas. Irvin et al. (1997), demonstraram também utilização de atributos derivados de MDE e sua classificação para a delimitação automática de geoformas e concluíram que, o uso de métodos de classificação numérica para identificação destas provou ser uma técnica promissora.

Ippoliti et al. (2005), concluem que o principal mérito da análise digital do terreno foi a maior eficiência obtida no trabalho de campo, após a realização de uma classificação digital preliminar, em virtude de um modelo de ocorrência de solos previamente conhecido. Contudo, ressaltam a importância da checagem de campo, de modo não só observar as variações não evidentes no material cartográfico, mas também promover ajustes necessários.

Para averiguar a adequabilidade da delimitação das unidades preliminares (pedoformas), geradas a partir dos índices, foram avaliadas 49 amostras de campo, bem como uma análise de concordância com o mapa de solos elaborado por metodologia convencional.

As amostras de solos avaliadas (Figura 5) que coincidem com a delimitação da unidade de solos de caráter hidromórfico são: 9, 32, 43, 47 e 49. Destas, as amostras 9 e 32 não correspondem aos solos dessa unidade, sendo a primeira um Cambissolo Háplico Alumínico Tb Distrófico típico e a segunda um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico câmbico, isso ocorreu por que tais amostras estão nos limites entre as duas unidades de mapeamento. O mesmo ocorre com as amostras: 44, 45 e 46 que correspondem a Gleissolo Melânico Alumínico típico e, a amostra 48, que corresponde a Organossolo Mésico Sáprico típico, que não coincidiram com a unidade mapeada de caráter hidromórfico, porém estão situadas nos limites da unidade.

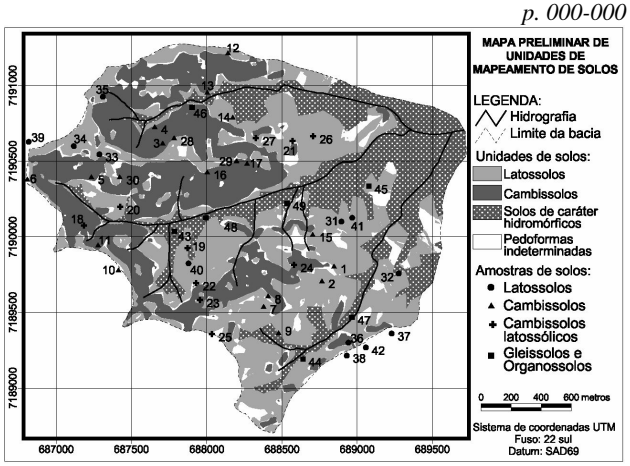

Figura 5 – Mapa Preliminar de Unidades de Mapeamento de solos da bacia do rio do Corvo, com base nas pedoformas resultantes dos índices topográficos.

Na pedoforma delineada como unidade de Cambissolos as amostras analisadas que coincidiram com este delineamento foram: 3, 4, 5, 11, 16 17, 18, 23, 28 e 29. Uma das amostras, 36, corresponde a um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico câmbico, que pode ser considerada como uma inclusão nessa unidade de mapeamento. Outrossim, é importante salientar que, sobre a Formação Guabirotuba, os Cambissolos e Latossolos ocorrem concomitantemente em relevo aplainado e são morfologicamente semelhantes, sendo que o segundo se diferencia, quase que exclusivamente, por apresentar CTC < 17 cmolc/kg de argila. Nesse sentido, Lima (2005) comenta que Cambissolos tem comportamento próximos a Latossolos em termos de risco a erosão, apesar de ter argila de atividade alta (Ta) e não possuir estrutura tão desenvolvida, principalmente pelo fato destas unidades de solos serem bem drenados, profundos e estarem localizados em relevo suave ondulado.

Na pedoforma delineada como Latossolo, as amostras coincidentes a essa classe são: 31, 33, 34, 40 e 41. Notou-se que dentre as amostras, os Cambissolos com caráter latossólico foram inclusos em grande número nessa unidade, amostras: 19, 20, 21, 24, 26 e 27. Tais solos, Cambissolos com caráter latossólico, apresentam horizonte B incipiente, porém com características similares às do B latossólico.

A unidade dos Latossolos apresentou ainda intersecção com amostras de Cambissolo Háplico Alumínico Ta Distrófico típico, Cambissolo Háplico Alumúnico Tb Distrófico típico e Cambissolo Háplico Alumínico típico, nas amostras: 1, 2, 7, 8, 12, 13, 14 e 15. A presença dessas inclusões demonstra limitação dos índices aqui adotados e indicam a necessidade de utilizar outros atributos da paisagem para uma melhor delimitação entre os Latossolos e Cambissolos sobre a Formação Guabirotuba. Outrossim, indicam que, estes índices não são suficientes para distinção dessa unidade de solos na área estudada. Esses resultados concordam com a afirmação de Nanni e Rocha (1997) que, torna-se cada vez mais necessário introduzir, na pesquisa cartográfica dos solos, elementos que possam auxiliar os

procedimentos básicos de delimitação das unidades de paisagem, permitindo-se a redução da subjetividade nessa tarefa. Por outro lado, é importante observar que, a cartografia tradicional de solos é baseada num modelo discreto da variabilidade espacial do solo, onde esse modelo assume que os tipos de solos mudam abruptamente em seus limites. Nesse sentido, a adoção de um modelo contínuo que assume que o solo varia gradualmente no espaço poderia ser adotado para uma predição mais adequada dos solos nessa bacia.

Na unidade caracterizada como classe indeterminada, ocorrem quatro amostras: a 6 que representa o Cambissolo Háplico Alumínico Tb Distrófico típico, 22 que corresponde a Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico, 30 Cambissolo Húmico Distrófico típico e 35 com Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico câmbico.

Após o delineamento preliminar das pedoformas, com os índices utilizados, foi possível uma avaliação deste mapa com o de unidades de mapeamento de solos. Foi observada uma concordância de 66% e, discordância de 23,3%. Outrossim, houve também 10,7% de áreas que os índices não conseguiram ser caracterizadas (Figura 4c).

4 CONCLUSÕES

O uso dos índices propostos para a separação e delimitação das pedoformas se demonstrou satisfatório para o objetivo estabelecido, tornando a delineação menos subjetiva, uma vez que as unidades preditas coincidiram com um significativo número de amostras de campo. Assim a delimitação preliminar de unidades de mapeamento de solos, orientadas nos índices secundários do relevo, demonstrou coerência.

Os solos descritos através do levantamento de campo puderam confirmar a homogeneidade da maioria das unidades definidas pela metodologia.

O uso exclusivo dos índices secundários demonstrou ser insuficiente, principalmente, na distinção entre os Latossolos e Cambissolos sobre a Formação Guabirotuba, sendo necessário, considerar outras variáveis ambientais.

Pela implementação da técnica aqui adotada, o levantamento de solos pode ser facilitado, pois através dela é possível determinar quais áreas necessitam de um trabalho de campo mais intensivo, como também reduzir exigências de amostragens dentro de área homogêneas e delinear unidades de paisagem objetivamente onde há uma correspondência grande entre os atributos do terreno e os solos. Igualmente, pode prover bases para extrapolação da informação gerada para áreas assemelhadas, bem como prover uma base consistente e repetível para investigação da relação solos paisagem.

REFERÊNCIAS

BOCKHEIN, J.G.; GENNADIYEV, A.N,; HAMMER, R. D.; TANDARICH, J. P. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, v. 24, p. 23-36, 2005.

CAMPOS, M.C.C.; CARDOZO, N.P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos de pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, 2006.

CURCIO, G, R.; BONNET, A.; PESTANA, D.; SOUZA, L.; SOCHER, L.G.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Compartimentação topossequencial e caracterização fitossociológica de um capão de floresta ombrófila mista. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n.3, p. 361-369, 2006.

CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** 2006. 488p. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306p, 2006.

HUDSON, B. D. The soil survey as paraidgm-based science. **Soil Science Society American Journal**, v. 56, p.836-841, 1992.

IPPOLITI,G.A.; COSTA,L.M.; SCHAEFER,C.E.G.R.; FERNANDES FILHO,E.I.; GAGGERO,M.R.; SOUZA,E. Análise digital do terreno: Ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de "Mar de Morros" (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.2, p.269-276. 2005.

IRVIN, B. J.; VENTURA, S. J.; SLATER, B.K. Fuzzy and Isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant alley. **Geoderma**, v. 77, p. 137-154, 1997.

JENNY, H. **The soil resource: Origin and behavior. Ecology student**. Springer-Verlag, New York. v. 37, 1980.

KLINGEBIEL, A. A.; HORVARTH, E. H.; MOORE, D. G.; REYBOLD, W.U. Use of slope, aspect, and elevation maps derived from digital elevation model data in making soil surveys. **Soil Science Society of America**. SSSA Special Publication. n.20, p.77-90, 1987.

LIMA, M.R. **Atributos de solos e macrófitas aquáticas flutuantes: uma contribuição a sustentabilidade agrícola e ambiental na bacia do rio Iraí (PR)**. 2005. 111p. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MOORE,I.D.; GRAYSON,R.B., LADSON,A.R. Digital terrain modeling: A review of Hydrological, geomorphological an biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 3-30, 1991.

MOORE, I.D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G.A.;PETERSON, G.A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal**. v. 57, p. 443-452, 1993.

NANNI, M. R.; ROCHA, H.O Integration of GIS technology, remote sensing and multivariate analysis in the delimitation of physiographic units for pedological mapping. **Boletim do Instituto de Geociências – USP**, Série científica, v. 28, p. 129-143, 1997.

PARK, S. J.; BURT, T.P. Identification and Characterization of pedogeomorphological process on a hillslope. **Soil Science Society American Journal**, v. 66, p. 1897-1910, 2002.

RUHE, R.V. Geomorphic sufaces and the nature of soils. **Soil science**, v. 82, p. 441-455, 1956.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.

SUGAMOSTO, M.L. **Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola e avaliação da adequação de uso do Centro de Estações Experimentais do Canguiri, município de Pinhais - PR.** 2003. 133p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

YOUNG, F. J. & HAMMER, R. D. Defining geographic soil bodies by landscape position, soil taxonomy, and cluster analysis. **Soil Science Society American Journal**, v. 64, p. 989-998, 2000.