

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DO SOLO DE BACIA HIDROGRÁFICA ATRAVÉS DA SISTEMATIZAÇÃO DA EUPS NO SPRING

Júlio Caetano TOMAZONI & Elisabete GUIMARÃES

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Pato Branco. Via do Conhecimento, km 01. CEP 85503-390. Pato Branco, PR. Endereços eletrônicos: caetano@utfpr.edu.br; guimaraes@utfpr.edu.br.

Introdução

Materiais e Métodos

Metodologia Para Calcular as Perdas de Solo Toleráveis (Pt)

Metodologia Para Determinar o Fator R

Metodologia Para Determinar o Fator K

Metodologia Para calcular o Fator LS

Metodologia Usada Para Determinar o Fator CPT – Capacidade de Uso

e Práticas Conservacionistas Toleráveis

Resultados e Discussões

Conclusões

Referências Bibliográficas

RESUMO – Este trabalho é uma contribuição para determinação da capacidade de uso do solo, através da sistematização da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo no Sistema de Informação Geográfica, SPRING. As pesquisas foram desenvolvidas na pequena bacia hidrográfica do rio Jirau, localizada no município de Dois Vizinhos, no Sudoeste do Paraná. Para determinar as classes de capacidade de uso do solo, foi efetuada a ponderação entre as perdas toleráveis para cada tipo de solo, em relação aos fatores físicos da EUPS. A partir desses resultados, obtiveram-se, para cada ponto da bacia, a identificação do tipo de uso que pode ser feito e as práticas conservacionistas que devem ser utilizadas. O produto final é a elaboração de uma carta de capacidade de uso do solo, apresentando sete classes diferentes para uma bacia.

Palavras-chaves: Classes de capacidade de uso; bacia hidrográfica; erosão; morfodinâmica; Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT – *J.C. Tomazoni & E. Guimarães - Determination of the capacity of soil use of watersheds through systematization of use in SPRING.* This work is a contribution to determining the capacity of use of the soil, through the USLE systematization - Universal Soil Loss Equation In The Gis (Geographic Information System) - SPRING. the researches were developed in the small Jirau river watersheds, located in the in Dois Vizinhos district, southwestern paraná. for determining the classes of capacity to use soil, it was carried out a pondered among the tolerable loss for each kind of soil in relation to the physical factors of USLE. Of these results we got for each point of the basin, the identification of the kind of using that it be done end the conservation practices that must be used. The final product is the drafting of a letter of ability to use soil, featuring seven different classes for a watershed.

Keywords: Use capacity classes, watersheds, erosion; morphodynamic; Geographic Information System.

INTRODUÇÃO

Esse trabalho é uma contribuição sobre a sistematização da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos, no SIG – Sistema de Informação Geográfica, SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, com a finalidade de caracterizar as classes de capacidade de uso do solo em pequenas bacias hidrográficas.

Nessa perspectiva, o estudo contribui na estruturação dos métodos para levantamento utilitário de bacias hidrográficas e para classificar a cobertura pedológica dentro de sua capacidade de uso, direcionando todas as atividades e práticas conservacionistas para o desenvolvimento de uma agropecuária com impactos ambientais reduzidos. A bacia é estudada em uma contextualização, que integra os recursos naturais, solo, água, flora, fauna, uso e ocupação, utilizando, como

ferramenta principal, o SIG – Sistema de Informação Geográfica, SPRING.

Os estudos foram realizados na bacia hidrográfica do rio Jirau, com área de 2.472,53 ha, localizada no município de Dois Vizinhos, no Sudoeste do Estado do Paraná (Figura 1). A geologia da bacia se caracteriza por Rochas basálticas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral. Os solos são: LVd - Latossolo Vermelho Distrófico, LVe - Latossolo Vermelho Eutrófico, NVe - Nitossolo Vermelho Eutrófico, MXf - Chernossolo Háptico Férrico, CXE Cambissolo Háptico Eutrófico e RLe - Neossolo Litólico Eutrófico. O clima predominante na bacia é o Cfa - Clima mesotérmico superúmido. O relevo é suave ondulado a ondulado. A forma de vertente predominante na bacia é a côncavo-convexa, se apresentando de forma medianamente alongada.

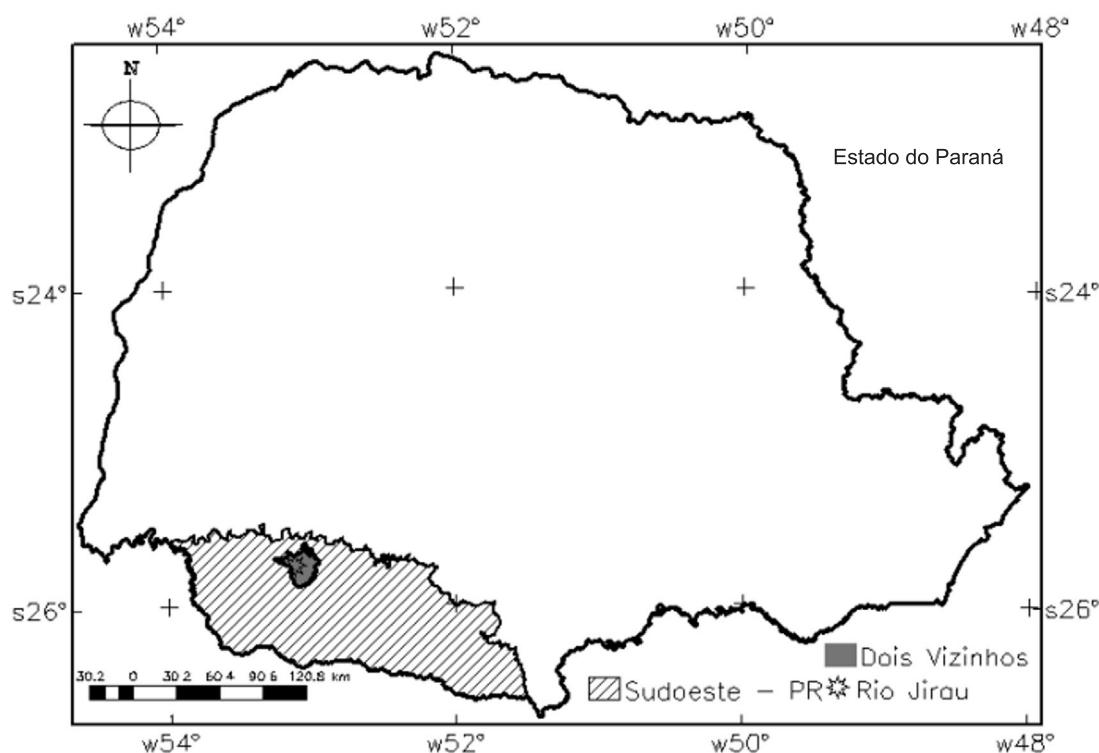


FIGURA 1. Localização da bacia, no Sudoeste do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Capacidade de Uso do Solo, da bacia foi determinada, através dos fatores físicos da Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS, proposta por Wischmeier & Smith (1965), segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), através do desenvolvimento de uma sistemática completa de cálculos no software SPRING. Para isso, as perdas toleráveis para cada tipo de solo, foram ponderadas, com os fatores R, K e LS da EUPS.

A equação é assim expressa:

$$A = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

onde: A= perda média anual de solo em tonelada por ha; R= erosividade das chuvas; K= erodibilidade do solo; LS= fator declividade e comprimento de rampa; C= forma de uso e manejo; P= práticas conservacionistas usadas.

METODOLOGIA PARA CALCULAR AS PERDAS DE SOLO TOLERÁVEIS (Pt)

O primeiro passo foi determinar as perdas toleráveis para cada tipo de solo, através do método proposto por Bertoni & Lombardi Neto (1990). Para os cálculos do peso do solo por hectare, foram levados em consideração os fatores: profundidade, relação

textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais e densidade.

A profundidade máxima admitida para desenvolvimento radicular foi 1 m. Relação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais é a relação textural entre esses horizontes que afeta a infiltração e a permeabilidade do solo. Com base na relação textural, estabeleceu-se o seguinte critério para cálculo do peso de solo: quando a relação textural era menor do que 1,5 considerou-se o peso e a espessura total por hectare; de 1,5 a 2,5 considerou-se 75% do peso e da espessura e, maior que 2,5 considerou-se apenas 50% do peso e da espessura. Para se obter a relação textural entre os horizontes, foi verificada a proporção do percentual de argila em cada um. O tempo considerado para desgastar aquela superfície foi de 1.000 anos, portanto, dividindo-se o peso do solo de um hectare por 1000 anos, se obteve as perdas toleráveis por ano. Não foi considerado o processo de formação de solo no período.

METODOLOGIA PARA DETERMINAR O FATOR R

Para quantificar esse fator, inicialmente as isolinhas de precipitação média anual foram extraídas através de vetorização (AutoCAD) do Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, 1:2.000.000, SUDERHSA

(1998) e incorporadas ao banco de dados da bacia hidrográfica do rio Jirau. Obtida a precipitação média

da bacia, desenvolveu-se o Programa 1 (Figura 2), para determinar do Fator R da EUPS, gerando o Fator R.

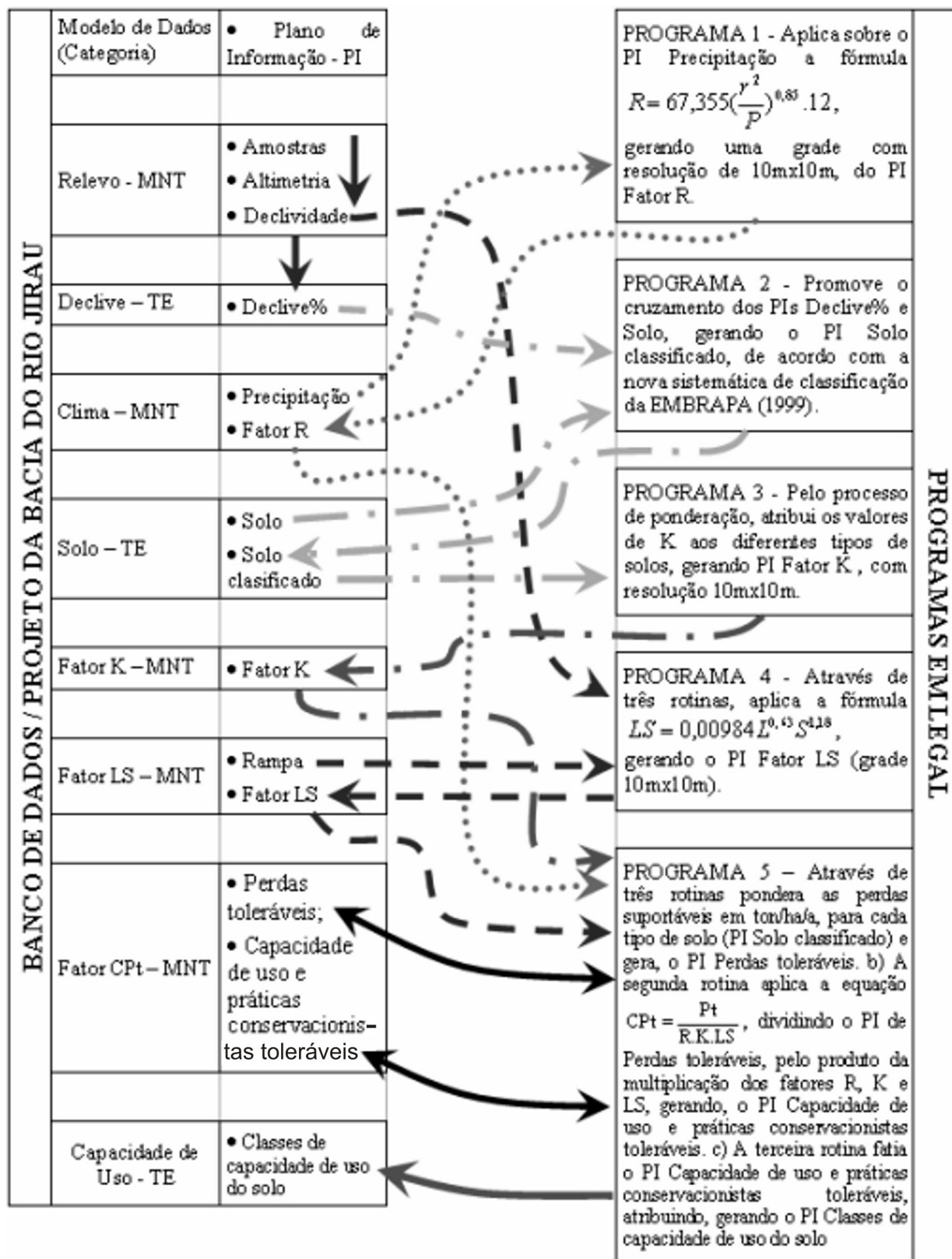


FIGURA 2. Fluxograma com a estrutura do banco de dados da bacia do rio Jirau e programas em legal, desenvolvidos para sistematização da USLE, para determinar as classes de capacidade de dos solos da bacia do rio Jirau.

A rotina de cálculos sistematizada no Programa 1 (Figura 2), foi fundamentada nas Equações 2 e 3, extraídas de Bertoni & Lombardi Neto (1990).

$$R = 67,355 \cdot \left(\frac{r}{P}\right)^{0,85} \cdot 12 \quad (2)$$

onde: R = Erosividade da chuva em MJ/ha - mm/ano; r = a precipitação média mensal em milímetro; P = precipitação média anual mm/ano; 12 (doze) meses do ano.

METODOLOGIA PARA DETERMINAR O FATOR K

Inicialmente, com base nos trabalhos de Lemos & Santos (1984), Vieira & Vieira (1983), Larach et al. (1984 a, b) e EMBRAPA (2006) efetuou-se, um reconhecimento prévio de campo, dos tipos de solos, que ocorriam na bacia. Na seqüência, vetorizou-se o mapa de solos (em AutoCAD), incluindo-o ao banco de dados da bacia do rio Jirau.

Para atualizar a classificação pedológica anterior para o novo sistema da EMBRAPA (2006), em tipos específicos de solos, foi desenvolvido o Programa 2 (Figura 2), no ambiente SPRING em Linguagem Legal, que fosse capaz de associar o sistema anterior de classificação de solos, com a declividade e converter essas informações na nova classificação da EMBRAPA (2006).

Efetuar-se incursões na bacia, para coleta de amostras de solos do horizonte A até 30 cm de profundidade. O material coletado foi analisado pelo Laboratório de Solos da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Pato Branco / IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná, e quantificadas as características físico-química dos solos.

Com base nas análises físicas e químicas dos solos da bacia e com os solos classificados se acordo com a EMBRAPA (2006), já devidamente incorporada ao banco de dados da bacia, previamente se identificou o Fator K de cada solo, pela Equação 3 citada por Larios (2003).

$$K = (0,0061 * P) + (0,0083 * MO) - (0,0012 * Al_2O_3) - (0,0004 * AR) \quad (3)$$

onde: K é expresso em t/ha h/ha MJ mm; P é a permeabilidade do solo em cm/h; MO é o teor de matéria orgânica em %; Al₂O₃ é o teor de óxido de alumínio em %, extraído por ácido sulfúrico; AR é o teor de partículas em %, entre 2 e 0,5mm.

Pelo processo de ponderação, usando o Programa 3 (Figura 2), foi atribuído espacialmente os valores de K

aos diferentes tipos de solos, gerando na categoria Fator K – MNT, o PI Fator K.

METODOLOGIA PARA CALCULAR O FATOR LS

Para determinação do fator L, levou-se em conta a inclinação ou declividade natural e as características físicas dos solos e, foram atribuídos os comprimentos de rampas de acordo com a distância entre terraços das práticas mecânicas. Essa distância entre terraços pode ser medida pela diferença entre dois terraços num plano vertical ou pela distância entre eles na horizontal, no caso usou-se a horizontal.

Para determinar o S foram incorporados, no ambiente SPRING, os arquivos vetoriais que continham as curvas de níveis devidamente cotadas. As curvas de níveis foram digitalizadas a partir das Cartas Geográficas SG 22-V-C-IV-4 (MI 2848/4) e SG 22-V-C-V-3 (MI 2849/3), 1:50.000. As curvas de níveis na condição de amostras foram submetidas a uma seqüência de tratamento no SPRING, para possibilitar a total interpretação das características topográficas da bacia.

Existem vários métodos para cálculo das distâncias entre terraços, mas optou-se pelas Equações 4 e 5, descritas por Bertoni & Lombardi Neto (1990).

$$EV = 0,4518 \cdot K \cdot D^{0,85} \quad (4)$$

onde: EV = espaçamento vertical entre os terraços em m; D = declividade do terreno em %; K = fator que depende do tipo de solo, sendo: 0,835 para solos arenosos e 0,954 para solos argilosos.

O espaçamento horizontal entre os terraços é calculado pela fórmula:

$$EH = \frac{EV \cdot 100}{D} \quad (5)$$

onde: EH = espaçamento horizontal, em m; EV = espaçamento vertical, em m; D = declividade do terreno, em %.

Para determinação dos gradientes dos terraços, foi utilizada a tabela proposta por Bigarella & Mazuchewski, (1985). Para cálculo do fator crítico do LS, desenvolveu-se o Programa 4 (Figura 2), com duas rotinas de cálculos sistematizada no programa foi fundamentada na Equação 6.

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (6)$$

onde: L = Comprimento de rampa em m; S = declive em %.

METODOLOGIA USADA PARA DETERMINAR O FATOR CPT – CAPACIDADE DE USO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS TOLERÁVEIS

Definidos os fatores R, K e LS, foram iniciados os procedimentos para cálculo da capacidade de uso e práticas conservacionistas toleráveis e determinação final das classes de capacidade de uso do solo na bacia.

Para cálculo da CPT, foi desenvolvido o Programa 5 (Figura 2), com três rotinas: a primeira rotina pondera as perdas suportáveis em t/ha/a para cada tipo de solo; a segunda rotina, divide as perdas toleráveis, pelo produto da multiplicação dos Fatores R, K e LS, e gera a matriz Capacidade de Uso e Práticas Conservacionistas Toleráveis.

A rotina de cálculos sistematizada no Programa 5 foi adaptada de São Paulo (1989), com base na Equação 7.

$$CPT = \frac{Pt}{R.K.LS} \quad (7)$$

onde: CPT - capacidade de uso e prática conservacionista tolerável; Pt - perda de solo tolerável para cada tipo de solo (PI Perdas toleráveis); R, K, e LS - fatores da EUPS, correspondendo respectivamente aos PIs Fator R, Fator K e Fator LS.

A terceira rotina fatia a matriz Capacidade de Uso e Práticas Conservacionistas Toleráveis, atribuindo, para cada intervalo, uma classe de capacidade de uso do solo de I a VII. Nessa rotina as áreas de preservação permanente são incorporadas na classe VII. O produto final é a geração Mapa de Classes de Capacidade de Uso do Solo (Figura 3).

Os intervalos de CPT que correspondem a cada classe foram previamente estudados e calculados em ambiente Excel, através da ponderação dos fatores CPT, K e LS. Em seguida, a partir de pesquisa bibliográfica em Lepsch et al. (1991), Bertoni & Lombardi Neto (1990) e Vieira & Vieira (1983), efetuou-se a caracterização de sete classes de capacidade de uso existentes na bacia. Nessas classes são descritas as características físicas (solo, relevo, etc.) das áreas, formas de uso e práticas exigíveis para o enquadramento.

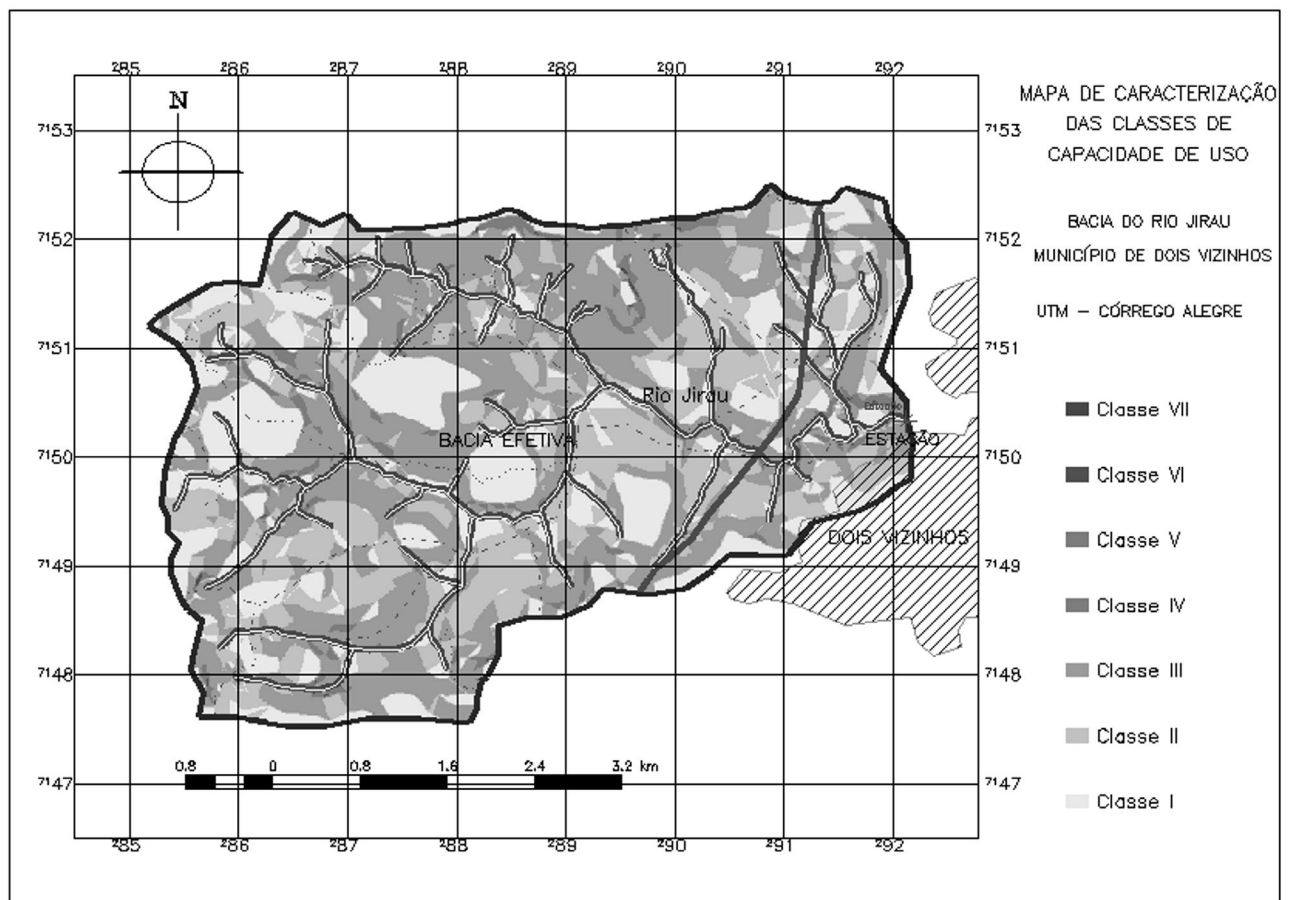


FIGURA 3. Classes de Capacidade de Uso do Solo da Bacia do Rio Jirau.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para determinação da capacidade de uso, tomou-se, por base, a redução do processo erosivo para níveis aceitáveis em perdas de solo por erosão laminar. Esse processo, uma vez controlado, também controlará a erosão em sulcos e ravina, que, na grande maioria das vezes, resulta de uma ação em cadeia. Para isso é indispensável o uso de práticas conservacionistas, que permitam a exploração racional do solo, proporcionando altas produtividades ao longo de períodos agrícolas, assegurando uma maior sustentabilidade do sistema.

Os fatores RKLS dependem das características naturais, enquanto que o C e o P estão relacionados com as formas de ocupação e uso da terra. A mudança na forma de atuação dos primeiros depende de alterações ambientais como mudanças climáticas ou erosões importantes, que possam alterar a topografia, por exemplo. Porém, o CP pode ser alterado segundo as formas de ocupação e uso das terras e as práticas conservacionistas. Através da Capacidade de uso e práticas conservacionistas toleráveis - CPt, pode-se diminuir a intensidade de atuação das chuvas, protegendo melhor o solo com plantas que proporcionem uma cobertura melhor e evitem o desgaste de solos mais erodíveis. As práticas mecânicas, por exemplo, diminuem o comprimento de rampa, de acordo com o tipo de solo, impedindo que a água circule superficialmente por um espaço maior, diminuindo o escoamento superficial.

Esses dois fatores (CP – Capacidade de uso e Práticas Mecânicas), combinados possibilitam redimensionar a capacidade de uso da bacia, levando em conta seus potenciais naturais (clima, relevo, solo) e identificando as formas de uso e as práticas conservacionistas adequadas, para que seja possível explorar o solo por longo período de tempo sem provocar seu depauperamento.

A erosividade das chuvas (R) mínima, média e máxima na bacia do Jirau são respectivamente de 7.062,14, 7.141,26 e 7.197,62 MJ/ha - mm/ano. Bigarella & Mazuchewski (1985) elaboraram mapa de erosividade da chuva para o Estado do Paraná e os valores determinados para o Sudoeste do Paraná ficaram entre 7770 e 8880 MJ/ha - mm/ano, superiores ao que foi encontrado. Os valores não são iguais porque os períodos em que foram consideradas as precipitações são diferentes.

A erodibilidade dos solos (K) da bacia (Tabela 1), indica baixa erodibilidade. Os menos erodíveis são os Latossolos, que são mais intemperizados e profundos. À medida que o grau de maturidade e profundidade vai diminuindo, o grau de erodibilidade vai aumentando. Dessa forma, na seqüência aparecem os Nitossolos,

seguidos pelos Cambissolos, Chernossolos e, por último, com maior grau de erodibilidade, estão os Neossolos.

Silva et al. (1999), propõem modelo para estimativa do Fator K para Latossolos brasileiros. Em seus estudos encontraram os valores de K mínimo de 0,002, médio de 0,011 e máximo de 0,034. Portanto, os dados apresentados neste trabalho se enquadram na realidade dos solos brasileiros.

TABELA 1. Distribuição dos Solos na Bacia do Rio Jirau.

| Solo | Área ha | Fator K | % do Total |
|-----------|---------|---------|------------|
| Cxe | 50,84 | 0,05 | 2,06 |
| LVd e LVe | 756,43 | 0,03 | 30,59 |
| MXf | 500,28 | 0,06 | 20,23 |
| Nve | 1152,28 | 0,04 | 46,60 |
| Rle | 12,70 | 0,11 | 0,51 |
| Total | 2472,53 | - | 100,00 |

O comprimento de rampa e grau de declive (LS) foi atribuído, levando-se em conta a inclinação natural do terreno e atribuiu-se o comprimento de rampa de acordo com a distância entre terraços das práticas mecânicas. Dessa forma, reduziu-se drasticamente o espaço de circulação da água. Na Tabela 2 está demonstrado o comportamento do relevo na bacia. Verifica-se que a forma de relevo predominante é o ondulado. Na Tabela 3 constam os comprimentos de rampa e valores de LS calculados.

As perdas de solos toleráveis (Pt) constantes na Tabela 3 demonstram que os solos com maior tolerância às perdas por erosão laminar, são os Latossolos, que suportam uma perda anual de até 17,5 t/ha/a; os Nitossolos estão em segunda colocação, permitindo uma remoção máxima de até 14,4 t/ha/a; já os Cambissolos, por serem mais rasos, suportam uma perda máxima de

TABELA 2. Declividade em % na bacia do Rio Jirau (Lepsh et al., 1991).

| Declive % | Área ha | % da Área |
|-----------|---------|-----------|
| 0 a 3 | 451,84 | 18,27 |
| 3 a 8 | 558,99 | 22,61 |
| 8 a 16 | 980,91 | 39,67 |
| 16 a 30 | 421,63 | 17,05 |
| 30 a 65 | 58,34 | 2,36 |
| 65 a 100 | 0,73 | 0,03 |
| > 100 | 0,09 | 0,00 |
| Total | 2472,53 | 100,00 |

TABELA 3. Perdas de Solos Toleráveis em toneladas por hectare por ano e parâmetros utilizados.

| Solo | Dados Físicos | | | | | | |
|---------|---------------|-------|------|------|------|-------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| LRd (*) | 78 | 83,3 | 1,06 | 100 | 1,75 | 17500 | 17,5 |
| TRd (+) | 48 | 74,5 | 1,55 | 82,5 | 1,75 | 14437 | 14,4 |
| Re (a) | 45 | - x - | >1 | 35 | 1,75 | 6125 | 6,12 |
| Ce (-) | 41 | 46 | 1,12 | 50 | 1,75 | 8750 | 8,75 |
| TRe (+) | 48 | 74,5 | 1,55 | 82,5 | 1,75 | 14437 | 14,4 |
| LRe (*) | 78 | 83,3 | 1,06 | 100 | 1,75 | 17500 | 17,5 |
| Ba (X) | 48 | 52 | 1,08 | 50 | 1,75 | 8750 | 8,75 |

Os dados relativos ao teor de argila e profundidade foram extraídos de Larach; J.O.I. et al., (1984), p. (*)274, 279, 335, (+) 368, (X) 566, (-)628, (a) 774 e 767. **I** - Argila no horizonte A (%); **II** - Argila no horizonte B (%); **III** - Relação textural entre os horizontes A e B; **IV** - Profundidade – cm (h); **V** - Densidade g/cm³ (d); **VI** - Peso de Terra t/ha (P) (P=100 . h . d); **VII** - Tolerância perda/ano t/ha (Pt). Pt=P/1000.

até 8,75 t/ha/a; os solos jovens, como o Neossolos, toleram uma perda anual de até 6,12 t/ha/a.

Para classificação das terras, dentro de sua capacidade de uso, com base nos sistemas de classificação proposta por Lepsch et al. (1991), Bertoni & Lombardi Neto (1990) e Vieira & Vieira (1983), foram criadas e adotadas sete classes diferentes, a saber:

- **Terras de Classe I:** são terras cultiváveis, permanentes e seguramente, com colheitas entre médias e elevadas das culturas anuais como milho, soja, feijão, etc. Nessas terras devem ocorrer o emprego de práticas conservacionistas simples, como plantio em nível, construção de terraços de base estreita e rotação de culturas. Não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura, erva-mate e cobertura vegetal florestada ou reflorestada. O solo é profundo e fácil de trabalhar, conserva bem a água e é medianamente suprido de elementos nutritivos. O terreno tem declividade suave, variando, de 0 a 5%, podendo ser amplamente trabalhado por tratores de roda.

- **Terras de Classe II:** terras cultiváveis com lavouras mecanizadas que requerem uma ou mais práticas especiais, como plantio em nível, alternância de capinas e construção de terraços de base larga, para serem cultivadas, segura e permanentemente, com a produção de colheitas entre médias e elevadas das culturas anuais de milho, soja, feijão, trigo. Não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura, erva-mate e cobertura vegetal florestada ou reflorestada. A declividade fica entre 5 e 10%, suficiente para ocorrer enxurrada e provocar erosão, mas permite o trabalho com tratores de roda. O solo vai de profundo a medianamente profundo, tendo boa capacidade de retenção de umidade.

- **Terras de Classe III:** terras cultiváveis, que requerem medidas intensivas ou complexas, a fim de poderem ser cultivadas, segura e permanentemente, com a produção de colheitas entre médias e elevadas de lavouras de culturas anuais como milho, soja, feijão, arroz, mandioca etc. A topografia inclinada, que vai de 10 a 15%, exige cuidados intensivos para controle de erosão. A não ser que os declives sejam muito complexos, a maior parte das máquinas agrícolas moto mecanizadas pode ser usada, mas com dificuldades. O uso de máquinas simples de tração animal pode ser usado sem grandes restrições. Os solos, dessa classe, são facilmente erodíveis, exceto aqueles muito permeáveis e não muito arenosos, como alguns latossolos. As práticas agrícolas recomendadas são a construção de terraços de base larga (2 a 4 m), devidamente espaçado de acordo com as declividades do terreno. Uma vez protegidas por terraceamento, não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura e erva-mate. O uso com cobertura vegetal florestada ou reflorestada não apresenta restrições.

- **Terras de Classe IV:** terras cultiváveis com lavouras manuais de milho, feijão, soja, arroz, etc, protegidas por faixas de proteção da erosão ou cordões de vegetação permanente, sendo imprescindível o uso da técnica de pousio. De forma criteriosa, em algumas áreas podem ser desenvolvidas lavouras de tração animal com as culturas de milho, soja, feijão, arroz, mandioca etc, protegidas por faixas de proteção da erosão (2 a 4 m de largura) ou por muros de pedras desnivelados 80 cm, aradura e plantio em contorno. Uma vez protegidas por faixas de proteção da erosão não apresentam restrições para o uso com pastagem, fruticultura, erva-mate. Não apresenta restrições quanto ao uso com cobertura vegetal natural florestada ou

reflorestada. São de declive íngreme que varia de 15 a 20%, o que torna severo o processo erosivo.

- **Terras de Classe V:** terras que não são cultiváveis com culturas anuais, sendo especialmente adaptadas para fruticultura, com o uso de faixas de proteção da erosão ou muros de pedras e cobertura morta. Uma vez protegidas por faixas de proteção da erosão, não existem restrições para o uso com pastagem e erva-mate. Não apresenta restrições quanto ao uso com cobertura vegetal natural florestada ou reflorestada. De forma criteriosa, podem ser desenvolvidas lavouras manuais de milho, feijão, soja, arroz etc., protegidas por faixas de proteção da erosão ou cordões de vegetação permanente, sendo imprescindível o uso da técnica de pousio em períodos de cultivo alternados de 2 a 3 anos. Apresentam declives de 20 a 45%, e os solos são pouco profundos.

- **Terras de Classe VI:** terras que, além de não serem cultiváveis com culturas anuais, apresentam severas limitações, mesmo para pastagens ou para reflorestamento, exigindo grandes restrições de uso, com ou sem práticas especiais. As pastagens devem ser permanentes, protegidas por faixas de proteção da erosão ou muros de pedras, ou com cordões de vegetação permanente. Não apresenta restrições quanto ao uso com cobertura vegetal natural ou florestada. Em algumas áreas, de forma criteriosa, podem ser desenvolvidas lavouras manuais de milho, feijão, soja, arroz, etc, protegidas por faixas de proteção da erosão ou cordões de vegetação permanente. É imprescindível o uso da técnica de pousio, em períodos de cultivo alternados no intervalo mínimo de 3 em 3 anos. O declive é muito íngreme e vai de 45 a 70%.

- **Terras de Classe VII:** áreas indicadas somente à manutenção da cobertura florestal, com matas florestadas ou reflorestadas de médio a grande porte. Declives extremamente íngremes, superiores a 70 %. Enquadram-se também nessa classe as áreas destinadas por lei à preservação permanente, independente de qualquer característica pedológica, topológica, ou de cobertura vegetal.

- **Enquadramento das classes nas bacias:** determinadas as classes de capacidade de uso, como primeira etapa, conforme Tabela 4, foram combinadas as diferentes formas de uso com as práticas conservacionistas, consideradas adequadas, para a bacia; o

resultado pode promover uma redução no comprimento de rampa de escoamento da água e o uso de cobertura vegetal adequada para cada tipo de solo e característica do relevo.

Na Tabela 4, constam às classes de capacidade de uso e os intervalos dos fatores R, K, LS e Pt que abrangem. Como produto da divisão da Pt pelos fatores R, K e LS, aparece a Cpt - capacidade de uso e práticas conservacionista toleráveis para cada classe de capacidade de uso.

Usando os dados da Cpt da Tabela 4, combinados com as perdas toleráveis da Tabela 3, pode-se identificar para cada ponto da bacia a forma de uso adequada e as práticas conservacionistas recomendáveis. Para cálculos do CPT – capacidade de uso e práticas conservacionistas toleráveis para cada ponto da bacia, usou-se o fator R máximo. É a diferença do fator R, que determina CPTs com valores diferenciados para as condições de K e LS.

Os dados permitiram gerar como produto final, a carta de capacidade de uso do solo (Figura 3). A partir dessa carta, pode-se chegar ao planejamento das atividades agrícolas em cada propriedade, de acordo com os respectivos potenciais individuais, de forma integrada, provocando o mínimo de danos à natureza.

As atividades, para as quais o agricultor será orientado a executar, estarão, em primeiro plano, sincronizadas com a realidade de sua propriedade, e com o mercado de consumo para o qual os produtos serão destinados, vinculando a utilização racional da terra com resultados econômicos satisfatórios e sem prejuízo ao meio ambiente.

Na Tabela 5, verifica-se que as terras das classes I e II, de maiores potencialidades, que se adaptam a todas as formas de uso, abrangem em termos de área, 48,65% da bacia. As terras de classe III, que têm potencial regular, possibilitando o desenvolvimento de agricultura com restrições médias e não apresentam problemas para as demais formas de uso, abrangem 38,46% da bacia. As terras de classe IV e V, com uso restrito à agricultura, sendo sua aptidão mais adequada à pastagem ou outra forma de uso que proteja melhor o solo, abrangem 2,84% da bacia. As terras de classe VI, mais indicadas à manutenção da cobertura florestal e as de classe VII, indicadas somente para a manutenção da cobertura florestal, abrangem 10,05% da bacia. Esses dados comprovam que a bacia do rio Jirau possui bom potencial ao desenvolvimento agrícola.

CONCLUSÕES

O uso do Sistema de Informações Geográficas SPRING na avaliação e monitoramento ambiental na

bacia hidrográfica do rio Jirau mostrou-se uma ferramenta de grande eficiência, no que concerne à caracte-

TABELA 4. Classes de Capacidade de Uso e Prática Conservacionista Tolerável - CPt.

| Classe | Declive S (%) | Comp. rampa L (m) | Fator LS | 0,030 | 0,040 | 0,050 | 0,060 | 0,070 | 0,110 | K |
|--------|---------------|-------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| | | | | 17,5 | 14,4 | 8,75 | 8,75 | 8,75 | 6,12 | Pt |
| | | | | 7197,61 | 7197,61 | 7197,61 | 7197,61 | 7197,61 | 7197,61 | R |
| I | 1 | 43,102 | 0,105 | 0,7691 | 0,4747 | - x - | - x - | - x - | - x - | CPT |
| | 2 | 32,215 | 0,199 | 0,4078 | 0,2517 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 3 | 27,171 | 0,288 | 0,2813 | 0,1736 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 4 | 24,078 | 0,375 | 0,2162 | 0,1334 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 5 | 21,924 | 0,46 | 0,1763 | 0,1088 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| II | 6 | 20,308 | 0,543 | 0,1492 | 0,0921 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 7 | 19,035 | 0,626 | 0,1295 | 0,0799 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 8 | 17,997 | 0,707 | 0,1146 | 0,0707 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 9 | 17,128 | 0,787 | 0,1029 | 0,0635 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| | 10 | 16,387 | 0,867 | 0,0935 | 0,0577 | - x - | - x - | - x - | - x - | |
| III | 11 | 15,700 | 0,945 | 0,0858 | 0,0529 | 0,0257 | 0,0214 | 0,0129 | - x - | |
| | 12 | 15,179 | 1,025 | 0,0791 | 0,0488 | 0,0237 | 0,0198 | 0,0119 | - x - | |
| | 13 | 14,700 | 1,104 | 0,0734 | 0,0453 | 0,0220 | 0,0184 | 0,0110 | - x - | |
| | 14 | 14,227 | 1,18 | 0,0687 | 0,0424 | 0,0206 | 0,0172 | 0,0103 | - x - | |
| | 15 | 13,800 | 1,256 | 0,0645 | 0,0398 | 0,0194 | 0,0161 | 0,0097 | - x - | |
| IV | 16 | 13,451 | 1,333 | 0,0608 | 0,0375 | 0,0182 | 0,0152 | 0,0091 | 0,00580 | |
| | 18 | 12,802 | 1,485 | 0,0546 | 0,0337 | 0,0164 | 0,0136 | 0,0082 | 0,00520 | |
| | 20 | 12,248 | 1,636 | 0,0495 | 0,0306 | 0,0149 | 0,0124 | 0,0074 | 0,00473 | |
| V | 30 | 10,330 | 2,371 | 0,0342 | 0,0211 | 0,0103 | 0,0085 | 0,0051 | 0,00326 | |
| | 40 | 9,154 | 3,085 | 0,0263 | 0,0162 | 0,0079 | 0,0066 | 0,0039 | 0,00251 | |
| | 50 | 8,335 | 3,784 | 0,0214 | 0,0132 | 0,0064 | 0,0054 | 0,0032 | 0,00204 | |
| VI | 60 | 7,721 | 4,471 | 0,0181 | 0,0112 | 0,0054 | 0,0045 | 0,0027 | 0,00173 | |
| | 70 | 7,237 | 5,149 | 0,0157 | 0,0097 | 0,0047 | 0,0039 | 0,0024 | 0,00150 | |
| VII(*) | 80 | 6,842 | 5,819 | 0,0139 | 0,0086 | 0,0042 | 0,0035 | 0,0021 | 0,00133 | |
| | 90 | 6,512 | 6,481 | 0,0125 | 0,0077 | 0,0038 | 0,0031 | 0,0019 | 0,00119 | |
| | 100 | 6,230 | 7,137 | 0,0114 | 0,0070 | 0,0034 | 0,0028 | 0,0017 | 0,00108 | |

(*) As áreas consideradas por lei como de preservação permanente, independente de qualquer característica física, também pertencem a essa classe. Pt - Tolerância perda./ano t/ha; CPT - capacidade de uso e prática conservacionista tolerável; R, K e LS - Fatores da USLE.

TABELA 5. Definição das Classes de Capacidade de Uso em Função do Ls, K e CPT e respectivas áreas de abrangência.

| Classes | Ls Calculado | K | CPT | Área ha | % da Área |
|-------------|---------------|------------|-------------------|---------|-----------|
| I | 0,0 a 0,46 | 0,0 a 0,04 | > 0,17 | 542,50 | 21,94 |
| II | 0,0 a 0,867 | 0,0 a 0,05 | 0,17 a 0,058 | 660,38 | 26,71 |
| III | 0,0 a 1,256 | 0,0 a 0,06 | 0,058 a 0,016 | 950,98 | 38,46 |
| IV | 0,0 a 1,636 | 0,0 a 0,11 | 0,016 a 0,0047 | 60,67 | 2,45 |
| V | 0,0 a 3,784 | 0,0 a 0,11 | 0,0047 a 0,002 | 9,53 | 0,39 |
| VI | 0 a 5,149 | 0,0 a 0,11 | 0,002 a 0,0015 | 1,96 | 0,08 |
| VII(*) | > 5,149 | 0,0 a 0,11 | < 0,0015 | 211,6 | 9,97 |
| | > 5,149 a 0,0 | 0,11 a 0,0 | > 0,17 a < 0,0015 | 34,9 | |
| Total Geral | | | | 2472,53 | 100,00 |

(*) As áreas consideradas por lei como de preservação permanente, independente de qualquer característica física, também pertencem a essa classe.

rização das áreas nos seus aspectos fisiográficos e no cruzamento dessas informações com as de uso e ocupação do solo.

Utilizando o SPRING, adaptou-se uma metodologia, que usa os fatores físicos da EUPS e as perdas toleráveis para cada tipo de solo para determinar as classes de capacidade de uso para a cobertura pedológica da bacia. Essa metodologia utilizada mostrou-se eficiente, porque, para a definição das classes de capacidade de uso, considera os aspectos físicos do solo, o declive, o comprimento de rampa e a erosividade das chuvas. A consideração desses fatores, ponderados com as perdas toleráveis para cada tipo de solo,

possibilitou identificar qual a forma de uso e quais as práticas conservacionistas mais adequadas para as diferentes áreas da bacia.

Feitas incursões de campo e comparando o mapa de classes de capacidade de uso, com a realidade local, verificou-se que o mapa proposto corresponde, na grande maioria, às potencialidades e restrições oferecidas pelos aspectos naturais da bacia. Assim, esse trabalho traz uma contribuição na determinação de classes de capacidade de uso do solo, através de uma metodologia sistematizada em SIG, que tem perspectivas de utilização futura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Icone, 355 p., 1990.
2. BIGARELLA, J.J. & MAZUCHOWSKI, J.Z. **Visão Integrada da problemática da Erosão**. Maringá-PR: Associação de Defesa e Educação - ADEA e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 332 p., 1985.
3. EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2 ed., 250 p., 2006.
4. LARACH, J.O.I.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A.P.; HOCHMULER, D.P.; FASOLO, P.J.; RAÜEN, M.J. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, Tomos I e II**. Londrina: EMBRAPA: IAPAR, 791 p., 1984 (a).
5. LARACH, J.O.I.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A.P.; HOCHMULER, D.P.; FASOLO, P.J.; RAÜEN, M.J. **Mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Londrina: EMBRAPA: IAPAR, Escala 1:600.000. 1984 (b).
6. LARIOS, M.B. **Resumo Histórico de Modelagem da Erosão**. Disponível em <http://www.drenagem.uf.br/06erosão-08-modelagemRest.htm>. Acesso em 04set2003.
7. LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Campinas, SP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) e Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), 46 p., 1984.
8. LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R. **Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 175 p., 1991.
9. DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas**. São Paulo, DAEE/IPT, 92 p., 1989.
11. SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M.; FERREIRA, D.F. Proposição de Modelos para Estimativas da Erodibilidade de Latossolos Brasileiros. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2287-2298, 1999.
12. SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba, 1998.
13. VIEIRA, L.S. & VIEIRA, M. DE N.F. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 2 ed., 313 p., 1983.

*Manuscrito Recebido em: 1 de novembro de 2007
Revisado e Aceito em: 4 de janeiro de 2008*