



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE ENGENHARIA EM RECURSOS HÍDRICOS**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**ESTUDO DOS IMPACTOS DO USO DO SOLO E
DOS EFEITOS DE ESCALA NA GERAÇÃO DO
ESCOAMENTO SUPERFICIAL E EROSÃO DO
SOLO NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA PARAIBANA**

ALUNO: IVONALDO DE SOUSA LACERDA

SUPERVISOR / ORIENTADOR: VAJAPÉYAM S. SRINIVASAN

Campina Grande, Abril de 2004

IVONALDO DE SOUSA LACERDA

RELATORIO DO ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro Civil.

Campina Grande – PB, Abril de 2004



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter mim guiado com saúde, paz, harmonia e sucesso e sabedoria durante toda essa caminhada.

Aos meus pais, Manoel de Sousa Lacerda e Antônia Virgolino de Lacerda e meus irmãos pelo apoio, carinho e o incentivo de me encorajar para sempre ir mais longe.

Ao Professor Dr. Vajapeyam S. Srinivasan, por me dar a oportunidade de desenvolver este estágio bem como outras atividades de pesquisa.

Ao mestrando Elton Cruz pelas inúmeras vezes que me auxiliou sem nenhuma restrição.

A todos os meus amigos que me incentivaram, apoiaram e de alguma forma me deram forças para seguir em frente.

ÍNDICE

1.0 INFORMAÇÕES GERAIS	3
2.0 OBJETIVO.....	4
3.0 INTRODUÇÃO	5
4.0 BACIA EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DO CARIRI.....	6
5.0 O MODELO KINEROS (KINEMATIC RUNOFF AND EROSION MODEL)	12
5.1 Modelo de Infiltração	12
5.2 Fluxo nos Planos.....	14
5.3 Condições de Fronteira	15
5.4 Recessão e Microtopografia.....	16
5.5 Fluxo nos Canais	16
5.6 Modelagem da Erosão nos Planos e Canais.....	17
5.7 Parâmetros de Entrada do Modelo Kineros2	19
5.7.1 Parâmetros Globais	19
5.7.2 Parâmetros dos Planos	19
5.7.3 Parâmetros dos Canais	20
6.0 APLICAÇÃO DO MODELO KINEROS À BACIA EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DO CARIRI	22
6.1 Classificação do Solo.....	22
6.2 Aplicação do Modelo KINEROS 2	24
6.3 Análise das simulações relação à escoamento e produção de sedimentos	30
7.0 CONCLUSÃO.....	33
8.0 REFFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	35
9.0 ANEXOS.....	37

APRESENTAÇÃO

Tem-se na região semiárida nordestina solos agricultáveis relativamente rasos e posteriormente acompanhado de uma camada rochosa, os quais na presença de chuvas observa-se um comportamento não favorável para a região.

A existência de culturas não apropriadas para o tipo de solo, acarreta-se num mal aproveitamento da chuva disponível no acúmulo da água e também no desgaste do solo, o qual torna-se impossível o uso da agricultura. Então, percebe-se a importância da influência da vegetação na conservação do solo, a qual pode ser observada nos seguintes aspectos: primeiramente o relacionamento com a proteção do terreno, no qual se encontra, contra o impacto das gotas de chuva; em segundo a ligação que tem com a presença de maiores índices de infiltração e, por consequência, a diminuição do volume de escoamento superficial responsável pela erosão e transporte de material erodido para o sistema de drenagem e acumulação.

1.0 INFORMAÇÕES GERAIS

Os problemas envolvendo áreas semiáridas no mundo têm se tornado pontos importantes para serem estudados. A região semiárida do Nordeste é bastante típica das áreas com problemas de erosão e perda de fertilidade do solo, pois, o solo e a cobertura vegetal são muito frágeis. Por isso, é importante investigar a influência da declividade do terreno, cobertura vegetal e as práticas de conservação na avaliação do escoamento, bem como na perda de solo por erosão.

Com o intuito de encontrar um método de controle e também com o objetivo de recuperar tal área, o processo de erosão e os processos a ele relacionados, o processo de infiltração, devem ser investigados. Assim, os estudos serão realizados utilizando dados coletados nas microbacias e parcelas de erosão sob diferentes condições de graus de declividades e de cobertura vegetal. Estas parcelas de erosão terão diferentes coberturas vegetais já que o estudo objetiva estudar a influência do tipo de produto cultivado e o método de cultivo aplicado, sobre a quantidade de sedimento produzido durante as estações de chuva.

Serão utilizados dados da bacia experimental de São João do Cariri, que se encontram disponíveis no Laboratório de Recursos Hídricos da UFCG.

2.0 OBJETIVO

Pretende-se nesse trabalho cumprir com os seguintes itens:

Catálogo e processamento dos dados coletados na Bacia Escola de São João do Cariri, análise de consistência e homogeneização dos dados processados e formação de um banco de dados hidrossedimentológicos; quantificar os processos do escoamento superficial e conseqüentemente produção de sedimentos em diferentes escalas de produção (duas parcelas de erosão de 100 m² e uma microbacia de 0,16ha); avaliar os efeitos de cobertura vegetal sobre a produção de água e sedimentos; avaliar os efeitos de escala com e sem o efeito da cobertura vegetal com base nos dados; modelagem do processo de escoamento superficial e erosão do solo.

Pretende-se também realizar vários trabalhos de campo, como: levantamento topográfico, análise granulométrica e coleta de dados pertinentes. Posteriormente, os dados serão processados, e verificados quanto à consistência, obtendo dessa forma, as características físicas dos experimentos de escoamento/erosão que estão instalados na Bacia Escola de São João do Cariri a fim de realizar uma modelagem hidrossedimentológica nas duas parcelas e na microbacia instaladas nesta Bacia Escola.

3.0 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de suprir a procura por informações sobre o comportamento do solo do semiárido nordestino, na presença ou não de vegetação a Universidade Federal de Campina Grande em convênio com o CNPq vem desenvolvendo um projeto que tem como finalidade avaliar os processos hidrossedimentológicos e quantificar as conseqüências das diversas modificações do meio ambiente na Região dos Cariris Velhos. Os estudos são realizados na Bacia Experimental de São João do Cariri no riacho dos Namorados, que foi instalada pela UFPB Campus II (UFCG) no semiárido paraibano com recursos do Convênio GTZ (Alemanha) / UFCG (Brasil), com o objetivo de atender as necessidades de um laboratório de campo, para a Área de Engenharia de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG. Os dados desta bacia, parte já coletados, estão em fase de processamento e análise e serão utilizados para as mesmas finalidades dos dados da Bacia Experimental de Sumé.

Os estudos iniciados em Junho de 1999 na Bacia Escola tem como objetivo criar uma metodologia para medir escoamentos e produção de sedimentos sobre parcelas e microbacias permitindo a quantificação das conseqüências do desmatamento na caatinga. Os resultados devem ser utilizados para o dimensionamento e a operação de pequenos perímetros de irrigação, a construção de pequenas barragens, etc.

4.0 BACIA EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DO CARIRI

A região onde se encontra a Bacia Experimental de São João do Cariri apresenta-se com clima seco semiárido, solos rasos, subsolo derivado do embasamento cristalino, vegetação de caatinga, relevo ondulado e altitude variando entre 450 m a 550 m.

A microrregião pode ser classificada bioclimaticamente como faixa sub-desértica quente de tendência tropical, caracterizada por apresentar temperaturas médias anuais em torno de 25°C, índices pluviométricos de cerca de 370 mm anuais, com uma distribuição desequilibrada nos índices totais anuais, observando-se uma estação seca muito longa, com duração superior a oito meses, e a umidade relativa do ar em torno de 65%.

Em Julho de 1998 o Projeto de Hidrologia Aplicada teve um grande reforço em suas atividades com a implantação, pelo Professor Vajapeyan S. Srinivasan, de uma nova pesquisa dentro da Bacia Experimental de São João do Cariri – PB, na qual o objetivo principal era a caracterização hidrossedimentológica dos solos da região através dos estudos de erosão superficial provocada pelas chuvas. Neste contexto decidiu-se inicialmente instalar duas parcelas experimentais, localizadas a NE da Estação Climatológica de Superfície, seguindo as normas pré-estabelecidas por Wischmeier, com área de 100,0 m² (4,5 x 22,2 m) cada uma.

A partir de março de 1999, logo após o término das obras de construção das parcelas experimentais, foram observadas as primeiras chuvas que produziram escoamento. Em Junho de 2000, foi instalada a primeira microbacia (MB01), com área de 0,18 ha e em Julho de 2001 foram encerradas as obras de instalação de duas novas microbacias, uma de 0,16 ha (MB02) e outra de aproximadamente 1,63 ha (MB03), sendo a microbacia de número 02 uma sub-bacia da microbacia de número 03, podendo-se assim, desde já, avaliar o efeito de escala sobre as bacias experimentais da região em estudo.

O curso d'água mais importante da Bacia é o Riacho Namorados, ao longo do qual estão localizados alguns açudes particulares (a Figura 1 mostra a localização, o sistema de drenagem e os limites (em fase de verificação) da bacia).

A Bacia Experimental de São João do Cariri tem uma área de aproximadamente 14 Km² e drena suas águas para o açude público dos Namorados construído pelo DNOCS.

A bacia localiza-se na parte média da Bacia do Rio Taperoá, com 7° 25' de latitude Sul e 36° 30' de longitude Oeste, nas proximidades da cidade de São João do Cariri.

Vários instrumentos foram instalados na bacia escola desde 1985, tendo sua operação iniciado em 1987.

O monitoramento é realizado através da instalação de parcelas experimentais com área de 100m², de microbacias com áreas variando entre 0,18ha e 1,63ha, de linígrafos, pluviômetros, pluviógrafos, régua linimétrica, régua de máxima, coleta de material, levantamento topográfico, acompanhamento da erosão e outras atividades.

Uma estação climatológica de superfície – ECS (Figura 2) foi equipada com vários instrumentos para medição das variáveis climatológicas (precipitação, temperatura, radiação, umidade, vento, etc).

Os pluviômetros são instrumentos de leitura direta e permitem a obtenção de dados relativos à quantidade de precipitação.

Os pluviógrafos são instrumentos registradores de precipitação, dotados de um mecanismo de relojoaria, no qual é acoplado o pluviograma, que irá permitir o processamento do registro durante a precipitação ou após o acúmulo de uma determinada quantidade de água (geralmente pequena).

As parcelas são áreas relativamente planas, com declividade variável, limitadas artificialmente, possuindo como nas Bacias Hidrográficas um exultório, onde são adaptados tanques, de materiais os mais diversos possíveis, que permitem quantificar o escoamento e a erosão produzidas. Na Bacia Experimental adotou-se uma área de 100m², medindo 4,5m de largura por 22,2m de comprimento, tendo como divisores artificiais telhas de fibrocimentoamianto. São concebidas para funcionar sem a intervenção direta do operador durante o seu funcionamento.

As duas parcelas instaladas possuem declividade de 3,4% e 3,6% respectivamente (Parcelas 1 e 2). Uma sem vegetação, preparada de acordo com as normas de Wischmeier, é mantida descoberta e preparada com faixa de aração no sentido do declive. Todas as vezes que se fizerem necessárias à aração será realizada. A outra é mantida em pousio de dois anos (Figura 4).

Mais recentemente foram instaladas microbacias experimentais para medição do escoamento e erosão do solo. Segundo conceituações do Decênio Hidrológico Internacional, a Bacia, Sub-bacia ou Microbacia Experimental é definida como “aquela na qual se podem modificar a vontade as condições naturais, como por exemplo a cobertura vegetal ou o solo, mediante procedimento de combate à erosão e onde sejam estudados os efeitos dessas modificações sobre o ciclo hidrológico”.

Sendo a Bacia Hidrográfica a área que drena as águas das chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago, pode-se afirmar que o conceito de Microbacia é o mesmo de Bacia Hidrográfica, acrescido de que o deságüe se dá também em outro rio, porém a dimensão superficial da Microbacia é menor que 20.000ha.

A Bacia, Sub-bacia ou Microbacia é formada por divisores de água e uma rede, padrão ou sistema de drenagem, rico em ravinas, canais e tributários, caracterizada pela sua forma, extensão, densidade e tipo.

A primeira microbacia, instalada em Junho de 2000, na Bacia Escola São João do Cariri possui área de 0,18ha e tem declividade média em torno de 7,5%, onde se preservou a cobertura vegetal existente da superfície, e no seu exultório adaptou-se uma fossa de sedimentos em fibra de vidro, pré-dimensionada para coletar cheias em áreas de até 1ha com intensidade de precipitação de 150mm/h para inclinação de 9% A Figura 7, em **Anexo**, mostra o croqui destas instalações.

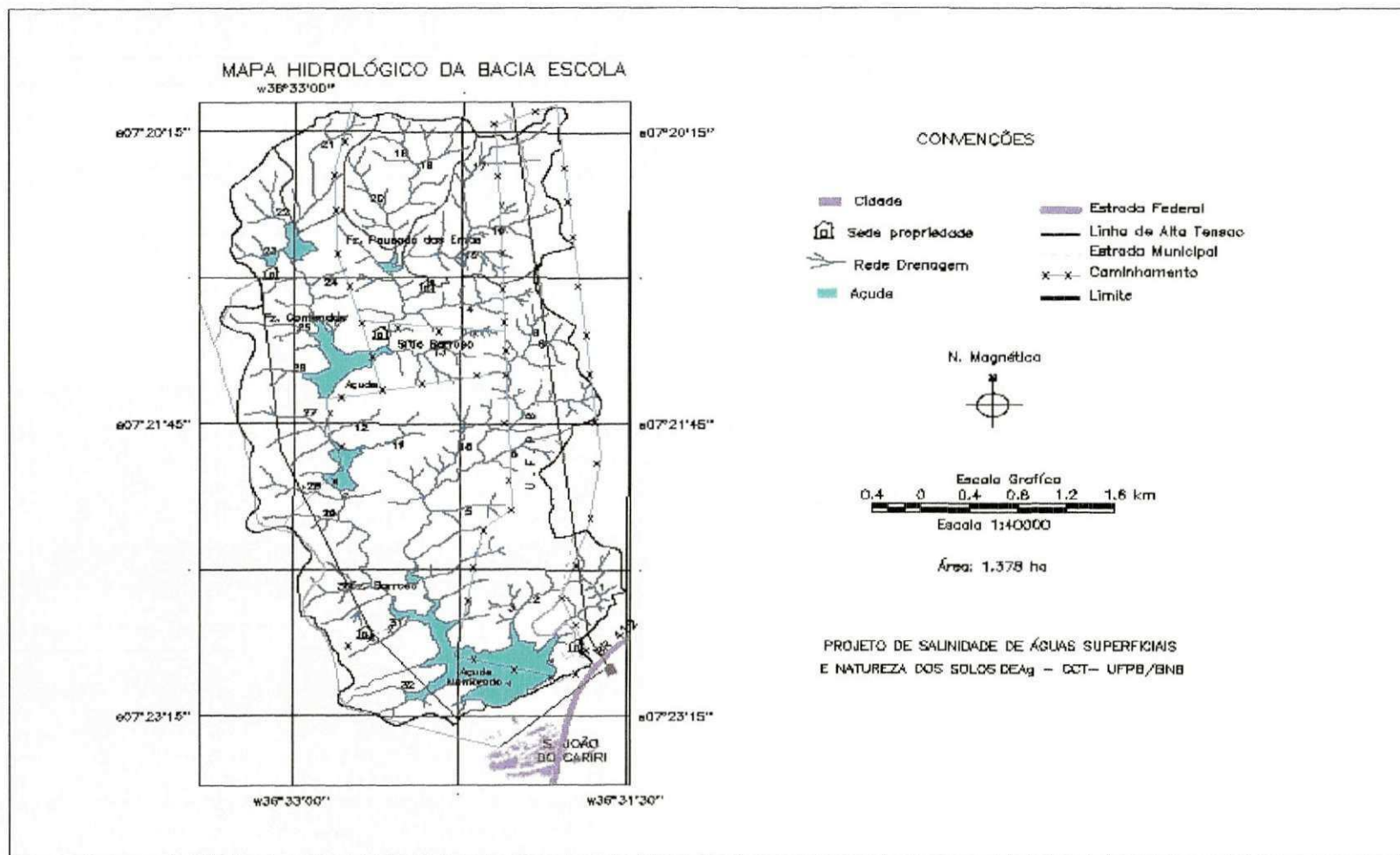


Figura 1: Bacia Escola de São João do Cariri

Dois linígrafos foram instalados em dois riachos, afluentes ao açude dos Namorados, além de vertedores (Figura 3) convencionais (soleira espessa e delgada).

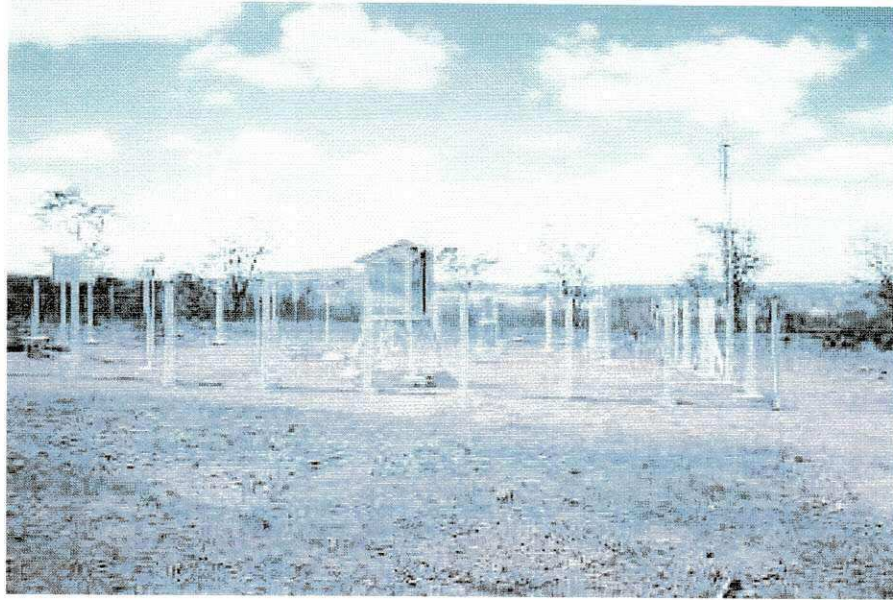


Figura 2: Estação Climatológica



Figura 3: Vertedores

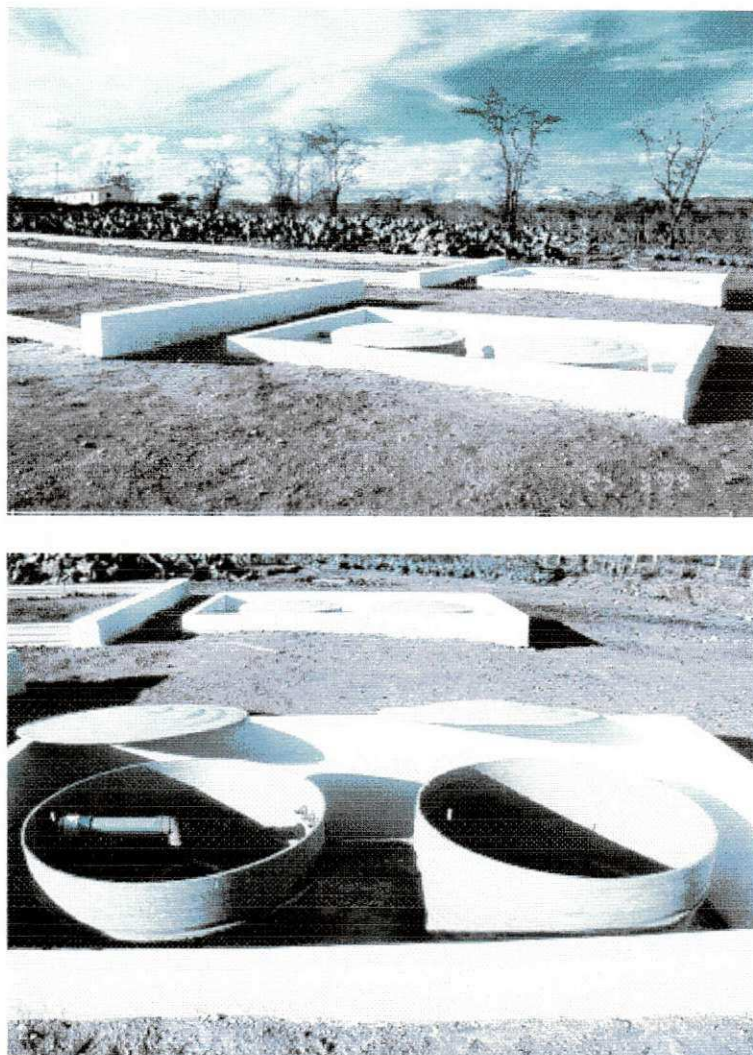


Figura 4: Assentamento das Parcelas Experimentais

5.0 O MODELO KINEROS (KINEMATIC RUNOFF AND EROSION MODEL)

O modelo utilizado neste estudo foi o KINEROS2, uma versão modificada do modelo Kineros (Woolhiser et al., 1990)

O KINEROS2 é um modelo hidrológico semiconceitual, orientado a evento, descreve os processos de interceptação, infiltração, escoamento superficial e erosão em pequenas bacias urbanas e rurais. A bacia é representada por uma cascata de planos e de canais; as equações diferenciais parciais que descrevem o fluxo nos planos, o fluxo nos canais, a erosão e o transporte do sedimento são resolvidas pelo método das diferenças finitas. A variação espacial da precipitação, da infiltração, do escoamento, e dos parâmetros da erosão pode ser considerada. Este modelo pode ser usado para determinar os efeitos, no hidrograma e no sedigrama de uma seção qualquer, de possíveis mudanças nas características da bacia, tais como: urbanização de uma área, construção de reservatórios, desmatamento, etc (Lopes, 2003)

Um modelo hidrológico é uma ferramenta que pode ser utilizada para monitorar o comportamento de uma bacia hidrográfica como, por exemplo, prever as conseqüências de modificações no uso do solo; as vazões decorrentes de determinadas chuvas intensas; efeito da construção de açudes; o impacto da urbanização de uma bacia, etc. As limitações básicas desses modelos são a quantidade e a qualidade dos dados hidrológicos, além da dificuldade de formular matematicamente alguns processos e a simplificação do comportamento espacial de variáveis e fenômenos (Tucci, 1998 citado por Lopes 2003).

5.1 Modelo de Infiltração

O modelo de infiltração permite uma redistribuição de água no solo, incluindo a recuperação da capacidade de infiltração durante os intervalos entre as chuvas, determinando as taxas de infiltração durante e após esse intervalo sem chuva. A taxa de infiltração f_c é função da lâmina acumulada de infiltração I e de alguns parâmetros básicos que descrevem as propriedades de infiltração no solo: condutividade hidráulica saturada efetiva K_s (m/s), valor efetivo do potencial de capilaridade G (m), porosidade do solo ϕ , e índice de distribuição dos tamanhos dos poros λ . Há também um parâmetro opcional (C_v), que descreve a variação aleatória espacial da condutividade hidráulica saturada do solo, assim como um parâmetro que

representa a porcentagem de rochas, *ROCK*. Existe também uma variável que depende do evento de precipitação, a saturação relativa inicial do solo S_i (m^3/m^3), cujo valor é dado por θ_i/ϕ , onde θ_i é o índice de umidade inicial do solo.

O cálculo da taxa de infiltração f_c (m/s) é feito pela seguinte equação (Smith e Parlange, 1978):

$$f_c = K_s \left[1 + \frac{\alpha}{e^{\alpha/B} - 1} \right] \quad (4.1)$$

onde $B = (G + h)(\theta_s - \theta_i)$, combinando os efeitos do potencial efetivo de capilaridade, G , profundidade do fluxo, h (m), e da capacidade de armazenamento de água do solo, $\Delta\theta = (\theta_s - \theta_i)$, onde θ_s é o umidade de saturação do solo (m^3/m^3). O parâmetro α representa o tipo de solo; α se aproxima de 0 para uma areia, e neste caso, a Eq. (4.1) aproximase à equação de GreenAmpt; α se aproxima de 1 para um solo franco bem uniforme, neste caso a Eq. (4.1) representa a equação de infiltração de SmithParlange (Smith e Parlange, 1978). A maioria dos tipos de solo é melhor representada por um valor de α igual a 0,85, sendo este o valor adotado no modelo (Smith et al., 1993).

O valor efetivo do potencial de capilaridade G é dado pela seguinte expressão:

$$G = \int_{-\infty}^0 \frac{K(\Psi)}{K_s} d\Psi \quad (4.2)$$

onde Ψ é o potencial mátrico do solo (m).

O modelo de infiltração também leva em consideração a recuperação da capacidade de infiltração do solo, a qual ocorre em períodos em que não há precipitação, ou em períodos em que a precipitação não produz escoamento, geralmente quando a intensidade de precipitação é inferior à permeabilidade do solo. A equação utilizada no modelo para o cálculo da variação da umidade do solo nestes períodos é:

$$\frac{d\theta_0}{dt} = \frac{\Delta\theta_{i0}}{I} \left[r - K_i - \left(K(\theta_0) + \frac{\beta p K_s \Delta\theta_{i0} G(\theta_i, \theta_0)}{I} \right) \right] \quad (4.3a)$$

onde:

$\Delta\theta_{i0} = \theta_0 - \theta_i$ é diferença de umidade do solo acima e abaixo da frente de molhamento;

I é a lâmina de infiltração acumulada (m);

r é a taxa de entrada de água na superfície do solo durante a redistribuição de água no solo, a qual pode ser menor do que a permeabilidade K_s , negativa (devido à evaporação) ou zero

$$\beta = \frac{1}{Z(\theta_0 - \theta_i)} \int_0^Z (\theta - \theta_i) dz = 0,85 \text{ é um fator de forma;}$$

Z é a profundidade da frente de molhamento;

p é um fator efetivo de profundidade ($p = 2$ para $r = 0$; $p = 1,5$ para $0 < r < K_s$; $p = 3$ para $r < 0$);

$G(\theta_i, \theta_0)$ é o valor efetivo do potencial de capilaridade na frente de redistribuição de água (m).

Nestes períodos, onde a umidade do solo está abaixo da umidade de saturação, a equação utilizada para calcular a condutividade hidráulica do solo é (Brooks e Corey, 1964):

$$K(\theta) = K \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{3+2/\lambda} \quad (4.3b)$$

onde:

θ é a umidade do solo no período de redistribuição de água ;

K_s é a permeabilidade efetiva do solo (m/s);

θ_r é a umidade residual do solo;

θ_s é a umidade do solo na saturação;

λ é o parâmetro de distribuição do tamanho dos poros (parâmetro de Brooks e Corey).

Maiores detalhes sobre o modelo de redistribuição de água no solo, utilizado no modelo Kineros2, pode ser obtida em Smith et al. (1993) e Corradini et al. (1994).

5.2 Fluxo nos Planos

Visto em uma escala muito pequena, o fluxo nos planos é um processo tridimensional extremamente complexo. Numa escala maior, entretanto, pode ser visto como um processo unidimensional onde se pode aplicar a seguinte equação:

$$Q = ah^m \quad (4.4)$$

onde Q é a descarga por unidade de largura (m^2/s) e h é o volume de água armazenado por unidade da área (m). Os parâmetros a e m são dados por: $a = S^{1/2}/n$ e $m = 5/3$, onde S é a declividade e n é o coeficiente de rugosidade de Manning.

A Eq. (4.4) é utilizada juntamente com a equação da continuidade:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(x, t) \quad (4.5)$$

onde t é o tempo (s), x é a distância ao longo do sentido da declividade, e $q(x, t)$ é o excesso de precipitação (m/s).

Para o modelamento do fluxo nos planos, a Eq. (4.4) é substituída na Eq. (4.5), onde se obtém:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + amh^{m-1} \frac{\partial h}{\partial x} = q(x, t) \quad (4.6)$$

As equações de onda cinemática, que são simplificações das equações de Saint Venant, não preservam todas as suas propriedades, tais como as utilizadas em modelos difusos, os quais consideram os efeitos de jusante sobre o escoamento proveniente de montante, e como nos modelos hidrodinâmicos, onde se consideram as equações de Saint Venant em sua forma geral, ou seja, incluindo os termos que representam a gravidade, o atrito, a pressão e a inércia do fluxo (Woolhiser et al., 1990).

As equações de onda cinemática são resolvidas no modelo usando um esquema implícito de diferenças finitas definido em quatro pontos, em relação à distância e ao tempo.

5.3 Condições de Fronteira

A profundidade de fluxo na fronteira à montante dos elementos deve ser especificada para solucionar a Eq. (4.6). Se essa fronteira fizer parte do divisor de águas da bacia, a condição de fronteira será:

$$h(0, t) = 0 \quad (4.7a)$$

Se um plano estiver contribuindo à montante para outro plano, a condição de fronteira será:

$$h(0, t) = \left[\frac{a_u h_u(L, t)^{m_u} W_u}{aW} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (4.7b)$$

onde $h_u(L,t)$ é a profundidade na fronteira inferior do plano contribuinte no tempo t , L é o comprimento e W_u é a largura do plano contribuinte, a_u é o parâmetro declividade/rugosidade do plano contribuinte, m_u é um expoente referente ao plano contribuinte, e a , m e W são referentes ao plano à jusante.

5.4 Recessão e Microtopografia

A microtopografia do relevo pode ter grande importância na forma do hidrograma (Woolhiser et al., 1996). O efeito é mais pronunciado durante a recessão, quando a parte do solo coberta pelo fluxo de água determina a oportunidade para a perda de água pela infiltração. O modelo trata este relevo supondo que na sua geometria existe uma elevação máxima, e que a área coberta por água varia linearmente com a diferença entre este valor e o nível de água. A geometria da microtopografia é determinada especificando dois parâmetros que representam o espaçamento médio (parâmetro *spacing*, m) entre os picos e o valor médio (parâmetro *relief*, m) desses picos nessa microtopografia.]

5.5 Fluxo nos Canais

A equação da continuidade para um canal com entrada lateral de fluxo é:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(x,t) \quad (4.8)$$

onde A é a área da seção transversal (m^2), Q é a vazão no canal (m^3/s), e o $q(x,t)$ é o fluxo lateral por unidade de comprimento do canal (m^2/s). A relação entre a vazão no canal e a área de sua seção transversal é dada por:

$$Q = aR^{m-1}A \quad (4.9)$$

onde R é o raio hidráulico (m), $a = S^{1/2}/n$ e $m = 5/3$, onde S é a declividade e n é o coeficiente de rugosidade de Manning.

As equações cinemáticas de fluxo para os canais são resolvidas por uma técnica implícita definida em quatro pontos similar àquela para o fluxo nos planos, com a diferença

que a incógnita agora é a área A e não a profundidade do fluxo h , e que as mudanças geométricas devido à variação da profundidade devem ser consideradas.

5.6 Modelagem da Erosão nos Planos e Canais

A equação geral que descreve a dinâmica dos sedimentos dentro do fluxo é a equação de balanço de massa, similar àquela para o fluxo de água (Bennett, 1974):

$$\frac{\partial(AC_s)}{\partial t} + \frac{\partial(QC_s)}{\partial x} - e(x,t) = q_s(x,t) \quad (4.10)$$

onde C_s é a concentração de sedimento no fluxo (m^3/m^3), Q é a vazão hidráulica (m^3/s), A é área da seção transversal do plano ou canal (m^2), e é a taxa de erosão do solo (m^2/s) e q_s é taxa de entrada lateral de sedimento no fluxo nos canais ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$).

Nos planos, a erosão é modelada como sendo composta por dois componentes principais: a erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva no solo, e pela erosão (ou deposição) hidráulica, resultado da interação entre a força de cisalhamento do fluxo e a tendência das partículas de solo no fluxo se depositarem sob efeito da força da gravidade. A erosão resultante é o somatório da taxa da erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva e_s e da erosão hidráulica e_h :

$$e = e_s + e_h \quad (4.11)$$

A erosão por impacto das gotas de chuva é estimada pela seguinte expressão (Meyer e Wischmeier, 1969):

$$e_s = c_f e^{-c_h h} i^2 \quad (4.12)$$

na qual i é a intensidade da precipitação (m/s), o c_f é um coeficiente a ser determinado experimentalmente ou por calibração, que está relacionado às propriedades do solo e da superfície, e $e^{-c_h h}$ é um fator que representa a redução na erosão por impacto das gotas de chuva devido ao aumento da lâmina d'água. O parâmetro c_h representa a efetividade do amortecimento da superfície da água, fixado no modelo como sendo igual a 656. A erosão hidráulica (e_h) é estimada como sendo linearmente dependente da diferença entre a capacidade

de transporte do fluxo (concentração de equilíbrio) e a concentração real de sedimento, e é dada pela equação:

$$e_h = c_g (C_m - C_s) A \quad (4.13)$$

onde C_m é a concentração de equilíbrio na capacidade de transporte, $C_s = C_s(x,t)$ é a concentração real de sedimentos no fluxo, e c_g é um coeficiente da taxa de transferência de sedimentos (s^{-1}), e é calculado por:

$$c_g = c_o \frac{v_s}{h} \text{ se } C_s \leq C_m \text{ (erosão) ou}$$

$$c_g = \frac{v_s}{h} \text{ se } C_s > C_m \text{ (deposição)} \quad (4.14)$$

onde c_o é um coeficiente que reflete à coesão do solo e v_s é a velocidade de queda da partícula (m/s).

O modelo utiliza a fórmula de capacidade de transporte de Engelund e Hansen (Engelund e Hansen, 1967), com a inclusão de um limite crítico do valor da potência unitária do fluxo $\Omega = uS$ (*Unit Stream Power*) igual a 0,004 m/s, onde u é a velocidade do fluxo (m/s) e S é a declividade, para estender a sua aplicabilidade a fluxos rasos. A equação para o cálculo da concentração de sedimentos na capacidade de transporte é a seguinte (Engelund e Hansen, 1967):

$$C_m = \frac{0,05}{d(S_s - 1)^2} \sqrt{\frac{Sh}{g}} (\Omega - 0,004) \quad (4.15)$$

onde g é a aceleração da gravidade (m/s^2), S_s é a densidade relativa do sedimento, igual a 2,65, d é o diâmetro do sedimento (m), h é a profundidade do fluxo (m) e as outras variáveis já foram definidas anteriormente.

A velocidade de queda da partícula é calculada pela seguinte equação:

$$v_s^2 = \frac{4}{3} \frac{g(S_s - 1)d}{C_D} \quad (4.16)$$

onde C_D é o coeficiente de arrasto da partícula, que é uma função do número de Reynolds, e é calculado pela seguinte expressão:

$$C_D = \frac{24}{R_n} + \frac{3}{\sqrt{R_n}} + 0.34 \quad (4.17)$$

onde R_n é o número de Reynolds, calculado como $R_n = v_s d / \nu$, onde ν é a viscosidade cinemática da água. A velocidade de queda da partícula é encontrada resolvendo simultaneamente as equações (4.16) e (4.17).

A simulação do transporte de sedimentos para os canais é realizada de maneira semelhante à simulação do transporte de sedimentos nos planos. A principal diferença nas equações é que a erosão por impacto das gotas de chuva é desprezada, e o termo q_s tornase importante na representação da entrada de fluxo lateral.

5.7 Parâmetros de Entrada do Modelo Kineros2

5.7.1 Parâmetros Globais

1. **Units:** sistema de unidades utilizado para todos os parâmetros (métrico ou inglês);
2. **Clen:** comprimento característico, cujo valor é dado pelo comprimento do maior canal ou da maior cascata de planos.
3. **Temperature:** temperatura em graus Celsius ou Fahrenheit
4. **Diameters:** diâmetros representativos das partículas do solo, em milímetros ou polegadas. Limite máximo de cinco classes;
5. **Densities:** valores das massas específicas dos diâmetros das classes acima determinadas;

5.7.2 Parâmetros dos Planos

1. **Identifier:** número de identificação do plano;
2. **Upstream:** número de identificação do plano à montante (se houver);
3. **Length:** comprimento (metros ou pés);
4. **Width:** largura (metros ou pés);
5. **Slope:** declividade;
6. **Manning:** coeficiente de rugosidade de Manning;
7. **Chezy:** coeficiente de Chezy;
8. **Relief:** altura média do relevo da microtopografia (milímetros ou polegadas)

9. **Spacing**: distância média do relevo da microtopografia (metros ou pés)
10. **Interception**: interceptação vegetal (milímetros ou polegadas)
11. **Canopy Cover**: fração da superfície ocupada por vegetação
12. **Saturation**: saturação inicial relativa do solo, razão entre a umidade inicial e porosidade do solo;
13. C_v : coeficiente de variação da condutividade hidráulica saturada efetiva;
14. K_s : condutividade hidráulica saturada efetiva (mm/h ou polegadas/h);
15. G : valor efetivo do potencial de capilaridade dado pela Equação 4.2 (mm ou polegadas);
16. **Distribution** (λ): índice de distribuição do tamanho dos poros (índice de Brooks e Corey);
17. **Porosity**: porosidade do solo;
18. **Rock**: fração volumétrica de rochas. Se a permeabilidade é estimada com base na textura do solo, ela deve ser multiplicada por “1 Rock”, para considerar esse volume de rochas;
19. **Splash** (c_f): parâmetro da Equação 4.12, a qual representa a erosão causada pelo impacto das gotas de chuva;
20. **Cohesion** (c_o): coeficiente de coesão do solo, Equação 4.14;
21. **Fractions**: fração de cada classe de diâmetros representativos do solo.

5.7.3 Parâmetros dos Canais

1. **Upstream**: número de identificação do elemento (plano ou canal) à montante;
2. **Lateral**: número de identificação dos planos que contribuem lateralmente para o canal;
3. **Length**: comprimento (metros ou pés);
4. **Width**: largura da base (metros ou pés);
5. **Slope**: declividade;
6. **Manning**: coeficiente de Manning;
7. **Chezy**: coeficiente de Chezy;
8. **SS1, SS2**: declividades laterais;

9. **Saturation**: saturação inicial relativa do solo, razão entre a umidade inicial e porosidade do solo;
10. C_v : coeficiente de variação da condutividade hidráulica saturada efetiva;
11. K_s : condutividade hidráulica saturada efetiva (mm/h ou polegadas/h);
12. G : valor efetivo do potencial de capilaridade dado pela Equação 4.2 (mm ou polegadas);
13. **Distribution** (λ): índice de distribuição do tamanho dos poros (índice de Brooks e Corey);
14. **Porosity**: porosidade do solo;
15. **Rock**: fração volumétrica de rochas. Se a permeabilidade é estimada com base na textura do solo, ela deve ser multiplicada por “1 Rock”, para considerar esse volume de rochas;
16. **Cohesion** (c_o): coeficiente de coesão do solo, Equação 4.14;
17. **Fractions**: fração de cada classe de diâmetros representativos do solo.

6.0 APLICAÇÃO DO MODELO KINEROS À BACIA EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DO CARIRI

6.1 Classificação do Solo

O solo foi classificado de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) que é a classificação padrão para os parâmetros do KINEROS2.

Segundo o triângulo de classificação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o solo da parcela 1 é uma areia argilosa (loamy sand) e da parcela 2 é uma areia (sand) dispostos de acordo com a composição mostrada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição granulométrica do solo das parcelas

Tipo de solo	Fração (%)	
	Parcela 1	Parcela 2
Areia fina	50	50
Areia média	16	20
Areia grossa	18	22
Pedregulho	11	3
Silte e argila	5	5

Como pode ser visto na Tabela 1, a composição do solo é praticamente a mesma devido a proximidade entre as parcelas, por isso será considerado este mesmo tipo de solo para as microbacias, já que as mesmas estão localizadas próximo das parcelas.

A representação do sedimento foi feita através de um diâmetro representativo, denominado d_{50} determinado com base na distribuição granulométrica das parcelas mostrada nos gráficos das Figuras 5 e 6, respectivamente. Existem vários critérios para a escolha, porém o método do diâmetro mediano é usado com maior frequência.

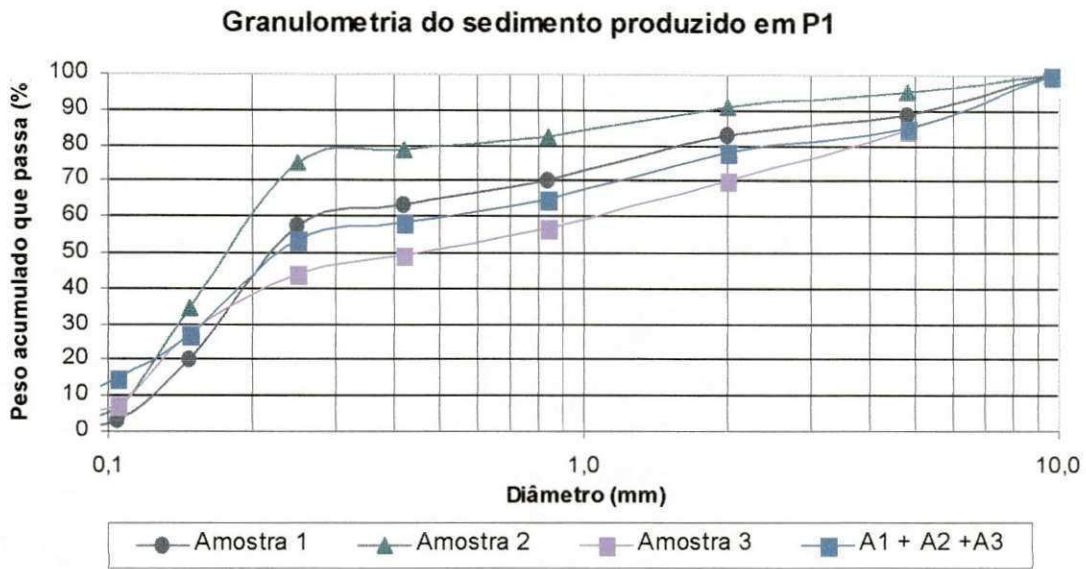


Figura 5: Curva da granulometria do solo da parcela 1

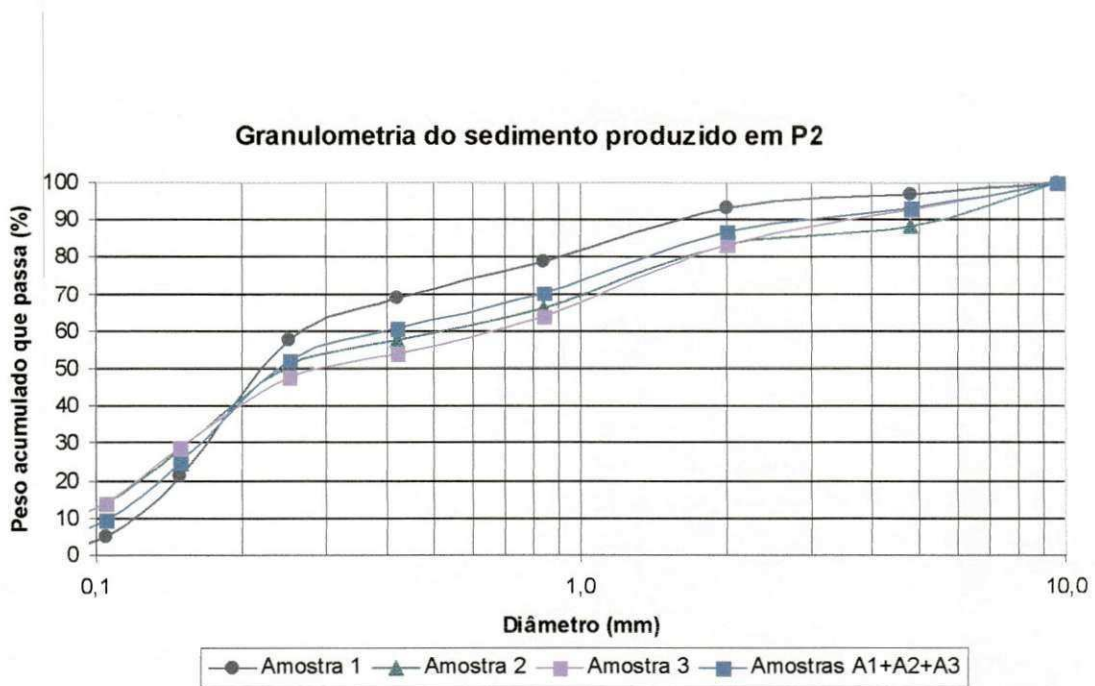


Figura 6: Curva da granulometria do solo da parcela 2

6.2 Aplicação do Modelo KINEROS 2

Os parâmetros do modelo foram estabelecidos de acordo com as características de cada parcela ou microbacia, ou seja, de acordo com o tipo de solo, cobertura vegetal, declividade, etc. Esses parâmetros podem ser determinados com base nas informações disponíveis na literatura, podem ser medidos experimentalmente em campo ou no laboratório, e alguns são determinados pela calibração do modelo.

A microbacia foi discretizada em planos e canais como mostra a Figura 7

De acordo com as simulações, verificou-se que nas equações do modelo, os parâmetros calibráveis são: Saturação Inicial Relativa do solo (Sat) para o escoamento superficial e o parâmetro c_f , coeficiente da eq. (24), a qual representa a erosão por impacto das gotas de chuva no solo. Existe também o parâmetro c_o , parâmetro que reflete à coesão do solo (eq. 26), mas mostra-se pouco sensível no cálculo da erosão total.

Aqui foram feitas simulações para calibrar também a Condutividade Hidráulica de Saturação do solo (K_s) e constatar qual o valor de K_s para o tipo de solo da região.

Para as simulações feitas, foram usados dados das cheias coletados no período de 08/03/2001 a 26/07/2002. Dados complementares tais como levantamento topográfico e pedológico também foram coletados neste mesmo período.

Para a densidade relativa dos grãos de solo foi adotado 2,65 que corresponde à densidade específica dos grãos de quartzo.

A temperatura da água foi adotada como sendo 25°C que é o valor médio da temperatura da região onde se localiza a Bacia Escola.

O coeficiente de rugosidade de Manning foi adotado de acordo com as características das parcelas, onde adotou-se o valor de 0,02.

A condutividade hidráulica saturada efetiva K_s foi calibrada para as duas parcelas e a microbacia 02. O valor de 5,0 mm/h é mais freqüentemente encontrado na região (Galvão, 1990, citado por Lopes, 2003). As simulações apresentaram resultados consideravelmente aproximado deste valor. As Tabelas 2, 3 e 4 mostradas a seguir mostram a tendência do valor de K_s que foram calibrados para as duas parcelas e a microbacia 02. O valor médio calibrado de K_s para a parcela 01 foi $K_s = 3,83$ mm/h. Para a parcela 02 o valor de K_s que melhor ajustou a lâmina escoada foi $K_s = 5,23$ mm/h e para a microbacia, $K_s = 5,47$ mm/h.

A inclinação das parcelas foram determinadas através de levantamento topográfico, sendo 3,4% para a parcela 01 e 3,6% para a parcela 02 e 7,5% para a microbacia 02.

Os parâmetros relacionados à microtopografia (relief e spacing) não alteram muito o resultado do escoamento superficial e foram assumidos como sendo igual a 2,0 mm 0,3 m respectivamente para as duas parcelas.

O valor efetivo do potencial de capilaridade (G), da porosidade (Φ) e do índice de distribuição dos tamanhos dos poros (λ) variam de acordo com o tipo de solo. De acordo com as tabelas que a literatura do Programa KINEROS2 apresenta para a classificação desses parâmetros temos:

Para a parcela 1: $G = 70$, $\Phi = 0,437$ e $\lambda = 0,55$.

Para a parcela 2: $G = 50$, $\Phi = 0,437$ e $\lambda = 0,69$.

O parâmetro relacionado à coesão do solo, C_o , é um parâmetro pouco sensível e pode ser adotado qualquer valor entre 0 e 1, no caso foi adotado 0,01.

A saturação inicial relativa do solo varia de evento para evento e foi determinado por calibração, ajustando-se até que o volume escoado calculado se iguale ao volume escoado observado. O parâmetro c_f é o parâmetro que mede a erosão por impacto das gotas de chuva e é calibrado para cada evento da mesma forma que a saturação inicial relativa do solo, sendo que agora é a produção de sedimentos calculada que deve ser igualada à produção de sedimentos observada.

As Tabelas 2 e 3 mostrada a seguir contém o resultado das simulações para o valor de K_s médio calibrado para as Parcelas 01 e 02 e a microbacia 02.

Figura 7: Discretização da Microbacia 02 em Planos e Canais

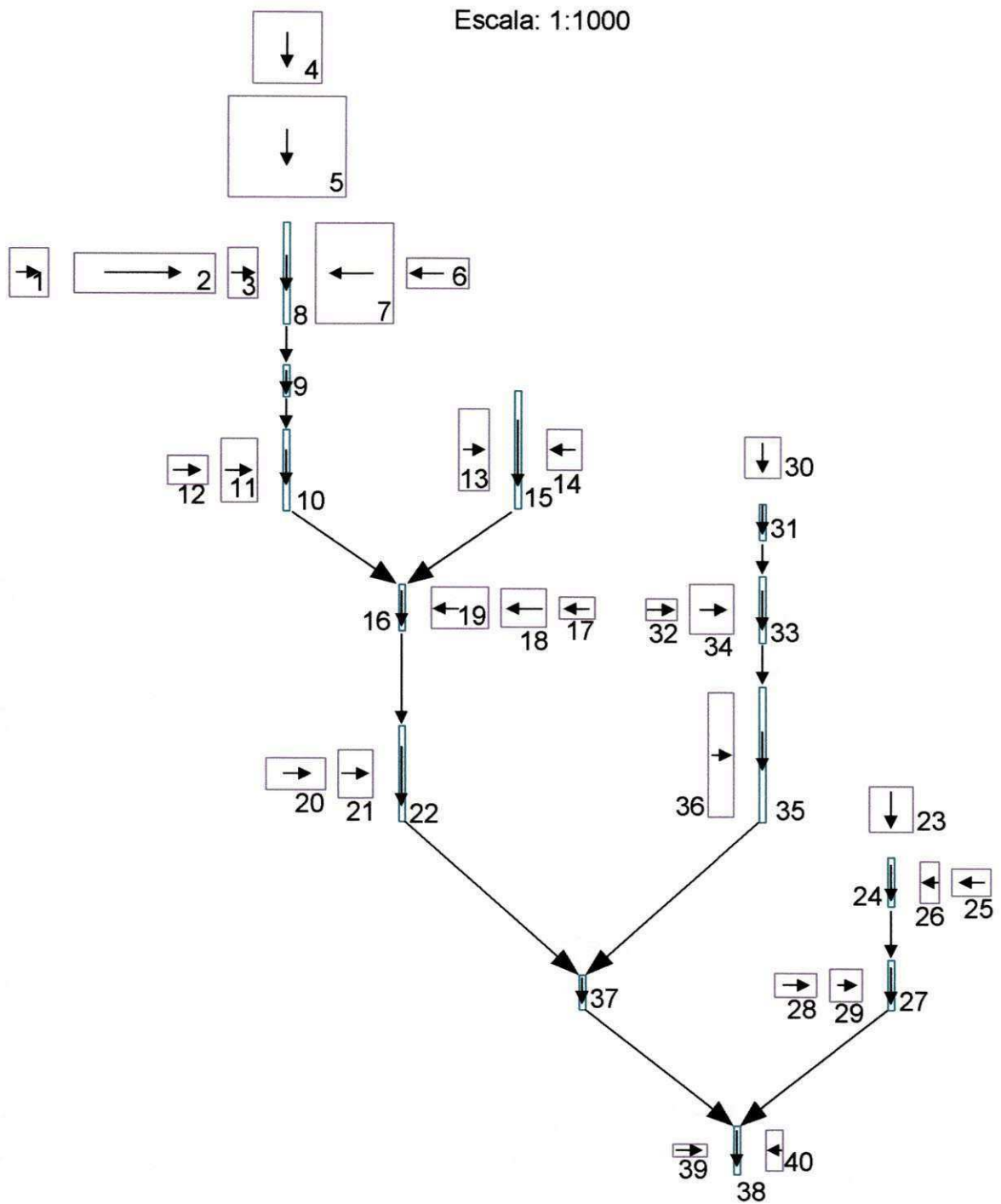


Tabela 3: Valor médio de Ks para a Parcela 02

Ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat Calibrada	Erro % (Lo)	E (kg/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
2	18/03/99	10,2	702	0,464	0,015047	15,05	0,462	0,698	0,42	15,047	1,58E+06	0,00	6,00
3	30/04/99	11,4	30	1,570	0,042290	42,29	1,564	0,280	0,39	42,303	4,90E+05	0,03	8,80
4	05/05/99	7,1	21	1,607	0,035670	35,67	1,583	0,422	1,52	35,372	1,22E+05	0,84	7,10
7	06/06/99	18,0	390	1,163	0,008281	8,28	1,163	0,250	0,00	8,267	1,26E+05	0,17	2,29
9	24/12/99	26,0	349	5,400	0,077000	77,00	5,360	0,000	0,74	76,940	4,20E+02	0,08	2,30
10	29/12/99	8,5	159	2,158	0,048100	48,10	2,160	0,400	0,09	48,319	3,60E+05	0,46	2,35
11	07/01/00	71,0	651	19,460	0,246000	246,00	19,579	0,300	0,61	246,319	1,53E+05	0,13	9,93
16	16/02/00	29,6	618	7,810	0,193000	193,00	7,813	0,500	0,04	193,277	5,22E+05	0,14	6,85
17	17/02/00	13,1	228	2,659	0,216620	216,62	2,651	0,800	0,30	215,582	1,75E+07	0,48	2,52
21	01/03/00	13,4	192	7,650	0,100720	100,72	7,641	0,700	0,12	100,379	3,60E+04	0,34	7,40
52	14/03/01	5,0	120	0,040	0,000720	0,72	0,040	0,500	0,50	0,722	5,75E+04	0,26	3,12
57	02/04/01	7,0	66	0,100	0,000600	0,60	0,101	0,500	0,80	0,602	3,70E+03	0,41	8,78
68	29/12/01	9,4	117	2,840	0,019830	19,83	2,834	0,300	0,22	19,783	2,30E+04	0,24	7,50
69	01/01/02	17,8	1638	1,950	0,040839	40,84	1,933	0,500	0,87	40,583	1,95E+06	0,63	2,83
70	02/01/02	28,2	402	8,100	0,090300	90,30	8,178	0,700	0,97	90,945	7,30E+03	0,71	3,90
75	22/01/02	4,3	15	0,750	0,016425	16,43	0,756	0,500	0,86	16,581	2,70E+05	0,95	6,56
77	05/02/02	5,4	90	1,240	0,021670	21,67	1,238	0,700	0,20	21,524	1,06E+06	0,67	4,10
85	08/03/02	4,0	60	2,1	0,023220	23,22	2,100	0,900	0,02	23,167	6,00E+05	0,23	3,15
86	18/03/02	7,0	300	2,3125	0,035813	35,81	2,294	0,600	0,80	35,745	1,25E+05	0,19	7,31
92	07/06/02	12,0	164	1,25	0,008315	8,32	1,257	0,200	0,60	8,388	8,20E+04	0,88	1,81
Média												5,23	

Tabela 4: Valor médio de Ks para a Microbacia 02

Ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat Calibrada	Erro % (Lo)	E (kg/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
69	01/01/02	17,8	1638	0,0012	2,11E-05	0,02	0,0012	0,619	0,83	0,021	8,90E+05	0,42	7,50
74	11/01/02	4,7	1035	0,0094	0,000149	0,15	0,0096	0,600	1,96	0,149	1,46E+09	0,17	5,25
77	05/02/02	5,4	90	0,0088	0,000111	0,11	0,0087	0,556	1,51	0,112	3,40E+04	1,32	5,00
80	12/02/02	31,0	260	0,108	0,000834	0,83	0,1109	0,800	2,63	0,838	5,35E+06	0,51	3,46
81	13/02/02	6,0	297	0,0044	3,09E-05	0,03	0,0045	0,800	0,72	0,031	3,15E+05	0,16	6,95
85	08/03/02	4,0	60	0,0032	3,31E-05	0,03	0,0030	0,700	4,40	0,033	1,77E+05	0,17	4,69
Média												5,47	

Continuação...

Ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat Calibrada	Erro % (Lo)	E (kg/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
42	22/07/00	6,1	565	2,483	0,24590	245,90	2,454	0,700	1,16	245,943	1,39E+06	0,02	0,591
43	26/07/00	15,4	7	7,530	0,23841	238,41	7,530	0,500	0,00	238,627	1,41E+05	0,09	8,390
44	01/08/00	14,2	765	4,800	0,08137	81,37	4,848	0,700	0,99	81,329	4,98E+05	0,05	0,500
49	08/03/01	25,0	150	8,610	0,22236	222,36	8,611	0,300	0,01	222,398	7,89E+05	0,02	8,796
51	11/03/01	9,0	104	4,977	0,08787	87,87	4,988	0,850	0,21	87,823	7,24E+05	0,05	3,512
54	27/03/01	39,0	256	23,440	0,84524	845,24	23,442	0,400	0,01	845,835	3,14E+05	0,07	9,450
57	02/04/01	7,0	66	3,663	0,33847	338,47	3,667	0,800	0,12	338,961	1,57E+04	0,15	1,490
59	14/06/01	15,4	726	6,600	0,09700	97,00	6,627	0,900	0,40	97,228	1,88E+06	0,24	2,160
60	26/06/01	32,6	882	18,800	0,21977	219,77	18,810	0,400	0,06	219,792	3,89E+05	0,01	0,640
61	02/07/01	5,3	346	0,148	0,00074	0,74	0,149	0,600	0,54	0,741	1,13E+06	0,12	1,586
62	20/07/01	10,0	1009	0,900	0,00802	8,02	0,901	0,400	0,07	8,021	3,45E+06	0,01	0,773
63	03/08/01	11,0	555	0,450	0,00660	6,60	0,450	0,400	0,03	6,607	7,10E+06	0,11	0,885
64	12/08/01	4,3	459	0,090	0,00025	0,25	0,089	0,550	0,94	0,251	3,00E+03	0,35	2,350
65	22/08/01	6,8	195	1,413	0,00465	4,65	1,409	0,500	0,28	4,603	1,35E+04	1,01	1,600
68	29/12/01	9,4	117	4,650	0,19283	192,83	4,663	0,350	0,29	193,180	7,75E+05	0,18	3,010
69	01/01/02	17,8	1638	4,950	0,05792	57,92	4,953	0,700	0,06	57,920	1,34E+06	0,00	1,890
70	02/01/02	28,2	402	22,920	0,30262	302,62	22,936	0,900	0,07	302,688	9,32E+05	0,02	0,490
71	04/01/02	40,0	360	32,370	0,35969	359,69	32,375	0,900	0,01	359,690	7,18E+05	0,00	0,810
72	06/01/02	10,5	1002	6,600	0,09520	95,20	6,613	0,900	0,19	95,166	1,71E+06	0,04	1,150
73	10/01/02	7,2	153	3,750	0,10118	101,18	3,750	0,700	0,01	101,126	3,66E+05	0,05	3,489
74	11/01/02	4,7	1035	3,355	0,04793	47,93	3,346	0,950	0,28	47,956	2,95E+05	0,05	0,070
75	22/01/02	4,3	15	1,280	0,04420	44,20	1,275	0,460	0,39	44,204	4,07E+05	0,01	2,956
77	05/02/02	5,4	90	1,350	0,03996	39,96	1,350	0,900	0,03	39,938	9,21E+05	0,06	7,665
81	13/02/02	6,0	297	0,900	0,02700	27,00	0,907	0,900	0,80	27,041	4,70E+05	0,15	6,350
83	04/03/02	17,0	415	5,100	0,61695	616,95	5,103	0,400	0,06	616,966	1,37E+06	0,00	4,350
84	05/03/02	52,0	170	32,370	1,27600	1276,00	32,324	0,600	0,14	1276,257	1,11E+06	0,02	7,520
85	08/03/02	4,0	60	2,250	0,05903	59,03	2,254	0,900	0,16	59,028	1,75E+06	0,00	2,350
86	18/03/02	7,0	300	2,732	0,12947	129,47	2,733	0,300	0,03	129,429	7,82E+05	0,03	2,900
88	07/05/02	80,0	1296	27,060	0,58788	587,88	27,080	0,200	0,07	587,851	2,59E+05	0,00	7,605
92	07/06/02	12,0	164	2,150	0,05113	51,13	2,165	0,400	0,69	51,151	1,39E+06	0,04	1,590
Média													3,83

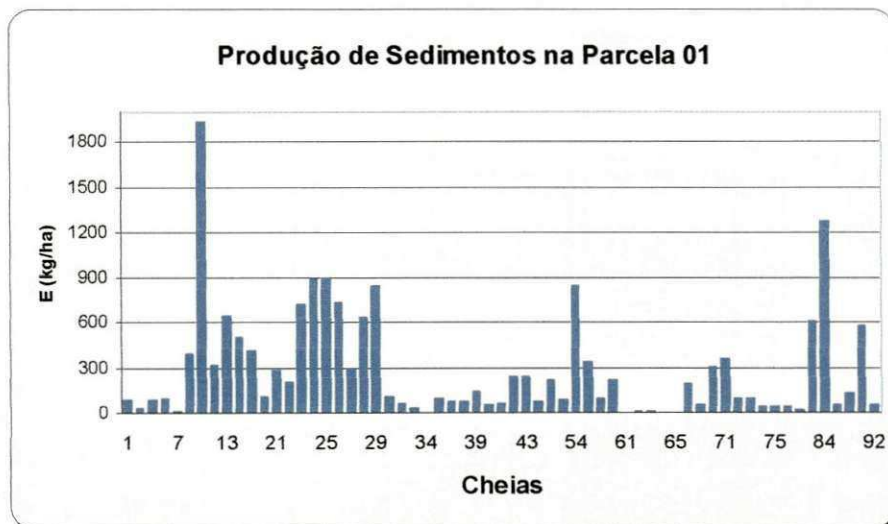
Tabela 2: Valor médio de Ks para a Parcela 01

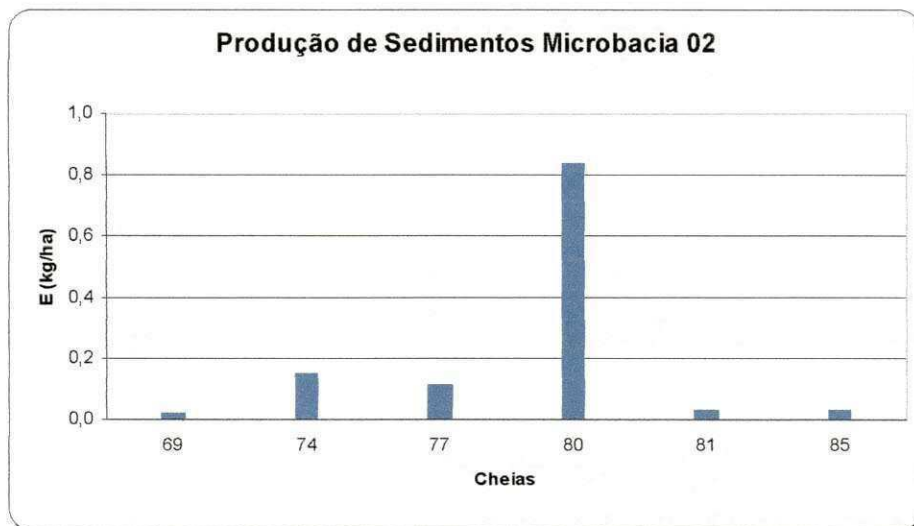
Ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat Calibrada	Erro % (Lo)	E (kg/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
1	14/03/99	21,0	207	1,425	0,08561	85,61	1,424	0,211	0,09	85,697	1,05E+06	0,10	8,859
2	18/03/99	10,2	702	0,870	0,03405	34,05	0,878	0,600	0,93	34,114	2,12E+06	0,19	3,512
4	05/05/99	7,1	21	1,789	0,09084	90,84	1,707	0,200	4,58	90,733	3,45E+05	0,11	3,756
5	14/05/99	8,6	22	2,037	0,09837	98,37	2,052	0,400	0,71	98,367	1,55E+06	0,00	3,730
7	06/06/99	18,0	390	1,200	0,00923	9,23	1,216	0,600	1,34	9,214	1,24E+05	0,12	3,039
10	29/12/99	8,5	159	3,409	0,39300	393,00	3,401	0,600	0,23	393,048	2,93E+06	0,01	1,814
11	07/01/00	71,0	651	22,920	1,93700	1937,00	22,971	0,290	0,22	1937,474	2,08E+06	0,02	6,866
12	08/01/00	30,7	1155	6,600	0,31500	315,00	6,618	0,700	0,28	315,295	9,52E+05	0,09	8,700
13	14/01/00	32,0	483	6,600	0,65050	650,50	6,602	0,400	0,02	650,520	7,23E+06	0,00	3,905
16	16/02/00	29,6	618	9,060	0,51000	510,00	9,062	0,681	0,02	510,071	1,61E+06	0,01	6,439
17	17/02/00	13,1	228	8,440	0,41230	412,30	8,440	0,950	0,00	412,307	3,99E+07	0,00	0,860
19	21/02/00	17,3	318	6,610	0,10800	108,00	6,620	0,800	0,15	108,037	8,48E+05	0,03	2,073
21	01/03/00	13,4	192	8,070	0,29080	290,80	8,071	0,567	0,01	290,824	2,78E+05	0,01	3,500
22	02/03/00	7,9	24	3,150	0,20740	207,40	3,151	0,600	0,03	207,417	9,04E+05	0,01	6,000
23	18/03/00	38,6	618	12,030	0,73010	730,10	12,037	0,100	0,06	730,302	1,63E+06	0,03	7,131
24	28/03/00	23,2	173	12,180	0,88970	889,70	12,073	0,300	0,88	890,268	4,90E+04	0,06	3,510
25	29/03/00	19,7	315	10,560	0,89900	899,00	10,505	0,900	0,52	899,059	3,04E+06	0,01	3,150
26	30/03/00	35,6	207	18,350	0,74100	741,00	18,295	0,550	0,30	740,770	3,84E+05	0,03	7,544
27	01/04/00	17,0	120	7,368	0,29940	299,40	7,357	0,700	0,15	299,605	3,80E+05	0,07	8,500
28	08/04/00	20,6	54	11,870	0,63600	636,00	11,874	0,500	0,04	635,943	8,40E+05	0,01	4,871
29	11/04/00	16,7	45	8,646	0,84200	842,00	8,632	0,600	0,16	842,309	1,19E+06	0,04	5,578
31	16/04/00	21,0	470	11,750	0,11400	114,00	11,745	0,800	0,04	114,029	1,12E+06	0,03	2,670
32	17/04/00	9,0	183	1,425	0,06300	63,00	1,423	0,900	0,15	63,006	4,12E+06	0,01	3,230
33	25/04/00	5,6	75	1,350	0,03675	36,75	1,354	0,537	0,33	36,759	5,50E+05	0,03	3,010
34	28/04/00	2,9	19	0,095	0,00247	2,47	0,096	0,450	0,84	2,472	2,98E+05	0,06	2,910
35	05/05/00	21,7	125	10,642	0,10340	103,40	10,646	0,400	0,04	103,539	9,50E+04	0,13	4,255
36	17/05/00	15,2	90	6,720	0,07253	72,53	6,725	0,400	0,08	72,609	7,20E+04	0,11	5,070
37	23/05/00	7,9	465	0,534	0,07460	74,60	0,534	0,500	0,02	74,610	2,57E+06	0,01	4,540
39	26/06/00	12,3	335	6,683	0,14198	141,98	6,686	0,500	0,05	141,914	3,06E+05	0,05	2,400
40	11/07/00	16,4	490	6,683	0,05300	53,00	6,671	0,500	0,18	53,007	9,80E+04	0,01	2,850
41	15/07/00	5,8	160	1,950	0,06940	69,40	1,975	0,700	1,30	69,400	4,95E+06	0,00	2,242

6.3 Análise das simulações relação à escoamento e produção de sedimentos

Apesar da notável diferença do número de cheias calibradas entre a parcela 01, a parcela 02 e a microbacia, pode-se verificar a evidência de resultados importantes. Nos primeiros dois anos a parcela 01 permaneceu desmatada e cultivada em conformidade com as normas de Wischmeier, enquanto a parcela 02, permaneceu em pousio, tendo sido observado a reconstituição da cobertura vegetal em toda a sua área.

Analisando os gráficos da produção de sedimentos das parcelas 01 e 02 percebe-se claramente a influência da cobertura vegetal sobre a parcela. A microbacia 02 apresenta um número muito reduzido de cheias calibradas dificultando assim a comparação gráfica. Como mostra os gráficos a seguir, nota-se uma influência muito grande da vegetação em termos de escoamento e produção de sedimentos. A vegetação faz com que a água da chuva entre em contato com o solo com menos intensidade, diminuindo o desprendimento das partículas da superfície do solo, conseqüentemente diminuindo a erosão, e também faz com que haja o aumento de infiltração e o baixo escoamento. A superfície do solo é constituída de partículas de fácil desprendimento, que na presença de chuva são transportadas juntamente com o escoamento. O escoamento é a parte da água de chuva que não infiltra e não evapora. Tendo este conhecimento nota-se que o valor de precipitação registrada sempre será igual ou maior do que o valor registrado de escoamento.





Lopes (2003) realizou um estudo sobre o efeito de escala na Bacia Experimental de Sumé usando o modelo KINEROS2. Esta região tem características muito semelhantes à região onde está localizada a Bacia Escola de São João do Cariri.

Os estudos dos efeitos de escala nos processos de escoamento superficial e erosão do solo são de grande relevância devido ao fato que, geralmente os modelos hidrológicos, juntamente com seus parâmetros, são utilizados na simulação do escoamento superficial e da erosão do solo de uma maneira global, tanto para bacias hidrográficas pequenas quanto para bacias hidrográficas médias. Em bacias maiores, os processos hidrológicos são afetados tanto

pelas variações dentro da bacia (clima, solo, vegetação, relevo, hidrografia), quanto pelas não linearidades destes processos (Lopes, 2003).

Alguns estudos realizados demonstraram que a escala da bacia hidrográfica realmente afeta os parâmetros relativos aos processos hidrológicos. Lopes (2003) constatou que existe efeito de escala sobre o parâmetro c_f do KINEROS2, esse parâmetro mede a erosão por impacto das gotas de chuva. Nas simulações feitas para microbacias de áreas crescentes foi constatado o aumento do parâmetro c_f com o aumento da área. Sendo assim, concluiu Lopes (2003), percebe-se claramente que o parâmetro que reflete a erosão do solo por impacto das gotas de chuva sofre efeito de escala, aumentando das escalas menores para as escalas maiores.

7.0 CONCLUSÃO

Apesar da notável diferença do número de cheias calibradas entra as parcelas, ficou evidente que a lâmina escoada e a erosão da parcela desmatada (Parcela 01) é superior a não desmatada (Parcela 02), evidenciando assim o papel da vegetação sobre o escoamento e erosão, já que as mesmas possuem praticamente a mesma declividade, em torno de 3,4% e 3,6%, respectivamente. Esses resultados permitiram quantificar a influência da vegetação sobre o escoamento e erosão.

Apesar de um número tão pequeno de cheias para a microbacia 02, podemos observar no ANEXO todos os eventos de cheias observadas. O fato de colocarmos um número reduzido de cheias é que o parâmetro K_s assumiu valores limites superiores aos encontrados em nossa região para as condições de solo pré-estabelecida. Estudos anteriores (Galvão,1990 e Lopes,2003) estimam um limite de 15 mm/h para o parâmetro, para as condições desmatada da microbacia.

A superfície do solo é constituída de partículas de fácil desprendimento, que na presença de chuva são transportadas juntamente com o escoamento. Com a presença da vegetação esse desprendimento é dificultado diminuindo assim, a erosão e o conseqüente transporte de sedimento.

O escoamento é a parte da água de chuva que não infiltra e não evapora. Tendo este conhecimento nota-se que o valor de precipitação registrada nunca será igual ou menor do que o valor registrado de escoamento.

O valor de 5,0 mm/h é mais freqüentemente encontrado na região (Galvão, 1990, citado por Lopes, 2003). No entanto, apenas a Parcela 01 apresentou um valor consideravelmente aproximado deste valor, $K_s = 3,83$ mm/h. Para a percela 2 $K_s = 5,23$ mm/h e para a microbacia 02 $K_s = 5,47$ mm/h

As simulações com o modelo KINEROS2 mostraram que o mesmo pode ser usados na modelagem do processo de erosão e vazão nos experimentos da Bacia Experimental de São João do Cariri. Um modelo deste tipo é uma ferramenta que pode ser utilizada para monitorar o comportamento de uma bacia hidrográfica, como por exemplo, prever as conseqüências de

modificações no uso do solo; as vazões decorrentes de determinadas chuvas intensas; efeito da construção de açudes; o impacto da urbanização de uma bacia, etc

A erosão do solo constitui um dos processos naturais que mais degradam o meio ambiente. Estudos deste tipo pode ser usado para prevenir vários danos causados pela erosão, como: destruição da nascente dos rios, aumento do risco de desertificação, remoção da camada fértil de zonas agrícolas.

8.0 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Cadier, E.; Creitas, B. J. de e Leprun J. C. Bacia Experimental de Sumé; instalação e primeiros resultados. Recife, SUDENE, 87 pp., 1983.

Bennett, J. P. (1974). Concepts of mathematical modeling of sediment yield. *Water Resources Research*, 10(3): 485-492.

Brooks, R. H. e Corey, A. T. (1964). Hydraulic Properties of Porous Media. *Hydrol. Paper n° 3*, Colorado State Univ., Fort Collins.

Corradini, C., Melone, F. e Smith, R. E. (1994). Modeling infiltration during complex rainfall sequences. *Water Resources Research*, 30(10), 2777-2784.

Engelund, F. e Hansen, E. (1967). A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams. *Teknish Vorlag*, Copenhagen.

Galvão, C. O. (1990). Modelagem do Escoamento Superficial e da Erosão do Solo em Microbacias. Dissertação de mestrado, DEC/CCT/UFPB.

Lopes, W. T. A. (2003). Efeitos de Escala na Modelagem Hidrossedimentológica na Região SemiÁrida da Paraíba. Dissertação de mestrado DEC/CCT/UFPB.

Meyer, L. D. e Wischmeier, W. H. (1969). Mathematical Simulation of the Process of Soil Erosion by Water. *Trans. of the ASAE* 12(6): 754-758, 762.

Smith, R. E. e Parlange, J. Y. (1978). A Parameter Efficient Hydrologic Infiltration Model. *Water Res. Res.*, 14(3): 533-538.

Smith, R. E., Corradini, C. e Melone, F. (1993). Modeling Infiltration for Multistorm Runoff Events. *Water Resources Research*, 29(1): 133-144.

Tucci, C. E. M. (1998). Modelos hidrológicos. Ed. da UFRGS/ABRH, Porto Alegre, 668p.

Woolhiser, D.A., Smith, R.E. & Goodrich, D.C.: Kineros, A kinematic runoff and erosion model: Documentation and User Manual. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-77, 130 pp., 1990.

Woolhiser, D. A., Smith, R.E. e Giraldez, J. V. (1996). Effects of Spatial Variability of Saturated Hydraulic Conductivity on Hortonian Overland Flow. *Water. Res.*, Vol. 32, nº. 3, pp 671678.

ANEXO

Figura 7: Croqui de localização das instalações de São João do Cariri



Simulações para a Parcela 01

Ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat callb.	Erro % (Lo)	E (kg/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
1	14/3/1999	21,0	207	1,425	0,08561	85,610	1,424	0,211	0,09	85,697	1,05E+06	0,10	8,859
2	18/3/1999	10,2	702	0,870	0,03405	34,050	0,878	0,600	0,93	34,114	2,12E+06	0,19	3,512
4	5/5/1999	7,1	21	1,789	0,09084	90,836	1,707	0,200	4,58	90,733	3,45E+05	0,11	3,756
5	14/5/1999	8,6	22	2,037	0,09837	98,371	2,052	0,400	0,71	98,367	1,55E+06	0,00	3,730
6	22/5/1999	10,8	79	0,363	0,01673	16,730	0,371	0,210	2,34	9,235	1,87E+05	44,80	9,715
7	6/6/1999	18,0	390	1,200	0,00923	9,225	1,216	0,600	1,34	9,214	1,24E+05	0,12	3,039
9	24/12/1999	26,0	349	6,600	0,29900	299,000	6,290	0,400	4,69	299,018	3,92E+03	0,01	2,014
10	29/12/1999	8,5	159	3,409	0,39300	393,000	3,401	0,600	0,23	393,048	2,93E+06	0,01	1,814
11	7/1/2000	71,0	651	22,920	1,93700	1937,000	22,971	0,290	0,22	1937,474	2,08E+06	0,02	6,866
12	8/1/2000	30,7	1155	6,600	0,31500	315,000	6,618	0,700	0,28	315,295	9,52E+05	0,09	8,700
13	14/1/2000	32,0	483	6,600	0,65050	650,500	6,602	0,400	0,02	650,520	7,23E+06	0,00	3,905
14	21/1/2000	31,1	97	6,559	0,29630	296,300	6,524	0,300	0,54	296,394	3,44E+04	0,03	78,500
15	14/2/2000	68,0	312	9,939	1,07000	1070,000	9,948	0,100	0,09	1072,560	2,53E+05	0,24	27,790
16	16/2/2000	29,6	618	9,060	0,51000	510,000	9,062	0,681	0,02	510,071	1,61E+06	0,01	6,439
17	17/2/2000	13,1	228	8,440	0,41230	412,300	8,440	0,950	0,00	412,307	3,99E+07	0,00	0,860
18	18/2/2000	7,0	198	1,235	0,04250	42,500	1,235	0,600	0,01	42,517	2,02E+05	0,04	12,915
19	21/2/2000	17,3	318	6,610	0,10800	108,000	6,620	0,800	0,15	108,037	8,48E+05	0,03	2,073
21	1/3/2000	13,4	192	8,070	0,29080	290,800	8,071	0,567	0,01	290,824	2,78E+05	0,01	3,500
22	2/3/2000	7,9	24	3,150	0,20740	207,400	3,151	0,600	0,03	207,417	9,04E+05	0,01	6,000
23	18/3/2000	38,6	618	12,030	0,73010	730,100	12,037	0,100	0,06	730,302	1,63E+06	0,03	7,131
24	28/3/2000	23,2	173	12,180	0,88970	889,700	12,073	0,300	0,88	890,268	4,90E+04	0,06	3,510
25	29/3/2000	19,7	315	10,560	0,89900	899,000	10,505	0,900	0,52	899,059	3,04E+06	0,01	3,150
26	30/3/2000	35,6	207	18,350	0,74100	741,000	18,295	0,550	0,30	740,770	3,84E+05	0,03	7,544
27	1/4/2000	17,0	120	7,368	0,29940	299,400	7,357	0,700	0,15	299,605	3,80E+05	0,07	8,500
28	8/4/2000	20,6	54	11,870	0,63600	636,000	11,874	0,500	0,04	635,943	8,40E+05	0,01	4,871
29	11/4/2000	16,7	45	8,646	0,84200	842,000	8,632	0,600	0,16	842,309	1,19E+06	0,04	5,578
30	12/4/2000	61,0	200	24,997	1,79400	1794,000	24,920	0,500	0,31	1796,572	3,05E+05	0,14	12,320
31	16/4/2000	21,0	470	11,750	0,11400	114,000	11,745	0,800	0,04	114,029	1,12E+06	0,03	2,670
32	17/4/2000	9,0	183	1,425	0,06300	63,000	1,423	0,900	0,15	63,006	4,12E+06	0,01	3,230
33	25/4/2000	5,6	75	1,350	0,03675	36,750	1,354	0,537	0,33	36,759	5,50E+05	0,03	3,010
34	28/4/2000	2,9	19	0,095	0,00247	2,470	0,096	0,450	0,84	2,472	2,98E+05	0,06	2,910

Continuação...

35	5/5/2000	21,7	125	10,642	0,10340	103,400	10,646	0,400	0,04	103,539	9,50E+04	0,13	4,255
36	17/5/2000	15,2	90	6,720	0,07253	72,530	6,725	0,400	0,08	72,609	7,20E+04	0,11	5,070
37	23/5/2000	7,9	465	0,534	0,07460	74,600	0,534	0,500	0,02	74,610	2,57E+06	0,01	4,540
39	26/6/2000	12,3	335	6,683	0,14198	141,980	6,686	0,500	0,05	141,914	3,06E+05	0,05	2,400
40	11/7/2000	16,4	490	6,683	0,05300	53,000	6,671	0,500	0,18	53,007	9,80E+04	0,01	2,850
41	15/7/2000	5,8	160	1,950	0,06940	69,400	1,975	0,700	1,30	69,400	4,95E+06	0,00	2,242
42	22/7/2000	6,1	565	2,483	0,24590	245,900	2,454	0,700	1,16	245,943	1,39E+06	0,02	0,591
43	26/7/2000	15,4	7	7,530	0,23841	238,410	7,530	0,500	0,00	238,627	1,41E+05	0,09	8,390
44	1/8/2000	14,2	765	4,800	0,08137	81,370	4,848	0,700	0,99	81,329	4,98E+05	0,05	0,500
45	6/8/2000	14,9	1195	2,701	0,14160	141,600	2,709	0,300	0,31	141,642	1,53E+06	0,03	17,535
49	8/3/2001	25,0	150	8,610	0,22236	222,360	8,611	0,300	0,01	222,398	7,89E+05	0,02	8,796
51	11/3/2001	9,0	104	4,977	0,08787	87,870	4,988	0,850	0,21	87,823	7,24E+05	0,05	3,512
54	27/3/2001	39,0	256	23,440	0,84524	845,240	23,442	0,400	0,01	845,835	3,14E+05	0,07	9,450
55	30/3/2001	24,2	81	0,130	0,00123	1,230	0,121	0,300	7,15	1,233	2,44E+04	0,25	31,900
57	2/4/2001	7,0	66	3,663	0,33847	338,470	3,667	0,800	0,12	338,961	1,57E+04	0,15	1,490
59	14/6/2001	15,4	726	6,600	0,09700	97,000	6,627	0,900	0,40	97,228	1,88E+06	0,24	2,160
60	26/6/2001	32,6	882	18,800	0,21977	219,770	18,810	0,400	0,06	219,792	3,89E+05	0,01	0,640
61	2/7/2001	5,3	346	0,148	0,00074	0,740	0,149	0,600	0,54	0,741	1,13E+06	0,12	1,586
62	20/7/2001	10,0	1009	0,900	0,00802	8,020	0,901	0,400	0,07	8,021	3,45E+06	0,01	0,773
63	3/8/2001	11,0	555	0,450	0,00660	6,600	0,450	0,400	0,03	6,607	7,10E+06	0,11	0,885
64	12/8/2001	4,3	459	0,090	0,00025	0,250	0,089	0,550	0,94	0,251	3,00E+03	0,35	2,350
65	22/8/2001	6,8	195	1,413	0,00465	4,650	1,409	0,500	0,28	4,603	1,35E+04	1,01	1,600
68	29/12/2001	9,4	117	4,650	0,19283	192,825	4,663	0,350	0,29	193,180	7,75E+05	0,18	3,010
69	1/1/2002	17,8	1638	4,950	0,05792	57,920	4,953	0,700	0,06	57,920	1,34E+06	0,00	1,890
70	2/1/2002	28,2	402	22,920	0,30262	302,622	22,936	0,900	0,07	302,688	9,32E+05	0,02	0,490
71	4/1/2002	40,0	360	32,370	0,35969	359,691	32,375	0,900	0,01	359,690	7,18E+05	0,00	0,810
72	6/1/2002	10,5	1002	6,600	0,09520	95,200	6,613	0,900	0,19	95,166	1,71E+06	0,04	1,150
73	10/1/2002	7,2	153	3,750	0,10118	101,175	3,750	0,700	0,01	101,126	3,66E+05	0,05	3,489
74	11/1/2002	4,7	1035	3,355	0,04793	47,933	3,346	0,950	0,28	47,956	2,95E+05	0,05	0,070
75	22/1/2002	4,3	15	1,280	0,04420	44,200	1,275	0,460	0,39	44,204	4,07E+05	0,01	2,956
76	3/2/2002	72,0	120	29,670	1,16310	1163,100	29,661	0,100	0,03	1161,133	1,65E+05	0,17	30,300
77	5/2/2002	5,4	90	1,350	0,03996	39,960	1,350	0,900	0,03	39,938	9,21E+05	0,06	7,665
81	13/2/2002	6,0	297	0,900	0,02700	27,000	0,907	0,900	0,80	27,041	4,70E+05	0,15	6,350
82	15/2/2002	66,0	252	28,320	0,71582	715,820	28,345	0,500	0,09	715,930	1,36E+05	0,02	11,850
83	4/3/2002	17,0	415	5,100	0,61695	616,950	5,103	0,400	0,06	616,966	1,37E+06	0,00	4,350
84	5/3/2002	52,0	170	32,370	1,27600	1276,000	32,324	0,600	0,14	1276,257	1,11E+06	0,02	7,520
85	8/3/2002	4,0	60	2,250	0,05903	59,025	2,254	0,900	0,16	59,028	1,75E+06	0,00	2,350
86	18/3/2002	7,0	300	2,732	0,12947	129,466	2,733	0,300	0,03	129,429	7,82E+05	0,03	2,900
88	7/5/2002	80,0	1296	27,060	0,58788	587,878	27,080	0,200	0,07	587,851	2,59E+05	0,00	7,605
89	10/5/2002	3,0	27	0,020	0,00016	0,160	0,022	0,900	12,29	0,162	6,00E+02	1,37	8,370
90	26/5/2002	7,6	267	0,070	0,00021	0,210	0,073	0,500	4,65	0,210	1,71E+05	0,16	1,897
92	7/6/2002	12,0	164	2,150	0,05113	51,130	2,165	0,400	0,69	51,151	1,39E+06	0,04	1,590

Simulações para a Parcela 02

ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat calib.	Erro % (Lo)	E (kg/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
1	14/03/99	21,0	207	0,795	0,037040	37,040	0,799	0,310	0,54	36,795	2,20E+06	0,66	11,60
2	18/03/99	10,2	702	0,464	0,015047	15,047	0,462	0,698	0,42	15,047	1,58E+06	0,00	6,00
3	30/04/99	11,4	30	1,570	0,042290	42,290	1,564	0,280	0,39	42,303	4,90E+05	0,03	8,80
4	05/05/99	7,1	21	1,607	0,035670	35,670	1,583	0,422	1,52	35,372	1,22E+05	0,84	7,10
6	22/05/99	10,8	79	0,256	0,009875	9,875	0,255	0,200	0,39	9,888	3,30E+05	0,13	13,50
7	06/06/99	18,0	390	1,163	0,008281	8,281	1,163	0,250	0,00	8,267	1,26E+05	0,17	2,29
9	24/12/99	26,0	349	5,400	0,077000	77,000	5,360	0,000	0,74	76,940	4,20E+02	0,08	2,30
10	29/12/99	8,5	159	2,158	0,048100	48,100	2,160	0,400	0,09	48,319	3,60E+05	0,46	2,35
11	07/01/00	71,0	651	19,460	0,246000	246,000	19,579	0,300	0,61	246,319	1,53E+05	0,13	9,93
12	08/01/00	30,7	1155	6,464	0,015500	15,500	6,440	0,800	0,37	32,360	0,00E+00	108,77	11,00
13	14/01/00	32,0	483	6,500	0,021400	21,400	6,446	0,700	0,83	23,823	0,00E+00	11,32	5,80
15	14/02/00	68,0	312	8,170	0,224000	224,000	8,214	0,000	0,54	223,352	3,60E+04	0,29	31,00
16	16/02/00	29,6	618	7,810	0,193000	193,000	7,813	0,500	0,04	193,277	5,22E+05	0,14	6,85
17	17/02/00	13,1	228	2,659	0,216620	216,620	2,651	0,800	0,30	215,582	1,75E+07	0,48	2,52
18	18/02/00	7,0	198	0,600	0,036800	36,800	0,600	0,500	0,00	36,789	2,90E+05	0,03	17,00
19	21/02/00	17,3	318	2,280	0,005000	5,000	2,266	0,700	0,61	9,540	0,00E+00	90,80	6,10
21	01/03/00	13,4	192	7,650	0,100720	100,720	7,641	0,700	0,12	100,379	3,60E+04	0,34	7,40
22	02/03/00	7,9	24	1,500	0,008620	8,620	1,503	0,700	0,20	10,300	0,00E+00	19,49	25,00
23	18/03/00	38,6	618	6,666	0,006600	6,600	6,671	0,500	0,08	69,390	0,00E+00	951,36	17,10
24	28/03/00	23,2	173	6,720	0,111200	111,200	6,757	0,500	0,55	111,986	4,80E+04	0,71	11,05
25	29/03/00	19,7	315	5,625	0,024600	24,600	5,578	0,900	0,84	39,508	0,00E+00	60,60	14,00
26	30/03/00	35,6	207	8,504	0,027860	27,860	8,442	0,900	0,73	106,679	0,00E+00	282,91	39,00
27	01/04/00	17,0	120	6,666	0,042800	42,800	6,710	0,900	0,66	56,960	0,00E+00	33,08	19,00
28	08/04/00	20,6	54	3,675	0,117900	117,900	3,653	0,600	0,60	117,388	5,75E+04	0,43	28,40
29	11/04/00	16,7	45	3,050	0,021390	21,390	3,072	0,500	0,72	21,288	7,00E+03	0,48	18,50
30	12/04/00	61,0	200	10,800	0,031470	31,470	10,883	0,700	0,77	64,782	0,00E+00	105,85	30,32
31	16/04/00	21,0	470	6,570	0,008960	8,960	6,508	0,800	0,94	21,393	0,00E+00	138,76	4,95
32	17/04/00	9,0	183	0,003	0,000020	0,020	0,027	0,900	724,24	0,000	0,00E+00	100,00	6,00
35	05/05/00	21,7	125	6,321	0,000100	0,100	6,317	0,300	0,06	31,691	0,00E+00	31591,34	9,00
52	14/03/01	5,0	120	0,040	0,000720	0,720	0,040	0,500	0,50	0,722	5,75E+04	0,26	3,12
53	18/03/01	14,2	9	0,060	0,000330	0,330	0,060	0,500	0,00	0,331	4,05E+03	0,22	71,40
54	27/03/01	39,0	256	2,614	0,016371	16,371	2,597	0,200	0,66	16,383	7,70E+03	0,07	52,70
57	02/04/01	7,0	66	0,100	0,000600	0,600	0,101	0,500	0,80	0,602	3,70E+03	0,41	8,78

Continuação...

68	29/12/01	9,4	117	2,840	0,019830	19,830	2,834	0,3	0,22	19,783	2,30E+04	0,24	7,50
69	01/01/02	17,8	1638	1,950	0,040839	40,839	1,933	0,500	0,87	40,583	1,95E+06	0,63	2,83
70	02/01/02	28,2	402	8,100	0,090300	90,300	8,178	0,700	0,97	90,945	7,30E+03	0,71	3,90
71	04/01/02	40,0	360	31,050	0,078075	78,075	30,854	0,900	0,63	151,730	0,00E+00	94,34	1,10
72	06/01/02	10,5	1002	0,900	0,037800	37,800	0,900	0,850	0,02	37,827	1,00E+06	0,07	10,10
73	10/01/02	7,2	153	3,075	0,015180	15,180	3,096	0,850	0,68	16,671	0,00E+00	9,82	10,90
75	22/01/02	4,3	15	0,750	0,016425	16,425	0,756	0,500	0,86	16,581	2,70E+05	0,95	6,56
76	03/02/02	72,0	120	28,350	0,535405	535,405	28,579	0,100	0,81	534,233	3,30E+04	0,22	36,10
77	05/02/02	5,4	90	1,240	0,021670	21,670	1,238	0,700	0,20	21,524	1,06E+06	0,67	4,10
82	15/02/02	66,0	252	27,00	0,105980	105,980	26,955	0,800	0,17	390,963	0,00E+00	268,90	21,00
83	04/03/02	17,0	415	3,6	0,232590	232,590	3,623	0,500	0,63	233,667	1,14E+02	0,46	11,8
84	05/03/02	52,0	170	28,125	0,737438	737,438	28,196	0,500	0,25	734,703	6,50E+05	0,37	10,10
85	08/03/02	4,0	60	2,1	0,023220	23,220	2,100	0,900	0,02	23,167	6,00E+05	0,23	3,15
86	18/03/02	7,0	300	2,3125	0,035813	35,813	2,294	0,600	0,80	35,745	1,25E+05	0,19	7,31
88	07/05/02	80,0	1296	15,237	0,080328	80,328	15,312	0,500	0,49	89,604	0,00E+00	11,55	18,00
92	07/06/02	12,0	164	1,25	0,008315	8,315	1,257	0,200	0,60	8,388	8,20E+04	0,88	1,81

Simulações para a Microbacia 02

Ch	Data	Chuva	Duração	Lo (mm)	Eo (ton/ha)	Eo (kg/ha)	L (mm)	Sat calib.	Erro % (Lo)	E (ton/ha)	cf	Erro % (Eo)	Ks (mm/h)
69	1/1/2002	17,8	1638	0,0012	0,0000211	0,0211	0,0012	0,619	0,83	0,021	8,90E+05	0,42	7,500
70	2/1/2002	28,2	402	0,0549	0,0007348	0,7348	0,0549	0,656	0,09	0,735	5,50E+05	0,03	19,179
74	11/1/2002	4,7	1035	0,0094	0,0001485	0,1485	0,0096	0,600	1,96	0,149	1,46E+09	0,17	5,248
77	5/2/2002	5,4	90	0,0088	0,0001105	0,1105	0,0087	0,556	1,51	0,112	3,40E+04	1,32	5,000
80	12/2/2002	31,0	260	0,1080168	0,0008342	0,8342	0,1109	0,800	2,63	0,838	5,35E+06	0,51	3,461
81	13/2/2002	6,0	297	0,00442	0,0000309	0,0309	0,0045	0,800	0,72	0,031	3,15E+05	0,16	6,945
83	4/3/2002	17,0	415	0,0007642	0,0000126	0,0126	0,0008	0,100	0,76	0,013	2,90E+04	0,27	17,340
85	8/3/2002	4,0	60	0,0031578	0,0000331	0,0331	0,0030	0,700	4,40	0,033	1,77E+05	0,17	4,687