



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

Planejamento de sistemas de terraceamento utilizando o software Terraço 3.0

Doutor Fernando França da Cunha

Curso de Agronomia, *Campus* de Chapadão do Sul, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Rodovia MS 306, Km 105, CEP: 79560-000 - Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil. **E-mail:** fernando.cunha@ufms.br

Doutor Aguinaldo José Freitas Leal

Curso de Agronomia, *Campus* de Chapadão do Sul, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Tutor Bolsista PET. Rodovia MS 306, Km 105, CEP: 79560-000 - Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil. **E-mail:** aguinaldo.leal@ufms.br

Doutor Cassiano Garcia Roque

Curso de Agronomia, *Campus* de Chapadão do Sul, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Rodovia MS 306, Km 105, CEP: 79560-000 - Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil. **E-mail:** cassiano.roque@ufms.br

ARTICLE HISTORY

Received: 15 February 2011

Accepted: 28 July 2011

PALAVRAS-CHAVE:

Conservação do solo e da água
Erosão hídrica
Hidrologia

RESUMO

Terraceamento é uma prática conservacionista de caráter mecânico, cuja implantação envolve a movimentação de terra, por meio de cortes e aterros, visando o controle do escoamento superficial das águas de chuva. Objetivou-se no presente trabalho dimensionar e locar um sistema de terraceamento em nível e em gradiente considerando a pastagem como cobertura vegetal, com e sem preparo do solo, utilizando o *software* Terraço 3.0. A bacia hidrográfica em estudo situa-se no município de Viçosa-MG, com uma área de 3,99 ha, não apresentando curso d'água permanente. A bacia estava ocupada com pastagem e com uma cobertura do solo de 50%. Possuía uma declividade média de 56% e não apresentava vestígios de erosão. Foram levantados os parâmetros relacionados ao solo, uso e manejo e perfil das encostas. O número de terraços não foi alterado pelo seu tipo, gradiente ou nível. Já o preparo ou não do solo alterou o número de terraços. Foram necessários 20 e 12 terraços para solos que recebem e não recebem preparo do solo, respectivamente. O *software* Terraço 3.0 mostrou-se uma ferramenta eficiente para o dimensionamento e locação dos terraços além de permitir simular diferentes sistemas de terraço e preparo do solo.

KEY-WORDS:

Soil and water conservation
Water erosion
Hydrology

ABSTRACT – Planning of terracing systems using Terraço 3.0 software. Terracing is a conservation system of mechanical character, whose the implantation involves the movement of the soil, by means of the cut and filled-in, aiming at the control of rain the superficial water draining. It was aimed to create and to implant a system of contour terrace and terrace with gradient in the field with and without soil preparation, being used Terraço 3.0 software. The watershed is situated in Viçosa, Brazil, with an area of 3.99 ha, not presenting a river. The watershed was busy with grass and a soil cover of the 50%. It had an average declivity of 56% and it did not present vestiges of the erosion. The relative parameters to the soil, the use and the manipulation and the profile of ground had been raised. The number of the terrace was not modified by the type of terrace, contour and gradient terrace. Already the preparation of the modified the number of terraces. The area that received preparation from the ground presented 20 terraces and the area that did not receive preparation presented 12 terraces. Software is an efficient tool to create and to implant terraces beyond simulating different systems of terrace and preparation of the soil.

PALABRAS-CLAVES:

Conservación del suelo y del agua
Erosión hídrica
Hidrología

RESUMEN – PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN DE TERRAZAS UTILIZANDO EL SOFTWARE “TERRAÇO 3.0”. La Construcción de terrazas es una práctica conservacionista de carácter mecánico, cuya implantación envuelve el movimiento de tierra por medio de cortes y aterramiento, visando el control del escurrimiento superficial del agua de las lluvias. Objetivó en el presente trabajo, dimensionar y posicionar un sistema de Construcción de terrazas en nivel y en gradientes, considerando el pastaje como cobertura vegetal, con y sin preparo del suelo, utilizando el software Terraço 3.0. La cuenca hidrográfica en estudio se ubica en el ayuntamiento de Viçosa-MG, con una área de 3,99 ha, no presentando curso del agua permanente. La cuenca estaba ocupada con pastaje y con una cobertura del suelo en 50%. Poseía una declividad media de 56% y no presentaba vestigios de erosión. Fueron colectados los parámetros relacionados al suelo, uso y manejo y perfil de las cuestas. El número de terrazas no fue alterado por su tipo, gradiente o nivel. Ya, el preparo o no del suelo alteró el número de terrazas. Fueron necesarios 20 y 12 terrazas para suelos que reciben y no reciben preparo del suelo, respectivamente. El software “Terraço 3.0” se mostró una herramienta eficiente para el dimensionamiento y posición de las terrazas, además de permitir simular diferentes sistemas de terraza y preparo del suelo.

1. Introdução

A erosão dos solos é um extenso, sério e crescente problema no Brasil, onde se perdem, a cada ano, 600 milhões de toneladas de solo agrícola. Segundo GRIEBELER et al. (2000), essas perdas correspondem a uma perda anual de 0,5% da área nacional ocupada por lavouras, considerando-se uma camada arável de 0,2 m e densidade de 1,0 g cm⁻³.

A erosão tende a elevar os custos de produção dos produtos agropecuários, uma vez que aumenta a necessidade de uso de corretivos e fertilizantes e reduz a eficiência operacional das máquinas, além dos custos adicionais com as próprias práticas para controle da erosão (GRIEBELER et al., 2000).

Segundo PIRES e SOUZA (2003), as práticas de controle da erosão podem ser: edáficas, em que modificações no sistema de cultivo, além de controlar a erosão, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo; vegetativas, em que se protege o solo usando a própria vegetação para defendê-lo da ação direta da precipitação e escoamento; e mecânicas, quando se recorre a estruturas artificiais, construídas pelo homem, através da movimentação adequada de porções de terra. Estas práticas podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto. A utilização conjunta de práticas surte maior efeito que o uso de práticas isoladas, devendo assim, ser priorizada.

Segundo MIRANDA et al. (2004), dentre as principais práticas mecânicas destaca-se o sistema de terraceamento em terras agrícolas que é uma das práticas mais difundidas entre os agricultores brasileiros para o controle da erosão hídrica, consistindo basicamente na construção de terraços, os quais são estruturas compostas por um dique e um canal, dispostos no sentido transversal à declividade do terreno, formando obstáculos físicos com a intenção de reduzir a velocidade do escoamento superficial e ordenar o movimento da água sobre a superfície do terreno (Figura 1).



Figura 1. Terraço agrícola (Fonte: SPAROVEK, 2009).

O terraceamento deve ser usado apenas quando não é possível controlar a erosão, em níveis satisfatórios, com a adoção de outras práticas mais simples de conservação do solo. Segundo CRUCIANI (1987), o custo de construção e manutenção de um sistema de terraceamento é relativamente alto, portanto, antes de sua adoção deve-se fazer um estudo criterioso sobre as condições locais, como clima, solo, sistema de cultivo, cultura a ser implantada, relevo do terreno e equipamentos disponíveis, para que se tenha segurança e eficiência no controle da erosão. Além disso, o rompimento de um terraço pode levar à destruição dos demais que estiverem a jusante, com grandes prejuízos para a área cultivada.

Com o desenvolvimento da ferramenta computacional, vêm surgindo modelos capazes de considerar um número maior de fatores intervenientes, permitindo realizar o dimensionamento de forma mais precisa. Dentre os modelos utilizados para este fim pode-se citar o modelo matemático "Terraço for Windows", que é um *software* desenvolvido por PRUSKI e GRIEBELER (1996), aplicado para o dimensionamento de terraços em gradiente ou em nível utilizando-se, para tal, dados específicos da região e da cultura em questão, como precipitação pluvial máxima esperada para períodos de retorno escolhidos pelo projetista, tipo de solo, taxa de infiltração básica de água no solo, declividade do terreno, manejo do solo, de culturas e de resíduos culturais e altura da crista do terraço, que pode ser construído em função das condições topográficas do terreno e do equipamento disponível para a sua construção.

Diante do exposto, no presente trabalho objetivou-se dimensionar e locar um sistema de terraceamento em nível e em gradiente considerando a pastagem como cobertura vegetal e com e sem preparo do solo, utilizando o *software* Terraço 3.0.

2. Material e Métodos

A bacia hidrográfica em estudo situa-se no distrito de Palmital, município de Viçosa-MG, com uma área de 3,99 ha, não apresentando curso d'água permanente.

O dimensionamento e locação dos terraços na bacia hidrográfica de Palmital consistiram primeiramente, no levantamento dos parâmetros relacionados ao solo, uso e manejo e perfil das encostas.

A bacia é atualmente ocupada com pastagem e com uma cobertura média anual da superfície do solo em torno de 50%. Possui uma declividade média de 56% e não apresenta vestígios de erosão. A identificação dos parâmetros da bacia foi realizada por SILVA (2002) e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas da área em estudo.

Parâmetro	Valor
Área (ha)	3,99
Declividade média (%)	56,1
Tipo de uso	Pastagem natural
Cobertura vegetal (%)	50 – 90
Solo	Latossolo vermelho-amarelo
Classe textural	Franco-argilo-arenosa
T_{ic} (mm h ⁻¹)	68

Fonte: SILVA (2002).

SILVA (2002) obteve o Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno a partir de pontos coletados em campo com o uso de GPS. Este “grid” de elevação facilitou a etapa de locação, uma vez que o *software* Terraço 3.0 processa imagens “raster” para locação dos terraços.

Para dimensionar e alocar em planta os sistemas de terraceamento em nível e gradiente foi utilizado o *software* Terraço 3.0, versão atualizada do *software* Terraço 2.0, ambos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (GPRH) do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Segundo GRIEBELER et al. (2005b) o *software* Terraço 2.0, utiliza equações para o cálculo do espaçamento vertical entre terraços e para a determinação da seção transversal para reter o escoamento superficial produzido na área entre os terraços, bem como apresenta recomendações que auxiliam o usuário na escolha do tipo de terraço a ser implantado. Para o funcionamento do *software* são necessárias informações fisiográficas da área na qual se deseja implantar o sistema de terraceamento.

O *software* Terraço 3.0 não faz o dimensionamento nem a locação do canal escoadouro. Diante disso utilizou-se o *software* Canal, também desenvolvido pelo GPRH, para o dimensionamento do conduto livre de seção regular que servirá de canal escoadouro para os terraços em gradiente.

Para a locação dos terraços, necessitou-se dos seguintes parâmetros de entrada: Precipitação: A equação de intensidade-duração-frequência da precipitação foi obtida por meio do *software* Pluvio, já incorporado ao *software* Terraço 3.0. Assim, foram obtidos os parâmetros relativos a equação (K, a, b, c), utilizando a ferramenta “Consulta”, selecionando-se a localidade, por meio das coordenadas geográficas, latitude 20° 45’ e longitude 42° 51’, onde os resultados obtidos referem-se à interpolação dos dados para o Estado de Minas Gerais (Figura 2).

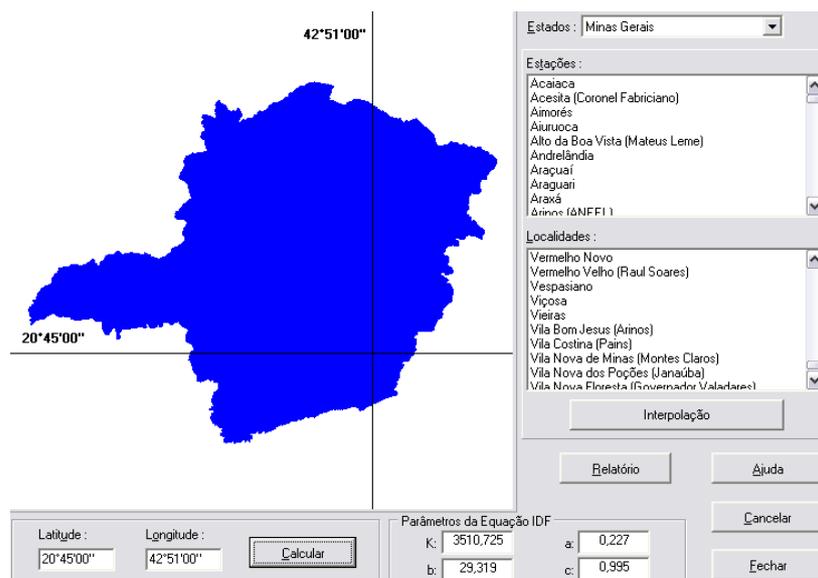


Figura 2. Obtenção dos dados para a equação de intensidade-duração-frequência da precipitação pluviométrica.

PRUSKI et al. (2004) cita que a chuva crítica para o projeto de obras hidráulicas é escolhida com base em critérios econômicos, sendo o período de retorno de 5 a 10 anos normalmente utilizado no caso de projeto de sistema de drenagem agrícola de superfície. Sendo assim foi adotado o período de retorno de 10 anos.

A lâmina de escoamento superficial (ES, mm) é determinada utilizando o modelo desenvolvido por PRUSKI et al. (1997), o qual se baseia na seguinte equação:

$$ES = PT I_a - I$$

(1)

em que,

PT = precipitação total, mm;

I_a = abstrações iniciais, mm, e

I = infiltração da água no solo, mm.

Canal: A forma do canal adotada foi triangular visto que a utilização de máquinas na área é impraticável sendo necessária à construção dos canais manualmente com uso de enxadas. Para a locação de canais triangulares, foram fornecidas a rugosidade do canal para grama e algumas ervas daninhas um valor normal de 0,030, declividade da parede de montante do terraço (S_m) como 0,721 e coeficiente de desuniformidade da seção transversal como 1,45.

A altura recomendável para o canal foi obtida pela equação 2.

$$Hr = H \sqrt{Cd} + 0,10$$

(2)

em que,

Hr = altura recomendada para o terraço ou dreno, m;

H = altura de água acumulada ou transportada pelo terraço ou dreno considerando sua seção transversal uniforme, m; e

Cd = coeficiente de desuniformidade, adimensional.

O valor considerado para folga foi de 0,10 m, que é normalmente adotada no dimensionamento de qualquer tipo de canal.

Tipo de terraço: A escolha do tipo de terraço e metodologia para cálculo do espaçamento foi realizada com base nas recomendações de LOMBARDI NETO et al. (1994), visto que dentre as opções fornecidas pelo *software* Terraço 3.0, é o único autor que contempla terraços em declividades superiores a 50% e a área em estudo possui uma declividade média superior, 56%. A metodologia proposta por PARANÁ (1994) contempla apenas declividades inferiores a 20%, pelo fato de usar tabelas, não possibilita extrapolação.

O método de LOMBARDI NETO et al. (1994) para o cálculo do espaçamento entre terraços exige a identificação de parâmetros referentes à cultura a ser implantada (u), resistência do solo à erosão (k), declividade média do terreno e o tipo de preparo do solo utilizado (m). Como verificado em visita técnica, a área é utilizada como pastagem (u = 1,75). No item referente ao manejo foram consideradas duas hipóteses para realização da modelagem, a primeira que o mesmo não possui nenhum tipo de preparo primário, ou seja, o revolvimento do solo é mínimo se ajustando, portanto, no Grupo 5 (m = 2,0) e a segunda considerando o preparo do solo com grade aradora, Grupo 1 (m = 0,5). Quanto à resistência à erosão, o solo foi enquadrado no Grupo B, por possuir boa permeabilidade e apresentar textura média (Tabela 1).

Está apresentado na equação 3 o cálculo do espaçamento vertical proposto por LOMBARDI NETO et al. (1991).

$$EV = \frac{0,4518k.S_1^{0,58}(u + m)}{2}$$

(3)

em que,

EV = espaçamento vertical entre terraços, m;

K = parâmetro que depende do tipo de solo;

Si = declividade do terreno, em %;

U = fator de uso do solo; e

M = fator de manejo do solo.

Cobertura vegetal: Foi selecionada como uso da terra a opção pastagem para pastoreio. Adotando-se a pastagem, o *software* não admite alterações no tratamento, sendo admitido o padrão com curvas de nível. A condição hidrológica considerada foi “Má”, devido à bacia apresentar relativamente baixa cobertura do solo.

Solo: A taxa de infiltração estável (Tie) foi identificada por SILVA (2002) como sendo igual a 68 mm h⁻¹. O solo da areia, segundo EMBRAPA (1988) apresenta textura média, apresentando teor médio de argila de 23,5%, silte 18% e areia 58,5%.

Os terraços em nível são construídos com o canal em nível e as extremidades bloqueadas, de modo que a água decorrente do escoamento superficial seja retida e infiltrada no canal. Já os terraços de drenagem ou em gradiente, são construídos com o canal em pequeno declive (0,1%), acumulando o excedente de água e conduzindo-o para fora da área protegida por meio de um canal escoadouro.

No módulo “Processamento de imagens” abriu-se as imagens contendo informações de elevação e declividade geradas por SILVA (2002), para a realização da locação do sistema de terraceamento. Após a entrada dos arquivos correspondentes às imagens de elevação e declividade pressionou-se o botão “Processar” gerando-se a locação em planta.

Ambos os terraços, em nível e em gradiente, foram locados em intervalos dimensionados pelo módulo “locação”, no sentido transversal ao declive, com os dados de entrada apresentados nas Figuras 3A e 3B, para terraço em nível e em gradiente, respectivamente.

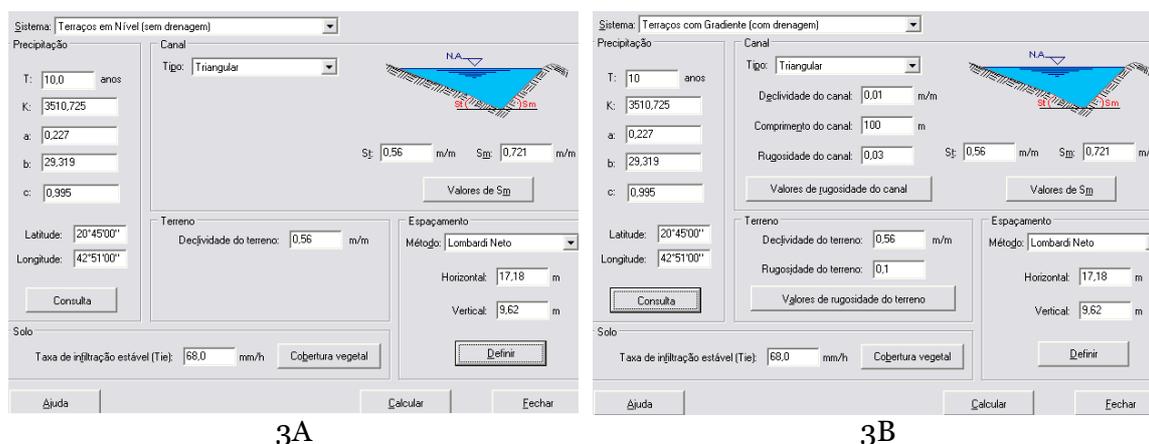


Figura 3. Parâmetros de entrada para o dimensionamento de terraços em nível (3A) e em gradiente (3B) no *software* Terraço 3.0.

O canal escoadouro foi dimensionado no centro da bacia experimental e seu dimensionamento foi realizado na forma trapezoidal e para o trecho todo, ou seja, acumulou-se a vazão em toda sua extensão.

A profundidade do canal foi então determinada como incógnita no dimensionamento e calculada a partir dos dados expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros para o dimensionamento do canal escoadouro.

Parâmetro	Valor
Vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,45
Declividade (m m^{-1})	0,56
Coefficiente de Rugosidade	0,10 (canal revestido por vegetação)
Folga (m)	0,10
Inclinação do talude (m m^{-1})	1,0
Comprimento do canal (m)	345
Largura da base (m)	0,30

Fonte: SILVA (2002).

3. Resultados e Discussão

Todas as informações sobre a locação, dimensionamento dos terraços e do canal escoadouro do terraço em gradiente estão nas Figuras 4 a 6. Além da forma apresentada o *software* apresenta a opção de exportação dos valores gerados no dimensionamento em forma de um relatório para impressão. No dimensionamento do sistema de terraceamento em gradiente, considerando o não preparo do solo, a vazão para cada terraço foi de aproximadamente $34,43 \text{ L s}^{-1}$, o que proporcionou uma altura de canal real de $0,188 \text{ m}$, para uma declividade da parede do canal de $0,721 \text{ m m}^{-1}$, espaçamento médio vertical e horizontal de $9,62$ e $17,2 \text{ m}$, respectivamente (Figura 4A).

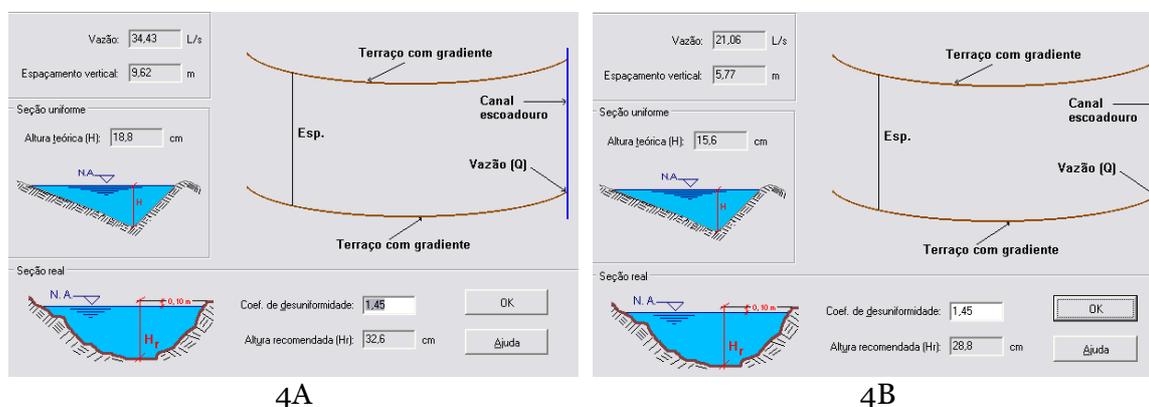


Figura 4. Resultados fornecidos pelo *software* Terraço 3.0 para o sistema de terraceamento em gradiente, para uso do solo com pastagem, sem preparo (4A) e com preparo do solo (4B), para um comprimento do terraço de 100 m .

Considerando o dimensionamento do terraço em gradiente com preparo do solo ($m = 2,0$), há uma redução na vazão para $21,06 \text{ L s}^{-1}$ (Figura 4B), em virtude da redução no espaço vertical. Assim, há necessidade de construção de um maior número de terraços, reduzindo a área de influência (Tabela 2 e 3) e conseqüentemente o volume de escoamento superficial. Com isso a uma menor demanda de altura para os terraços, fator que facilita a sua construção, principalmente nestas condições de alta declividade.

As informações sobre a locação, dimensionamento dos terraços em nível (sem drenagem) está na Figura 5. O espaçamento vertical entre os terraços independe do sistema de terraceamento, apresentando valores iguais para terraceamento em nível e em gradiente, entretanto este sofre grande influência do sistema de manejo do solo adotado na área e são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

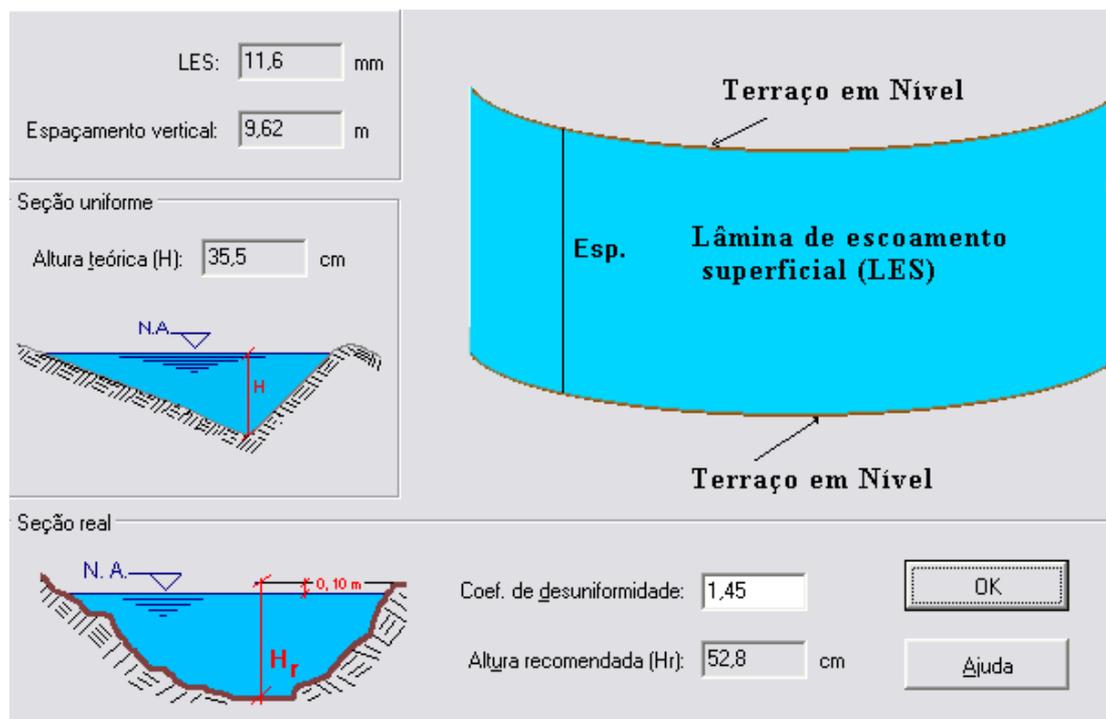


Figura 5. Resultados fornecidos pelo *software* Terraço 3.0 para o sistema de terraceamento em nível, para pastagem sem preparo do solo.

Tabela 3. Relação dos terraços locados em nível na microbacia, considerando o não preparo do solo e sua utilização com pastagem.

Terraço	Cota (m)	Ev (m)	Dm (%)	L (m)	AI (m ²)	Hr (m)
1	899,04	6,90	31,58	78,91	1.386	0,46
2	889,06	9,95	59,32	95,00	1.419	0,51
3	880,79	8,28	43,18	150,09	2.249	0,47
4	871,43	9,25	52,3	171,7	2.804	0,51
5	861,12	10,47	64,81	214,12	2.912	0,50
6	850,76	10,35	63,52	241,64	3.548	0,51
7	840,76	10,19	61,83	305,20	4.315	0,50
8	830,07	10,27	62,68	294,43	4.727	0,53
9	819,86	10,14	61,32	281,86	4.560	0,53
10	809,89	9,95	59,29	223,48	4.144	0,56
11	800,62	9,39	53,67	134,35	2.921	0,58
12	792,21	8,15	42,04	68,20	1.907	0,60
Comprimento total dos terraços (m)					2258,98	

Ev - Espaço Vertical; Dm - declividade média; L - Comprimento do terraço; Ai - Área de influência; Hr - altura recomendada;

Tabela 4. Relação dos terraços locados em nível na microbacia, considerando o preparo do solo, em uma eventual reforma da pastagem.

Terraço	Cota (m)	Ev (m)	Dm (%)	L (m)	AI (m ²)	Hr (m)
1	902,63	3,32	21,52	45,25	527	0,36
2	898,05	4,55	37,13	80,84	978	0,42
3	892,01	6,05	60,69	87,59	783	0,42
4	886,39	5,58	52,76	112,35	960	0,40
5	881,47	4,87	41,72	144,42	1.411	0,40
6	875,94	5,24	47,30	159,03	1.736	0,43
7	870,01	5,87	57,59	176,12	1.574	0,41
8	863,70	6,25	64,12	204,10	1.676	0,41
9	857,52	6,28	64,80	226,61	1.886	0,41
10	851,31	6,20	63,27	241,34	2.090	0,41
11	845,11	6,10	61,56	260,41	2.257	0,41
12	838,87	6,14	62,31	303,43	2.816	0,42
13	832,83	6,16	62,68	293,68	2.606	0,42
14	826,78	6,07	61,09	292,68	2.645	0,42
15	820,74	6,09	61,46	282,42	2.587	0,42
16	814,54	6,13	62,01	259,03	2.501	0,43
17	808,79	5,76	55,79	215,62	2.242	0,43
18	803,08	5,61	53,28	155,84	1.812	0,45
19	997,42	5,45	50,66	92,63	1.385	0,49
20	792,57	4,63	38,24	69,32	1.027	0,45
Comprimento total dos terraços (m)					3.702,71	

Ev - Espaço Vertical; Dm - declividade média; L - Comprimento do terraço; Ai - Área de influência; Hr - altura recomendada.

No módulo para locação após carregar as imagens referentes a altimetria e declividade da bacia hidrográfica, anteriormente processadas e definido o drive de saída na opção vetor de saída, foi gerado um arquivo que permite a sobreposição

sobre a imagem de declividade do terreno, gerando uma imagem de locação dos terraços na bacia hidrográfica (Figura 6), facilitando a visualização dos terraços na área.

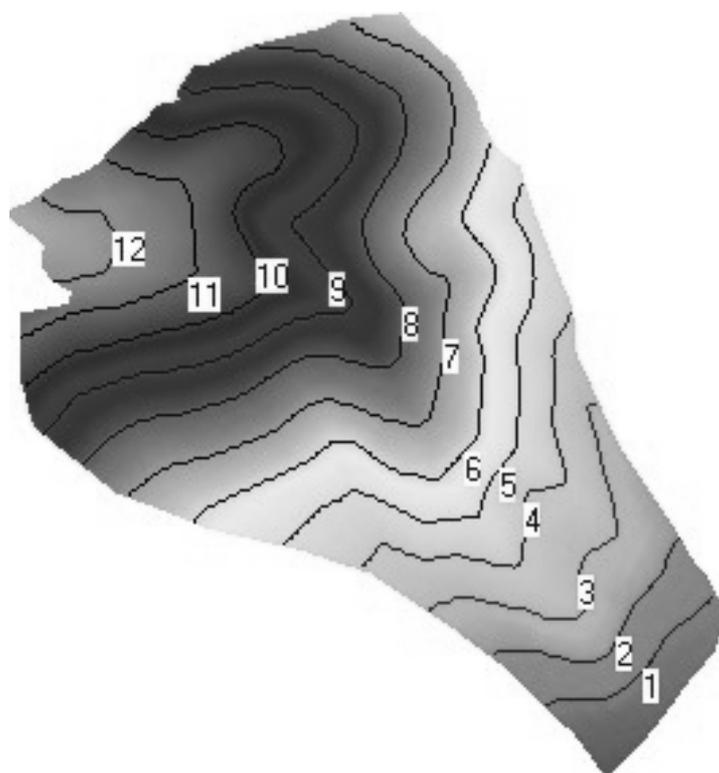


Figura 6. Visualização da locação dos terraços na bacia hidrográfica, considerando o uso com pastagem e sem preparo do solo.

Os resultados mostraram que serão necessários a construção de 12 terraços (Tabela 3) ou 20 terraços (Tabela 4) na forma triangular, na área de estudo para realização ou não de preparo do solo. Em função do preparo do solo, não há cobertura vegetal em sua superfície, facilitando o escoamento superficial, havendo a necessidade de redução do comprimento do lançante ou comprimento de rampa, buscando evitar que este escoamento adquira velocidade suficiente para se tornar turbulento e causar perda de solo acima dos valores tolerados para o solo em questão. A presença de cobertura morta na superfície do solo possibilita a redução de grande parte da perda de solo promovida pela chuva. Segundo dados obtidos por CARVALHO et al. (2003), a presença da cobertura morta reduziu em 81,1% a perda de solo e 21,7% a perda de água.

Com o menor espaço entre terraços há uma redução da altura real necessária para conter a água excedente para infiltração, já que o valor de infiltração de água no solo

foi mantido. O *software* possibilita a construção de terraços em nível de forma mais adequada às características da área, já que o dimensionamento é feito considerando as variações na declividade do terreno em cada seção entre terraços, alterando as características referentes a altura do terraço (em sua do volume de água a ser armazenada em cada seção) e o espaço vertical entre terraços em função da declividade média de cada seção.

Os espaços verticais entre terraços variaram entre 6,9 a 10,5 e de 3,3 a 6,2 m para solos sem preparo e com preparo, respectivamente (Tabelas 3 e 4). Enquanto no dimensionamento convencional é considerado apenas a declividade média da microbacia, para estimativa do espaço vertical entre terraços, esse valor seria constante, diminuindo a precisão do dimensionamento.

Observou-se pelos resultados encontrados, que para implantação de um sistema de terraceamento em áreas que apresentam declividades acima de 20%, têm-se maiores dificuldades de alocação em virtude de espaçamentos horizontais entre terraços ser muito pequeno, além da dificuldade de utilização de equipamentos para a construção destes, uma vez que construções dos terraços ocorrem em quase sua totalidade por sistemas moto mecanizados.

GRIEBELER et al. (2005) avaliaram a hipótese de cultivo de grãos (milho e feijão) em área com declividade média acima de 50%, entretanto LEPSCH et al. (1991) não recomenda essa prática. Segundo os últimos autores, solos com declividade muito forte (>50%) não podem ser trabalhados mecanicamente, nem mesmo pelas máquinas de tração animal, portanto, somente são trabalháveis com instrumentos e ferramentas manuais. Assim, essas áreas são adaptadas para pastagens ou reflorestamentos, impróprios para culturas anuais. Este fato fica evidenciado na simulação em que se considera o preparo do solo (Tabela 3). O preparo do solo acarretou um aumento do número de terraços necessários, praticamente tornando inviável a construção e reduzindo muito a área útil ser aproveitada, representada pelo espaço entre terraços. Já que o modelo de terraço recomendado é o de base larga.

Para o terraço em gradiente, o dimensionamento do canal escoadouro foi tal para atender uma vazão de 45 L s^{-1} , que será construído na forma trapezoidal, com inclinação do talude de 1,0, profundidade de 42 cm e largura da base de 42 cm. Uma outra alternativa seria segmentar o canal, onde até no quinto terraço, o canal escoadouro teria uma profundidade de 31 cm para escoar uma vazão de 20 L s^{-1} .

O *software* Terraço 3.0 mostrou ser uma ferramenta interessante para utilização na modelagem do dimensionamento e locação de terraços, permitindo avaliar de maneira rápida e prática a influência de alterações no manejo do solo e no sistema de

terraceamento. Porém, para sua adoção necessita-se do conhecimento do período de retorno para a chuva de projeto, obtida por meio da relação intensidade-duração-frequência da localidade em questão, fornecida por meio de interpolação para todo o estado de Minas Gerais. Entretanto, muitos estados brasileiros ainda não dispõem dessas relações espacializadas; além disso, o escoamento superficial nem sempre possui o mesmo período de retorno da chuva que o gerou.

Terraço 3.0 é uma ferramenta que possibilita a utilização do modelo para realizar simulações com critérios preestabelecidos em levantamento prévio em campo, permitindo analisar de forma rápida e precisa o que será obtido no campo com a implantação do sistema de terraceamento, objetivando a conservação do solo. O modelo permite, também, que sejam verificadas as possibilidades quanto aos tipos de terraço, possibilitando a simulação quanto a construção de terraços em nível e em gradiente, além das consequências com relação à alteração no sistema de manejo do solo, facilitando a decisão do técnico quanto a melhor opção para cada caso.

4. Conclusão

O número de terraço a ser alocado na área em estudo não foi alterado pelo tipo de terraço, gradiente ou em nível. Já o preparo ou não do solo alterou o número de terraços.

O *software* Terraço 3.0 se mostrou uma ferramenta eficiente que permite maior precisão no dimensionamento e locação dos terraços. Além de permitir modelar variações no sistema de terraço e preparo do solo.

Referências

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; CRUZ, E. S.; LANA, A. M. Q.; SILVA, W. A. Efeito da cobertura morta e do preparo do terreno nas perdas de solo e água em um Argissolo vermelho-amarelo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 15-22, 2003.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLSC**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1988. 67p.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; TEIXEIRA, A. F.; SILVA, D. D. Modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 696-704, 2005a.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; TEIXEIRA, A. F.; OLIVEIRA, L. F. C. *Software* para o planejamento e a racionalização do uso e sistemas de terraceamento em nível. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 841-851, 2005b.

GRIEBELER, N. P.; CARVALHO, D. F.; MATOS, A. T. Estimativa do custo de implantação de sistema de terraceamento, utilizando-se o sistema de informações geográficas. Estudo de caso: Bacia do Rio Caxangá, PR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 299-303, 2000.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, J. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LOMBARDI NETO, F.; BELINAZZI Jr., R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D. GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola**. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, CATI, 1994. 39 p. (Boletim Técnico, 206).

LOMBARDI NETO, F.; BELLIZAZZI Jr., R.; LEPSCH, I. G.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola**. Campinas: CATI, 1991. 39p.

MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; SILVA, K. O.; VAN LIER, Q. J.; VILLA NOVA, N. A. Dimensionamento de terraços de infiltração pelo método do balanço volumétrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 169-174, 2004.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo**. Curitiba: SEAA, 1994. 306p.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas Mecânicas de conservação do solo e da água**. Viçosa: Suprema Gráfica, 2003. 176p.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração na Bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 247-253, 2004.

PRUSKI, F. F.; FERREIRA, P. A.; RAMOS M. M.; CECON, P. R. A model to design level terraces. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 1, p. 8-12, 1997.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P. Comparação entre métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2, 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: SBEA, 1996. p.422.

SILVA, J. M. A. **Modelo hidrológico para o cálculo do balanço hídrico e obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas: desenvolvimento e aplicação**. Viçosa: UFV, 2002. 137p. (Tese de Doutorado).