




Dimensionamiento de terrazas con el software *Terraço 4.1* en una zona agrícola de Brasil

Dimensioning of terraces with the *Terraço 4.1* software
in an agricultural area of Brazil

Dimensionamento de terraços com o software *Terraço 4.1*
em uma área agrícola do Brasil.

Jasmine Alves Campos^{1*}, Uilson Ricardo Venâncio Aires²,
Rubens Junqueira³

¹Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, Minas Gerais, Brasil 36570-000. Correo electrónico: jasmine.campos@ufv.br, . ²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, Minas Gerais, Brasil 36570-000. Correo electrónico: uilson.aires@ufv.br, . ³Universidade Federal de Lavras, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, Lavras, Minas Gerais, Brasil 36570-000. Correo electrónico: rubensj93@gmail.com, .

Resumen

La utilización de técnicas de dimensionamiento y marcación de terrazas es fundamental para auxiliar en el control de los procesos erosivos. En este sentido, el objetivo del trabajo fue realizar el dimensionamiento y la marcación de un sistema de terrazas agrícolas, analizando dos situaciones: la construcción de terrazas a nivel y de terrazas en gradiente con el apoyo del software *Terraço 4.1*. El software necesita información de precipitación, canal de desagüe, información de terreno, espaciamiento y característica del suelo. Se verificó que es necesaria la implementación de 10 terrazas a nivel o terrazas en gradiente. Siendo que, para la implementación de las terrazas en gradiente, se dimensionó un canal de desagüe en formato triangular, con base en el volumen de escurrimiento superficial. La utilización del software se mostró como una herramienta de gran ayuda de la planificación de sistemas agrícolas.

Palabras clave: preservación del suelo y agua, erosión hídrica, software libre.

Recibido el 08-06-2019 • Aceptado el 01-07-2020.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: jasmine.campos@ufv.br

Abstract

The use of techniques to size and implement terraces are fundamental to help in the control of erosive processes. Thus, this work aimed to perform the dimensioning and implementation of agricultural terraces, analyzing the situations: the construction of terraces in level and terraces in gradient with the support of the software *Terraço* 4.1. The input data of the software includes: rainfall, drainage channel, terrain information, soil properties. It was verified that it is necessary to implement ten terraces in level or terraces gradient. For the implementation of gradient terraces, a drainage channel was designed in a triangular format, based on the volume of terraces surface runoff estimated. The use of the software proved to be a very helpful tool in planning agricultural systems.

Key word: soil and water preservation, water erosion, software open source.

Resumo

O uso de técnicas para dimensionar e implementar terraços é fundamental para auxiliar no controle de processos erosivos. Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar o dimensionamento e implantação de terraços agrícolas, analisando as situações: construção de terraços em nível e terraços em gradiente com o apoio do software *Terraço* 4.1. Os dados de entrada do software incluem: precipitação, canal de drenagem, informações sobre o terreno e propriedades do solo. Verificou-se que é necessário implementar dez terraços em nível ou em gradiente na área. Para a implementação dos terraços em gradientes, um canal de drenagem foi projetado em formato triangular, com base no volume escoamento superficial estimado para os terraços. O uso do software provou ser uma ferramenta muito útil no planejamento de sistemas agrícolas.

Palavras-chave: conservação de solo e água, erosão hídrica, software livre.

Introducción

Los procesos erosivos constituyen uno de los principales factores responsables de la degradación de los suelos. En regiones tropicales este proceso ocurre de forma más acelerada debido a prácticas agrícolas realizadas de manera inadecuada y la ausencia de medidas de conservación del suelo (Didoné *et al.*, 2017).

Introduction

Erosive processes are greatly responsible for soil degradation. In tropical regions, this process occurs more intense due to climatic dynamic and agricultural practices without soil conservation measures (Didoné *et al.*, 2017).

Erosion can reduce soil fertility, which affects water quality due to the

La erosión puede causar la reducción de la fertilidad del suelo, limitando la capacidad de producción agrícola, además de afectar la calidad de las aguas debido al transporte de plaguicidas y fertilizantes agrícolas. Esto aumenta los costos de la producción y por ende disminuye los beneficios de los agricultores (Pruski *et al.*, 2009).

En este sentido, las terrazas agrícolas pueden producir diversos beneficios, incluyendo la mejora de la infiltración y la retención de agua en el suelo. Sin embargo, los costos de la construcción y el mantenimiento de un sistema de terraza son elevados (Griebeler *et al.*, 2000). De esta forma, es importante establecer las dimensiones adecuadas de las terrazas, a fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema (Pruski *et al.*, 2009).

Modelos físico-matemáticos de control de la erosión hídrica, como el software *Terraço* 4.1, han sido utilizados para el dimensionamiento de terrazas (GPRH, 2020). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue realizar el dimensionamiento y la marcación de un sistema de terrazas agrícolas, analizando dos situaciones: la construcción de terrazas a nivel y de terrazas en gradiente con el apoyo del software *Terraço* 4.1.

Materiales y métodos

La zona de estudio está ubicada en una propiedad agrícola en el municipio de Piracicaba, São Paulo (SP), Brasil, como se indica en la figura 1, y presenta 58,22 ha destinadas al cultivo de la

transport of agricultural pesticides and fertilizers into the watercourses and decreases agricultural production capacity. This increases production costs, affecting sustainability of agricultural activity (Pruski *et al.*, 2009).

In this sense, agricultural terraces can provide several benefits, including improvement of water infiltration and retention in the soil. However, the construction and maintenance costs of a terrace system are high (Griebeler *et al.*, 2000). Thus, it is important to establish the appropriate dimensions of the terraces, in order to guarantee the correct operation of the system (Pruski *et al.*, 2009).

Several physic-mathematical models for water erosion control, such as *Terraço* 4.1 software, have been used to sizing terraces (GPRH, 2020). Thus, this work aimed to perform the dimensioning and implementation of agricultural terraces, analyzing the situations: the construction of terraces in level and terraces in gradient with the support of software *Terraço* 4.1.

Materials and methods

The study area is located on an agricultural property in the municipality of Piracicaba, São Paulo (SP), Brazil, as presented in figure 1, and it has 58.22 ha used to the cultivation of sugar cane. According to the soil map of Brazil, its area is composed of red yellow argisol (PVA) in the Brazilian Soil Classification System (EMBRAPA, 2011).

The study area is located in a region with a high propensity for laminar

caña de azúcar. Está compuesta por un suelo Argisol Rojo Amarillo (PVA), según el mapa de suelos de Brasil, elaborado por EMBRAPA (2011).

El terreno se encuentra situado en una región con alta propensión a la erosión laminar en el estado de SP (Kertzman, 1995) y presenta condiciones representativas del tipo de suelo y de las prácticas de manejo en las que se encuentra el cultivo de la caña de azúcar en el estado (Weill y Sparovek, 2008).

erosion in the state of São Paulo (Kertzman, 1995) and representative conditions of soil type and agricultural management practices in which the cultivation of sugar cane is found in most of the state (Weill and Sparovek, 2008).

It was used Terraço 4.1 software, developed by the Research Group on Water Resources (GPRH) of the Universidade Federal de Viçosa and freely available (GPRH, 2020). The software uses five parameters:

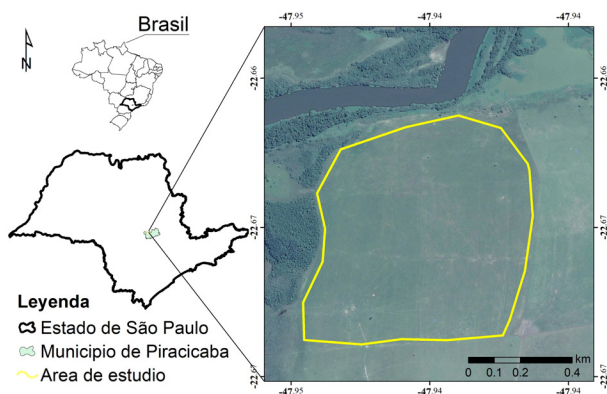


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

Se utilizó el software *Terraço* 4.1, desarrollado por el Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) de la Universidade Federal de Viçosa y disponible de forma gratuita (GPRH, 2020). El software utiliza cinco parámetros: datos de precipitación, canal de desagüe, información de terreno, espaciamiento y características del suelo.

El módulo “Precipitação” requiere información de los parámetros de la

rainfall data, drainage channel, terrain information, spacing, and soil characteristics.

The “Precipitação” module requires information on the intense rainfall equation (IDF) parameters using a return period (TR) of 15 years, recommended for terraces projects. The IDF parameters were obtained using *Pluvio* 2.1 software (GPRH, 2020), whose rain gauge station is located in the municipality of

ecuación de lluvias intensas (IDF), utilizando tiempo de retorno (TR) de 15 años, recomendado para proyectos de terrazas. Los parámetros de la IDF fueron obtenidos por el software *Pluvio 2.1* (GPRH, 2020), cuya estación pluviométrica está localizada en el municipio de Piracicaba. El módulo “Precipitação” también permite el registro manual de esta información, posibilitando su utilización para cualquier región en la que se conocen los parámetros de la ecuación.

El módulo “Canal” se utiliza para el dimensionamiento de los canales en las terrazas a nivel en el que se requiere la información de: pendiente del terreno (St) en mm^{-1} y pendiente de la pared de la terraza (Sm) en mm^{-1} . El parámetro Sm se genera con base en el tipo de terraza a ser dimensionada y al implemento agrícola utilizado, disponible en el propio software. Para los canales en terraza con gradiente son necesarios los parámetros: longitud del canal, pendiente del canal, rugosidad del canal, St y Sm . El parámetro rugosidad adoptado fue de 0,018 (Chow, 1986).

En el módulo “Terreno”, en las terrazas a nivel se requiere la información de la pendiente del área en $m.m^{-1}$. Para el dimensionamiento de la terraza en gradiente, además de esta información, se necesita la rugosidad del terreno. En este estudio se adoptó la rugosidad igual a 0,12, referente a la cobertura con caña de azúcar.

En el módulo “Espaçamento”, se determinan los espaciamientos vertical y horizontal de las terrazas, según la metodología propuesta

Piracicaba. The “Precipitação” module also allows manual recording of this information, enabling to use Terraço 4.1 software for any region where the parameters of the IDF equation are known.

The “Canal” module is used for the dimensioning of the channels in level type terraces. The following information is required: the slope of the terrain (St) in $m.m^{-1}$ and the slope of the terrace wall (Sm) in $m.m^{-1}$. The Sm parameter is generated based on the type of terrace to be dimensioned and the agricultural implements used, available in the software itself. For terrace channels with a gradient, the following parameters are necessary: channel length, channel slope, channel roughness, St , and Sm . The adopted roughness parameter was 0.018 (Chow, 1986).

In the “Terreno” module, on the level type terraces, the information on the slope of the area in $m.m^{-1}$ is required. For the sizing of the gradient type terrace, in addition to this information, the roughness of the terrain is required. In this study, the roughness of 0.12 was adopted, referring to the vegetal cover composed by sugar cane.

In the “Espaçamento” module, the vertical and horizontal spacings of the terraces are determined, according to the methodology proposed by Lombardi *et al.* (1994). This methodology can be selected in the software itself, which defines the resistance to soil erosion. The study area was classified in the moderate group due to its type of soil (red yellow argisol). Also, the use of a disc harrow was included as primary preparation of the soil, and chain

por Lombardi *et al.* (1994). Esta metodología puede seleccionarse en el propio software, en el que se define la resistencia a la erosión del suelo, en este sentido enmarcada en el grupo moderado (Argisol Rojo Amarillo). Además, se incluyó como preparación primaria la utilización de rejilla aradora, y preparación secundaria, la rejilla niveladora de la plantación de la caña de azúcar.

En el módulo “Solo”, la información de suelo requerida por el software se refiere a la tasa de infiltración estable (Tie). Para el área de estudio, se adoptó el valor de 24 mm.h⁻¹, referente al Argisol Rojo Amarillo presente en el área. Con base a la información de precipitación y la tasa de infiltración del agua en el suelo, el software Terraço 4.1 realiza una estimación de la lámina de escurrimiento superficial (Es), que se basa en la metodología propuesta por Pruski *et al.* (1997).

En el módulo para marcación de terrazas del software se requiere la información adicional de: el tipo de terraza e información de la altitud y la pendiente de la localidad. El tipo de terraza se registra en el módulo “tipo de terraço”, que presenta diversas opciones con metodologías diferentes para la construcción de la terraza con base en la pendiente del área. En este estudio se utilizó la metodología propuesta por Lombardi *et al.* (1994), referente a la terraza con base ancha.

La información de terreno requerida por el Terraço 4.1 se registra en el módulo “terreno” y consiste en el Modelo Digital de Elevación (MDE) y la pendiente. El MDE fue obtenido a través del proyecto SRTM, con 30

harrow as a secondary preparation for the sugar cane cultivation.

In the “Solo” module, the soil information required by the software refers to the stable infiltration rate (Tie). For the study area was adopted the value of 24 mm.h⁻¹, referring to the red yellow argisol present in the study area. Based on the rainfall information and the water infiltration rate in the soil, Terraço 4.1 software performs an estimation of the surface runoff (Es), which is based on the methodology proposed by Pruski *et al.* (1997).

In the “Locação de Terraços” module of the software, additional information is required to the implementation of the terraces, which are: the type of terrace and information on the elevation and slope of the area. The type of terrace is registered in the module “Tipos de Terraços”, which presents several options with different methodologies for the construction of the terrace based on the slope of the area. In this study, the methodology proposed by Lombardi *et al.* (1994) was used, referring to the terrace with a wide base.

The terrain information required by Terraço 4.1 is required in the “Terreno” module and consists of the digital elevation model (DEM) and the slope. The DEM was obtained through the SRTM project, with 30 meters of spatial resolution. It was necessary to interpolate the elevation values of the DEM, using the spline method, to obtain the elevation and slope maps with a spatial resolution of 1 m and converted then to the float format.

The dimensions of the drainage channel were calculated using the

metros de resolución espacial. Fue necesario interpolar los valores de altitud en el MDE, utilizando el método spline, para la obtención final de los mapas de elevación y pendiente con resolución espacial de 1 m, y convertidos al formato float.

Al final, la determinación de las dimensiones del canal de desagüe se realizó utilizando el software Canal (GPRH, 2020). La información de entrada en el software Canal, requiere datos referentes al tipo de canal, longitud, pendiente, caudal, holgura, inclinación del talud, anchura de la base, profundidad y coeficiente de rugosidad.

Resultados y discusión

El área de estudio presenta pendiente relativamente baja, con un valor promedio del 4,3 % y pendiente máxima del 18,6 %. La pendiente del área es el principal factor a ser considerado para la elección del tipo de terraza y la faja de movimiento de tierras. Como el terreno presenta pendiente suave, se optó por el dimensionamiento de la terraza de base ancha, con un ancho en el rango de 6 a 12 metros, lo que hace posible establecer el cultivo en toda su superficie y por ser de fácil mantenimiento (Pruski *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos referentes al dimensionamiento y la marcación de las terrazas a nivel se presentan en la figura 2. En la figura 2(a) las terrazas fueron dimensionadas considerando el resultado obtenido en el software sin adecuaciones. En la figura 2 (b) las terrazas se han redimensionado, a fin

Canal software (GPRH, 2020). The input information in the Canal software requires data regarding the type of channel, length, slope, runoff, safety clearance, talus inclination, base width, depth, and roughness coefficient.

Results and discussion

The study area presents a low slope, with an average value of 4.3 % and a maximum value of 18.6 %. The slope of the area is the main factor to be considered for choosing the type of terrace and its base. As the terrain presents a low slope, a wide base terrace was used to sizing the terraces, with a width ranging from 6 to 12 meters, allowed to establish the crop on its entire surface (Pruski *et al.*, 2009).

The results obtained in the sizing and implementation of the level type terraces are presented in figure 2. In figure 2 (a) the terraces were dimensioned considering the result obtained in the software without adjustments. In figure 2 (b) the terraces have been resized, in order to present adequate values for the ridges of the terraces, avoiding breakage problems.

In the first data processing, the heights of the terrace ridges ranged from 0.42 to 0.66 m. However, these values are not practicable in constructive terms, and it is necessary to adopt fixed values to facilitate construction and avoid errors. In this way, the value of 0.70 m was considered for the resizing of all the terraces in the area, as

de presentar valores adecuados para las crestas de las terrazas, evitando problemas de rotura.

described in table 1. This value was adopted by safety criteria (Pruski *et al.*, 2009).

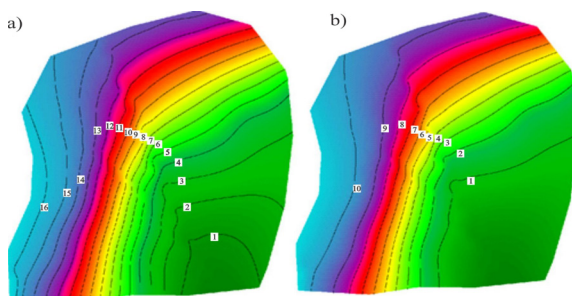


Figura 2. (a) marcación de las terrazas a nivel, con altura variable; (b) marcación de las terrazas redimensionadas.

Figure 2. (a) implementation of the level type terraces, with variable height; (b) implementation of the resized level type terraces.

En el primer procesamiento de los datos, las alturas de las crestas de las terrazas variaban de 0,42 a 0,66 m. Sin embargo, estos valores no son factibles en términos constructivos, siendo necesario la adopción de valores fijos para facilitar la construcción y evitar errores, de esta forma, se consideró el valor de 0,70 m para el redimensionamiento de todas las terrazas del área, como se describe en la cuadro 1. Este valor fue adoptado por criterios de seguridad (Pruski *et al.*, 2009).

Al realizarse el redimensionamiento de la altura de la cresta, las terrazas se redujeron de 16 a 10, en función de la mayor capacidad de almacenamiento debido al aumento de la altura de las terrazas. De esta forma, el menor número de terrazas y, consecuentemente, menor longitud total de las terrazas

When resizing the height of the terrace ridge, the terraces were reduced from 16 to 10, because of greater water storage capacity due to the increase in the height of the terraces. Thus, a lower number of terraces and, consequently, a shorter total length of the terraces (13,972.6 m to 9,545.4 m), enable to reduce construction costs and facilitate agricultural operations, without compromising the terraces purpose of soil and water preservation.

In table 2 presents the results obtained in the dimensioning and implementation of the drainage channel in the Terraço 4.1 software, showing the volume of surface runoff from each terrace, essential data for the dimensioning of the drainage channel.

(13.972,6 m a 9.545,4 m), posibilidad reducir los costos de construcción de las terrazas y facilita las operaciones agrícolas, sin comprometer su finalidad de preservación del suelo y del agua.

It is verified in table 2 that the surface runoff volume per terrace ranged from 0.6 to 0.8 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, totaling 7.6 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Thus, the drainage channel was dimensioned to allow drainage

Cuadro 1. Resultados obtenidos en el software *Terraço* 4.1 para el redimensionamiento y marcación de las terrazas a nivel, con altura de cresta fija.

Table 1. Results obtained in *Terraço* 4.1 software for resizing and implementation of level type terraces, with a fixed ridge height.

Terraza	Elevación (m)	Espaciamiento vertical (m)	Pendiente media (%)	Longitud (m)	Área (m^2)	Altura (m)
1	481,7	2,1	0,9	748,7	128,3	0,7
2	479,4	2,3	2,9	869,4	66,0	0,7
3	476,8	2,6	6,4	919,4	34,9	0,7
4	473,9	2,8	8,6	950,0	29,4	0,7
5	471,1	2,9	9,2	993,1	29,2	0,7
6	468,2	2,9	9,2	1.024,2	30,1	0,7
7	465,3	2,8	8,7	1.072,0	33,1	0,7
8	462,6	2,7	7,4	1.100,8	39,0	0,7
9	460,0	2,5	5,2	1.098,1	52,2	0,7
10	457,8	2,3	2,7	769,6	70,7	0,7

El cuadro 2 presenta los resultados obtenidos en el dimensionamiento y marcación de la balanza de drenaje en el software *Terraço* 4.1, evidenciando el volumen de escurrimiento superficial de cada terraza, dato imprescindible para el dimensionamiento del canal de desagüe.

Se verifica que el caudal por terraza osciló de 0,6 a 0,8 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, totalizando un caudal de 7,6 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. De esta forma, el canal de drenaje fue dimensionado para permitir el drenaje en el sentido de la pendiente de las terrazas, situando el terreno conforme se presenta en la figura 3. El caudal de las nueve primeras terrazas, 6,9 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, fue dirigido al

in the direction of the low slope of the terraces, placing in the area as shown in figure 3. The surface runoff volume of the first nine terraces, 6.9 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, was directed to the channel that drains the water into the riparian forest of the Piracicaba River, with an extension of 530 m.

For the last terrace, with a surface runoff of 0.65 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, it was not necessary to redirect its water volume to the drainage channel, since it can be directed linked to a nearby vegetation area, minimizing soil losses.

The use of a triangular section channel was chosen to reduce construction costs, and the small slope minimizes erosive processes in the

canal que desagua en bosque ribereño del río Piracicaba, con extensión de 530 m.

channel. Also, depth less than one meter prevents accidents (Pruski *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Resultados obtenidos en el software *Terraço* 4.1 para la marcación y el dimensionamiento de las terrazas en gradiente.

Table 2. Results obtained in *Terraço* 4.1 software for implementation and sizing of the gradient type terraces.

Terraza	Elevación (m)	Espaciamiento vertical (m)	Pendiente media (%)	Longitud (m)	Área (m ²)	Caudal (m ³ .s ⁻¹)
1	481,7	2,1	0,9	748,7	128,3	0,6
2	479,4	2,3	2,9	869,4	66,0	0,7
3	476,8	2,6	6,4	919,4	34,9	0,7
4	473,9	2,8	8,6	950,0	29,4	0,8
5	471,1	2,9	9,2	993,1	29,1	0,8
6	468,2	2,9	9,2	1024,2	30,1	0,8
7	465,3	2,8	8,7	1072,0	33,1	0,8
8	462,6	2,7	7,4	1100,8	3,0	0,8
9	460,0	2,5	5,2	1098,1	52,2	0,8
10	457,8	2,3	2,7	769,6	70,7	0,7

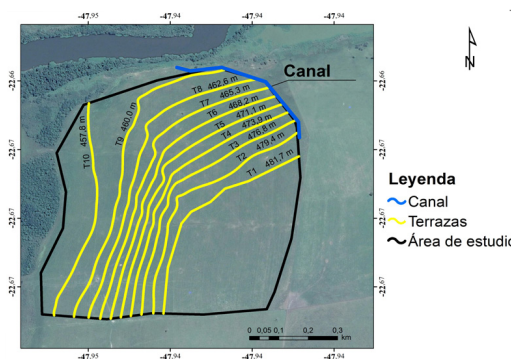


Figura 3. Marcación del canal de evacuación en terrazas en gradiente.

Figure 3. Implementation of the drainage channel in gradient type terraces.

Para la última terraza, con caudal de $0,65 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, no fue necesario el redireccionamiento de su caudal al canal de desagüe, pues ésta puede ser dirigida directamente a un área de vegetación próxima, minimizando las pérdidas de suelo.

Se optó por la utilización de un canal de sección triangular por reducir los costos de construcción, y la pequeña inclinación minimiza los procesos erosivos en el canal. La profundidad inferior a un metro evita accidentes (Pruski *et al.*, 2009).

En el análisis de los resultados obtenidos en el dimensionamiento, se verifica que la velocidad de escurrimiento del agua fue de $1,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, siendo considerada adecuada para evitar la colmatación, y también la erosión de las paredes y del fondo del canal. El régimen de flujo para esta velocidad de escurrimiento se clasifica como subcrítico, lo que facilita el proceso de construcción y operación del canal (Chow, 1986).

Se puede observar que la gran ventaja de la utilización del software es la reducción de la complejidad del dimensionamiento y la implantación de terrazas, además de no requerir una gran robustez computacional. Otros softwares disponibles, como el terrace erosion and sediment transport (TEST), desarrollado por Dijk y Bruijnzel (2003), necesita parámetros complejos, mientras que el HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), utilizado por Fedorová *et al.* (2017), se limita en general al estudio de la escorrentía.

It was verified that the surface runoff speed was $1.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, being considered adequate to avoid silting, and the erosion of the walls and bottom of the canal. The flow regime for this surface runoff rate is classified as subcritical, which facilitates the canal construction and operation process (Chow, 1986).

The great advantage of using the software is the reduction of the complexity of the dimensioning and the implementation of terraces, in addition to not requiring great computational robustness. Other available software, such as the terrace erosion and sediment transport (TEST), developed by Dijk and Bruijnzel (2003), requires complex parameters, while the HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), used by Fedorová *et al.* (2017), is generally limited to the study of runoff.

Conclusion

For the two types of terraces analyzed, at level and gradient, *Terraço* 4.1 software allowed obtaining the necessary data for the implementation of the terrace system in the study area, according to specific local conditions, such as climate, soil, and type of crop.

Financial sources

This study was funded in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – financial code 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Conclusión

Para los dos tipos de terrazas analizadas, a nivel y gradiente, el software *Terraço* 4.1 permitió la obtención de los datos necesarios para la implantación del sistema de terraza en la zona, conforme a las condiciones específicas locales, como clima, suelo y tipo de cultivo.

Fuentes de Financiación

Este estudio fue financiado en parte por la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financiero 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), y Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Literatura citada

Chow, V.T. 1986. *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill. New York, US. 680 p.

Didoné, E.J., J.P.G. Minella, and O. Evrard. 2017. Measuring and modelling soil erosion and sediment yields in a large cultivated catchment under no-till of Southern Brazil. *Soil Tillage Res.* 174:24-33.

Dijk, A. I. J. M. and L. A. Bruijnzel. 2003. Terrace erosion and sediment transport model: a new tool for soil conservation planning in bench-terraced steepplands. *Environmental Modelling & Software.* 18(9):839-850.

Empresa Brasileira de Investigación Agrícola (EMBRAPA). 2011. O novo mapa de solos do Brasil. Disponible en: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Fecha de consulta: enero 2017.

Fedorová, D., H. Bačínová and P. Kovář. 2017. Use of Terraces to Reduce Overland Flow and Soil Erosion,

End of English Version

Comparison of the HEC-HMS Model and the KINFIL Model Application. *Soil & Water Res.* 12 (4):195-201.

Griebeler, N.P., D.F. Carvalho e A.T. Matos. 2000. Estimativa do custo de implantação de sistema de terraceamento, utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas. Estudo de caso: bacia do rio Caxangá, PR. *Agriambi.* 4(2):299-303.

Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH). 2020. Download de Softwares. Universidad Federal de Viçosa, MG. Disponible en: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Fecha de consulta: enero 2020.

Kertzman FF, A.M.S. Oliveira, F.X.T. Salomão e M.I.F. Gouveia. 1995. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. *Rev. Inst. Geol.* 16:31-36.

Lombardi, F. N., R. J. Bellinazzi, I.F. Lepsch, J.B. Oliveira, D. Bertolini, P.A. Galeti e M.I. Drugowich. 1994. *Terraceamento agrícola*. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) 39p.

Pruski, F.F., P.A. Ferreira, M.M. Ramos and P.R. Cecon. 1997. A model to design level terraces. *J. Irrig. Drain. Eng.* 123(1):8-12.

Pruski, F.F. 2009. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. 2ª edición. Editora UFV. Viçosa. 279 p.

Weill, M. A. M. and G. Sparovek. 2008. Erosion study in the Ceveiro watershed (Piracicaba, SP): II - Interpreting soil loss tolerance using the Soil Useful Life Index methodology. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 32 (2):815-824.