

## Levantamiento físico conservacionista de la cuenca del río Lavapés, Botucatu, SP

C. Sérgio<sup>1</sup>, X.B. Zacarias<sup>1</sup>, G.C. Lincoln<sup>1</sup>, L.R. Fernanda<sup>1</sup>, A.A.J. Armindo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Rural – FCA/UNESP – CP – 237 - CEP – 18603-970, Botucatu, SP.

### Resumen

Esta investigación tiene como objetivo elaborar un levantamiento físico conservacionista de 10 cuencas del río Lavapés, Botucatu, estado de São Paulo, Brasil, para obtener un manejo racional del suelo basado en el «Coeficiente de Rugosidad». Las siguientes conclusiones evidenciaron que el grado del daño físico ambiental para la cuenca es de 69,46%. Estos altos valores que se encuentran en el grado de deterioro quizás se debieron al uso incorrecto de la tierra, lo cual causó obstrucción de la reservas y la sedimentación de la cuenca.

El promedio de fuerza para la cuenca del río Lavapés, permitió su clasificación para la agricultura, ganadería, y reforestación, destinado para la el uso de la ganadería (tipo B). Las imágenes del Sensor TM de LANDSAT 5, permitió un rápido mapeamiento del uso del suelo de la cuenca, al igual que suministró la fuente de información para la futura planificación. El parámetro del coeficiente de rugosidad permitió clasificar la cuenca como 5, 8 y 9 con vocación para la agricultura (tipo A); cuencas 1, 6, 9 y 10 para la ganadería (tipo B); cuencas 2, 4 y 7 para la ganadería y reforestación (tipo C) y la cuenca 3 para la silvicultura y reforestación (tipo D).

**Palabras clave:** coeficiente de rugosidad, ocupación del suelo, levantamiento físico conservacionista.

### Introducción

La planificación del uso de la tierra es una de las investigaciones más importantes en el manejo de las cuencas, una vez determinadas estas áreas de conflicto como unidades de manejo (11).

La información del deterioro ambiental, causado por el uso descontrolado de los recursos naturales se puede obtener a través del estudio del uso de la tierra, el cual de

acuerdo a Rocha (10), consiste en una representación gráfica completa de las condiciones edafoclimáticas, la evaluación cuantitativa de la superficie vegetal y otros elementos existentes en la región estudiada, la cual debe ser utilizada con símbolos adecuados con el propósito de facilitar su identificación.

El manejo integral de las cuencas hídricas es para Rocha (11), una propuesta educativa y correctiva para recuperar el ambiente dañado, sugiriendo alternativas más viables para la protección y preservación de la naturaleza, y para mejorar la calidad de vida del ser humano y la comunidad, de esta manera permitiendo el uso racional de recursos naturales con

fundamento científico.

La representación gráfica de la cuenca hídrica o las sub-cuencas del distrito, permite realizar una investigación de la planificación de actividades rurales y urbanas con determinaciones del uso de la tierra, indicando como áreas más propicias la agricultura, la explotación ganadera y de bosque, previsión de la cosecha y el planeamiento urbano (Mello Filho & Rocha, 1992).

Esta investigación se realizó con el propósito de realizar un estudio de la conservación física de la cuenca del río Botucatu, SP, el cual beneficiará la planificación en las mejoras de la ciudad de Botucatu (SP).

## Materiales y métodos

La cuenca del río Lavapés, ubicado en el municipio de Botucatu, São Paulo, Brasil, es muy importante para la ciudad, esta comienza y desemboca en el mismo municipio, aparte de ubicarse en áreas urbanas. La cuenca está ubicada entre las coordenadas geográficas: 22°42' a 22° 56' de latitud S y 48° 20'48° 22' de longitud W Gr., presentando 10,670 áreas ha.

El clima local predominante, de acuerdo con el sistema Copen, es del tipo Cfa- clima medianamente lluvioso, con vientos predominantes dirigidos al Suroeste (IF).

Los suelos en el área han sido clasificados como: Ultisol, Oxisol, Inseptisol y Entisol, de acuerdo a Oliveira *et al.* (9).

Las unidades de suelo Inseptisol, como Oliveira *et al.* (9) in-

dicen, son suelos profundos, con textura ligera, bastante drenados los cuales generalmente presentan un color amarillo rojizo, con secuencia de horizontes B y C, originados desde la tierra con baja fertilidad, estos suelos son ácidos y son muy poco viables a la erosión.

El porcentaje de lodo es bajo, siendo menor al 15%, y variando de 7,8 a 15% en horizontes A y B, mientras que el contenido de encalado en el horizonte B varía entre 0,2 y 2,3%.

El relieve predominante es suave y ondulado. Cuando los suelos son un poco ondulados, las colinas presentan pequeñas declividades y forman valles en V, y cuando los suelos son ondulados, las colinas o montañas presentan mayor declividad y los valles en V son más cercanos.

La altitud varía entre 420 y 740 metros, siendo las partes más alta entre 600 a 740 metros, y las más bajas entre 420 y 600 metros.

Existe un tipo de vegetación de sabana, y el material original es de arena.

Los suelos Inseptisol, de acuerdo a Oliveira *et al.* (9) son suelos pocos desarrollados con una espesura alrededor de 35 cm, constituido por el horizonte A y D.

Estos suelos presentan un contenido de arcilla de aproximadamente 46,7% granulométricamente, siendo la cantidad del encalado bastante bajo, alrededor de 2,1%.

Estos suelos tienen dos tipos de altitudes distribuidos en pequeñas parcelas, siendo éstas las de relieve ondulado, vertientes convexas, valles en V con una inclinación de alrededor de 40% y una altitud alrededor de 700 metros.

El clima predominante es del tipo Cfa, y el material original es de rocas basálticas y de material de origen volcánico (erosiones básicas).

La vegetación nativa predominante en estos suelos es decidua tropical.

Las áreas mapeadas por Oliveira *et al.* (9) como parte de suelos Ultisol están caracterizados por ser suelos profundos, bien drenados, con coloraciones amarillas y rojas, formados desde rocas, estos suelos son ácidos con baja fertilidad y con pequeñas variaciones en las características, provocando que ciertos sub-horizontes parecieran estar divididos con una transición que varía de gradual a difuso.

La composición del tamaño de es-

tos suelos presenta un contenido de arcilla que varía entre 15 y 30%, en horizontes A y B, siendo generalmente el contenido de arcilla más bajo en el horizonte C con respecto al horizonte B.

Estos suelos están ubicados en regiones de altas planicies, donde éstos forman continuas manchas entrecortadas por suelos de otras unidades. Estos suelos generalmente llegan a la superficie de la sierra, la cual puede ser estrecha o bastante ancha, presentando una topografía suavemente ondulada con pendientes de centenas de metros o completamente plana y muy raramente onduladas con pendientes largas.

La altitud varía desde 500 a 1000 metros, estando en la mayor parte entre 600 y 900 metros.

La cobertura vegetal es variable, presentando en partes altas suelos despejados, sabanas y suelos abiertos, en la parte baja es más fina con arbustos frondosos, predominando mayormente la sabana, y presentando en la transición una vegetación de sabana sin embargo los arbustos de pastos abiertos son más enteros y vigorosos.

El clima predominante en esta unidad de suelo es de Cfa, con un índice pluviométrico que varía de 1100 a 1700 mm.

El material original de estos suelos está constituido por arena de Botucatu y de Furnas, y tal vez por sedimentos de los terciarios.

Las características de las tres unidades de suelos se presentan en el cuadro 1.

Se utilizaron fotografías aéreas pancromáticas provenientes de cober-

**Cuadro 1. Características de las tres unidades de suelo en las diez micro-cuencas del río Lavapés, Botucatu, SP, de acuerdo a Oliveira *et al.* (1999).**

Características	LVA	RL	RQ
Localidad	Municipio de Botucatu	Municipio de Botucatu	Municipio de Botucatu
Roca	Grupo Bauru		Formación Pirambóia
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Clima	Cfa	Cfa	Cfa
Relieve	Suavemente ondulado	Fuertemente ondulado	Suavemente ondulado
Profundidad	Muy profundo	Baja profundidad	Muy profundo
Drenaje interno	Fuertemente drenado	Moderadamente drenado	Excesivamente drenado
Textura horizonte A	Mediano	Barro	Arenoso
Textura horizonte B	Mediano	-	Arenoso
Estructura horizonte B	Macizo poroso	-	Macizo
Retención de agua	Mediano a baja	Baja	Bajo a mediano
Erodabilidad	Bajo	Muy sensible	Bajo
Fertilidad	Baja a muy baja	Alta	Muy baja a baja

turas aerofotogramétricas de la ciudad de São Paulo en 1962, en una escala nominal de aproximadamente 1:25000, con un cubrimiento longitudinal aproximado de 60% y 30% en el lateral, e imágenes de satélite obtenidas del sensor «*Thematic Mapper*» de LANDSAT – 5, en escala 1:50000, orbita 220, punto 76, cuadrante A, pasaje del 15 de abril en bandas 3, 4 y 5 correspondientes a las regiones de rango visible, también se consideraron los rayos infrarrojos para la elaboración del mapa del uso de la tierra del año 1989, teniendo como referencia cartográfica la Carta de Brasil, editada por IBGE en 1969, referente al municipio de Botucatu. El mapeamiento e identificación de la unidad de suelo fueron obtenidos del mapa de suelo de São Paulo, en una escala de 1:500000, editada por Oliveira *et al.* (9)

Las coberturas vegetales fueron visualmente obtenidas en imagen de satélite, en escala de 1:50000, orbita 220, punto 76, cuadrante A, pasaje de Abril 15, 1989, en bandas 3, 4 y 5, correspondientes a las regiones con rango visible, acto seguido los rayos infrarrojos y el promedio de los rayos infrarrojos fueron visualmente identificados, al igual que los límites de las áreas cubiertas por bosques, reforestación, pastos, prácticas agrícolas, áreas construidas y urbanas, diques, embalses, entre otros, finalmente estos elementos de interés fueron transferidos a una hoja de poliéster Terkron D – 50 microns.

La observación estereoscópica de las fotografías aéreas se realizó con la ayuda del estereoscopio de espejo

marca Wild modelo ST-4, y se realizó la transferencia de los elementos de interés tomados de las fotos usando el Aerosketchmaster Carl Zeiss, Yena.

Inicialmente, se realizó la compilación de todas las fotografías verticales aéreas de 1962, correspondientes a un área de la cuenca del río Lavapés, con el propósito de ser visualizadas, seguidamente, las líneas aéreas fueron trazadas y el área fue delimitada, de acuerdo a Coelho (5). Con la ayuda de un estereoscopio, fueron tomados usando una película de poliéster Terkron D – 50 microns una parte del drenaje de la cuenca del río Lavapés y los límites de 10 cuencas hídricas de tercer orden de ramificación.

La densidad de drenaje (Dd), como lo comentó Christofletti (6) y Rocha (11), es expresada en la fórmula  $Dd = S_1^{-n} 1(R, C, T)/A$ , donde: Dd = densidad de drenaje en Km/ha;  $S_1^{-n} 1(R, C, T)$  = suma de la longitud de los barrancos (R), canales (c) y afluentes (t) en Km y = áreas de la cuenca en ha.

En el análisis del uso de la tierra de las áreas en estudio, los parámetros usados en el estudio de las cuencas hídricas fueron la densidad de drenaje (Dd), la declividad media (H) y el coeficiente de rugosidad (CR), considerándose este parámetro como un indicador determinante de la aptitud del uso de la tierra.

La carta de Brasil, editada por IBGE (1969), en una escala 1:50000 para la ciudad de Botucatu, fue utilizada para la extracción de curvas de las 10 cuencas estudiadas, siendo la declividad media (H) de las cuencas hídricas de tercer orden calculadas

por la formula propuesta por Horton:  $H = 100 \cdot D \cdot L/A$ , donde H= declividad media de la cuenca en %, D= equidistancia vertical del nivel de las curvas en Km, L= longitud total del nivel de las curvas de la cuenca en Km, y A= área total de la cuenca en km<sup>2</sup>.

El coeficiente de rugosidad (CR) por ser un parámetro que controla el uso potencial de la tierra y la agricultura, la ganadería y las actividades de silvicultura, en reforestación o para la preservación permanente, fue usado con el propósito de definir cuatro tipos del uso de la tierra de las cuencas hídricas de tercer orden del río

Lavapés, Botucatu, SP, estos son: A (menos valor de CR) – suelos apropiados para la agricultura; B – tierra adecuada para la ganadería; C – tierras adecuadas para la ganadería y reforestación y D (mayor valor de CR)-tierras apropiadas para la forestación y la reforestación. De acuerdo a Rocha (11), el coeficiente de rugosidad es definido por la formula:  $CR = Dd \cdot H$ , donde: Dd = densidad de drenaje y H = declividad media.

Las áreas de interés fueron evaluadas usando el software SPLAN – Sistema de planeamiento Digital (12).

## Resultados y discusión

El cuadro 2 muestra que las 10 cuencas están constituidas de 95,55% de suelo LVA (46,56%), RQ (19,86%) y LV (29,13), siendo el restante 4,45% para GX (0,55%) y RL (3,90%) respectivamente. Las cuencas 1, 2, 3, 4 y 5 estuvieron compuesta por casi 93,13% de unidades de suelo LVA. Estos suelos (LVA, RQ y LV) tienen una topografía ondulada, una textura ligera, son bien drenado y profundos y son sensibles a la erosión, la fertilidad es de baja a muy baja.

Las cuencas 6, 7, 8, 9 y 10 (cuadro 2) están constituidas aproximadamente de 33,23% de suelos con baja fertilidad (RQ) y 57,87% de suelos con alta fertilidad (LV). De acuerdo con Oliveira *et al.* (9) las unidades de suelo de RQ son suelos profundos, con una textura ligera y un drenaje marcado, baja fertilidad, ácidos y bastante sensibles a la erosión, con un relieve suavemente ondulado, contrario a la uni-

dad de suelo LR el cual tiene una textura media, drenaje moderado, resistencia media a la erosión, alta fertilidad y un relieve suave.

La declividad media (20,89%) y el coeficiente de rugosidad de las 10 micro-cuencas de del río Lavapés, Botucatu, SP (cuadro 3), indican que estas son áreas apropiadas para la ganadería, habiendo un relieve clasificado como ondulado. Las declividades medias para las micro-cuencas 5 (17,38%), 8 (17,86%) y 9 (16,70%) permiten clasificarlas de acuerdo al coeficiente de rugosidad (tipo A) para ser usadas en la agricultura y como zonas urbanas.

Los valores de la declividad media para las micro-cuencas 1 (22,09%), 6 (23,21%) y 10 (18,77%) y el coeficiente de rugosidad (tipo A), indican el uso del suelo para la ganadería y forestación. Mientras que los valores de las micro-cuencas 2 (27,39%), 4

**Cuadro 2. Porcentaje promedio de las unidades de suelo de las diez micro-cuencas del río Lavapés, Botucatu, SP.**

Cuenca	LVA	RQ	LV	GX	RL
1	92,54	7,46			
2	75,06	24,94			
3	100,00				
4	100,00				
5	98,03		1,97		
6		17,49	76,97	5,54	
7		69,81	30,19		
8		15,38	45,67		38,95
9		63,47	36,53		
10			100,00		
Media	46,56	19,86	29,13	0,55	3,90

(20,99%) y 7 (18,63%) y el coeficiente de rugosidad (tipo C), permiten clasificar estos suelos para la explotación ganadera y la forestación.

La micro-cuenca 3, es la única cuenca clasificada por el coeficiente de rugosidad tipo D, y por su declividad

media (25,83%), esta deber ser exclusivamente explorada con reforestación.

El área urbana, referente a la ciudad de Botucatu, fue de 31,55% (cuadro 4). El bosque y la vegetación de sabana, principalmente de las

**Cuadro 3. Area, densidad de drenaje, declividad media, coeficiente de rugosidad y clasificación para el uso de la tierra de las diez micro-cuencas del río Lavapés, Botucatu, SP.**

Micro-cuenca	Area (A) en ha	Densidad de drenaje (D) en km/ha	Declividad media (H) en %	Coeficiente de rugosidad (CR)	Tipo
1	242,700	0,02101	22,09	0,46411	B
2	576,701	0,02119	27,39	0,58039	C
3	544,482	0,02819	25,83	0,72815	D
4	468,807	0,02368	20,99	0,49704	C
5	443,752	0,01487	17,38	0,25844	A
6	304,895	0,01706	23,21	0,39596	B
7	194,895	0,02591	18,63	0,48270	C
8	1023,451	0,01544	17,86	0,27576	A
9	262,818	0,01275	16,70	0,21293	A
10	139,601	0,02149	18,77	0,40337	B
Media	420,210	0,02017	20,89	0,43011	B

Cuadro 4. Porcentaje relativo del uso de la tierra de las diez micro-cuencas del río Lavapés, Botucatu, SP.

Micro-cuenca	Ocupación del suelo						
	Forestación y vegetación de sabana	Reforestación	Pantano natural	Prácticas agrícolas	Areas construidas y urbanizadas	Barreras, embalses y otros	
1	1,85	-	64,15	2,45	31,55	-	-
2	10,09	10,91	77,88	1,12	-	-	-
3	8,29	-	63,56	6,64	20,12	1,39	-
4	9,28	3,05	76,14	-	11,53	-	-
5	1,32	4,76	81,07	8,45	4,40	-	-
6	13,47	-	51,21	35,32	-	-	-
7	5,24	-	44,89	37,18	-	12,69	-
8	3,75	1,52	19,71	74,37	-	0,65	-
9	0,31	-	46,03	45,25	3,11	5,30	-
10	2,09	-	85,52	8,43	-	3,96	-
Media	5,57	2,02	61,02	21,92	7,07	2,40	-

micro-cuencas 2 y 6 fueron considerables una vez que estas mostraron 10,09% y 13,47% respectivamente. En las micro-cuencas 6 (35,32%), 7 (37,18%), 8 (74,37%) y 9 (45,25%) las prácticas agrícolas fueron más significativas.

Las áreas ocupadas con diques, embalses, entre otros, fueron consideradas micro-cuencas 7 (12,69%). El volumen de agua en la micro-cuenca 7 fue fluido con construcción de embalses de área con el propósito de atender especialmente la actividad lechera. Estas áreas fueron consideradas una vez que en imágenes de satélite, sea pancromática o colorida, la interpretación visual torna difícil diferenciar algunas coberturas vegetales, debido a la pequeña escala de imagen orbital, a su resolución espacial y a su procesamiento fotográfico.

La ocurrencia de conflictos puede ser observada por el actual uso de la tierra, contrario a la tendencia definida del coeficiente de rugosidad en diez micro-cuencas de tercer orden de ramificación estudiados en las cuencas hídricas del río Lavapés, Botucatu; por otra parte ésta muestra los resultados obtenidos por el área a ser forestada, atendiendo las exigencias legales del código forestal, ley n° 4.771 de 15/09/65, y 7.803 de 18/07/89 y 7.895 de 13/11/89, y las recomendaciones técnicas en función a la declividad media de cada cuenca, con el propósito de protegerlas contra la erosión (11).

La ganadería es practicada de manera extensiva en la región, con pastos de baja calidad, además los productores no están acostumbrados

a efectuar correcciones de pH (encalado) ni de fertilización, para mejorar la calidad de los alimentos. Debido a que la conservación del suelo es una práctica agronómica poco utilizada por los pecuarios, consecuentemente los suelos, que son por naturaleza pobres, acaban sufriendo las acciones del abandono causando la sedimentación del río Lavapés, y la reducción de la capacidad de vegetación para la ganadería, y como consecuencia la disminución de la producción lechera. El deterioro medio ambiental de la micro-cuenca del río Lavapés fue de 69,46% (cuadro 5) considerando que el área de ganadería como conflicto, es un indicador directo del alto grado de deterioro, grado que está muy por encima de los límites aceptables, el cual es de 10% de acuerdo a lo recomendado por FAO. El grado ambiental evidencia la reducción en la calidad del ambiente por los seres humanos. El uso inadecuado de la tierra ha causado un daño permanente en el suelo y en la vegetación, que puede contribuir al bajo nivel socioeconómico de los propietarios rurales de la región de Botucatu.

El uso inadecuado de la tierra, las marcadas inclinaciones medias en la micro-cuencas, y la deforestación descontrolada, entre otras prácticas sometidas en el área, sugieren que las cuencas necesitan ser repobladas entre un 39.9% hasta un 50% con reforestación, por lo tanto, la cantidad de pasto restante, la cual es pequeña actualmente, irá disminuyendo a lo largo de dos años (2)

La deforestación ataca el suelo, dejándolo al descubierto y bajo accio-

**Cuadro 5. Porcentaje relativo del uso de la tierra de las diez micro-cuencas del río Lavapés, Botucatu, SP.**

Micro-cuenca	Conflictos	Bosque	Para forestar	Exceso (+) o disponibilidad (-) en la agricultura	Area para ser trabajada en el manejo correcto de la cuenca	Area de deterioradas por la cuenca
1	2,46	1,85	48,15	2,45	50,61	50,61
2	1,13	10,09	39,91	1,12	41,03	41,03
3	70,21	8,29	41,71	6,64	48,35	100,00
4	0,00	9,28	40,72	0,00	40,72	40,72
5	8,44	1,32	48,68	37,16	94,28	57,12
6	35,32	13,37	36,53	35,32	71,85	71,85
7	37,18	5,24	44,76	37,18	81,94	81,94
8	74,37	3,75	46,25	-25,02	95,60	100,00
9	45,25	0,31	49,69	-3,66	91,28	94,94
10	8,43	2,09	47,91	8,43	56,34	56,34
Media	28,28	5,57	44,43	15,70	67,20	69,46

nes de ciertas lluvias, en consecuencia, la erosión y lixiviación de elementos nutritivos esenciales para la supervivencia de la planta. En este caso, el uso del suelo debe hacerse de manera racional y adecuada, con el propósito de prevenir el daño al medio ambiente.

Las altas declividades medias presentes en las diez micro-cuencas, y la deforestación a la que fue sometida el área de la micro-cuenca, se pueden constatar en dos valores observados en el cuadro 3, principalmente para las micro-cuencas 1, 3, 5 7 y 9 que no presentaron cobertura vegetal, lo cual hace posible concluir que estas cuencas necesitan de un complemento vegetal con forestación. En este sentido, Coelho (6) afirma que la caída natural de las plantas no es impedida y su regeneración es lenta, la eucaliptocultura va a atender no solo las necesidades económicas sino también, constituirá una forma de protección contra la erosión en el suroeste de São Paulo.

El cuadro 4 muestra claramente que todas las micro-cuencas necesitan ser forestadas, con un valor aproximado de 46,89% a 44,435, con el propósito de alcanzar las recomendaciones técnicas de 50% de cobertura forestal, para lograr la protección y manejo de la cuenca de manera más racional y adecuada, procurando de esta forma, protegerlas contra la erosión y por lo tanto, mejorando las condiciones ambientales.

Analizando los resultados correspondientes del parámetro de control ambiental del coeficiente de rugosidad, se verificó que las cuencas 5,

8 y 9 han tenido el uso potencial de suelo clasificado como tipo A, es decir, suelos adecuados para la agricultura y áreas urbanas, por otra parte, las cuencas 1, 6 y 10, fueron clasificadas como tipo B, es decir, suelos apropiados para la ganadería, mientras que las cuencas 2, 4 y 7 fueron clasificadas como tipo C, esto quiere decir, para uso pecuario o de reforestación, sólo la micro-cuenca 3 fue clasificada tipo D, es decir, suelos favorables para la forestación.

El coeficiente medio de rugosidad para las diez micro-cuencas de tercer orden de ramificación permitió clasificar la cuenca del río Lavapés como clase B, es decir, tierras propicias para el uso de pastos, el cual concuerda con la información regional, pero no está siendo aprovechada, por el contrario, esta siendo destinada a la actividad lechera.

La declividad media de la micro-cuenca (20,89%) permitió clasificarla como un relieve accidentado, de acuerdo al criterio de Chiarini & Donzeli (3); sin embargo, 62,95% del área total de la cuenca presenta topografía recomendable para el uso agrícola con prácticas agrícolas anuales, por otro lado, estas son áreas de favorable mecanización, siendo éste relieve clasificado por Chiarini & Donzeli (3) como ondulado. El resto del área, 27% presenta una topografía bastante acentuada, predominando una declividad bastante empinada, indicando que esta actividad agrícola debe ser considerada como una práctica de riesgo, por lo tanto, de no haber prácticas conservacionistas adecuadas las cuencas pudrieran sufrir grandes pér-

didadas causadas por la erosión.

Las micro-cuencas 3 y 9 con 100% de deterioro, presentaron áreas conflictivas de 70,27% y 74,37%, quiere decir, áreas con tierras usadas inadecuadamente provocando baja productividad y empobrecimiento de suelos.

La cueca clasificada como 5, de acuerdo al coeficiente de rugosidad, es propicia para uso de la actividad agrícola, el área para ser usada para el correcto uso es de 94,28% incluyendo el resto de las áreas, las cuales son las áreas deterioradas y reforestadas.

Las micro-cuencas 8 y 9, clasificadas de acuerdo al coeficiente de rugosidad como tipo A, es decir, tierras apropiadas para la agricultura, presentaron 25,02% y 3,66% respectivamente, éstas son áreas disponibles para la agricultura que podrían ser usadas en el correcto manejo de estas cuencas. Debido a que las áreas disponibles de la cuenca son de 95,60% y 91,28%, estas podrían ser usadas por las áreas de conflicto y áreas a reforestar.

Las micro-cuencas 1, 6 y 10 clasificadas de acuerdo al coeficiente de rugosidad como tipo B, presentaron áreas conflictivas y disponibles al mismo tiempo, en el orden de 2,46%, 35,32% y 8,43% respectivamente, ya que son micro-cuencas destinadas a la actividad ganadera, las áreas usadas con el manejo correcto de las micro-cuencas son 50,61%, 71,85% y 56,34% respectivamente. Las áreas mencionadas anteriormente también son usadas para el manejo correcto de las áreas que serán forestadas 48,15%, 36,53 y 47,91 respectivamente.

De acuerdo con los valores de coeficiente de rugosidad de las micro-cuencas 2, 4 y 7, estas fueron clasificadas como tipo C, es decir, tierras propicias para la actividad pecuaria y a la forestación; las micro-cuencas 2 y 7 presentaron 1,13% y 37,18% de áreas conflictivas, la micro-cuenca 4 no presentó áreas conflictivas. Para obtener el uso correcto de estas cuencas, el área a ser trabajada debe estar en el orden de 41,03%, 40,72% y 81,94%, incluyendo en este caso las áreas excedentes en la agricultura de 1,12% en la micro-cuenca 2 y de 37,18% en la cuenca 7, donde la micro-cuenca 4 no tuvo áreas excedentes a la agricultura, y las áreas a forestar fueron de 39,91% en la micro-cuenca 2, 40,72% en la micro-cuenca 4 y 44,76% en la micro-cuenca 7.

La única micro-cuenca clasificada como tipo D, es decir, tierras favorables para la forestación, fue la micro-cuenca 3, la cual presentó 48,35% de área a ser trabajada para el manejo correcto, siendo el valor del área conflictiva de 70,21% la que corresponde al manejo inadecuado de la cuenca, las áreas a ser forestadas fueron de 41,71% y como áreas excedentes en la agricultura 6,64%.

Las 10 micro-cuencas de tercer orden de ramificación del río Lavapés, Botucatu, SP, presentaron un bajo índice de cobertura forestal con un valor promedio que oscila entre 0,31% a 13,37% y cuya media fue de 5,57% por debajo del índice preconizado por FAO de 25%.

Las micro-cuencas 1 (1,85%), 5 (1,32%), 8 (3,75%), 9 (0,31%) y 10 (2,09%) tienen un valor medio de

1,86% de área cubierta por vegetación, por otro lado la micro-cuenca 2 (10,09%), 3 (8,29%), 4 (9,28%), 6 (13,37%) y 7 (5,24%) tienen un contenido de cobertura vegetal de aproximadamente 9,25%, por lo tanto, las micro-cuencas usadas en esta investigación tienen un valor medio menor de 2% de área cubierta por bosque, mientras que los otros valores medios son aproximadamente de 9%.

El grado de deterioro, parámetro usado en el control ambiental para las diez micro-cuencas fue relativamente alto (69,46%), es decir, varió de 40,72% a 100% muy por encima del límite aceptable de 10, de acuerdo con lo recomendado por FAO. El grado de deterioro de 69,46% ocurre debido al uso incorrecto de la tierra, principalmente causado por la actividad pecuaria de la región y por la deforestación descontrolada, especialmente en suelos con buena fertilización más adaptables a la exploración económica, siendo por los momentos los suelos más pobres en función del aumen-

to poblacional y del avance tecnológico agronómico. La vegetación, además de ir disminuyendo lentamente en la región de la ciudad de São Paulo, Brasil, y en el mundo entero, está siendo dañada cualitativamente, llegando a convertirse en un problema cuando se piensa en la conservación y mejora de los recursos naturales renovables.

La vegetación, de acuerdo a INCRA era en 1985 alrededor de 13,9% en la ciudad de São Paulo, actualmente, este valor es mucho menor debido a que la deforestación continúa ocurriendo, en este sentido Campos *et al.* (2) constatan la presencia de solo 3,2% de cobertura vegetal por vegetación en la micro-cuenca del río Lavapés, Botucatu.

La actividad de forestación puede ser mejorada en algunas micro-cuencas ya que de acuerdo a algunos investigadores esta cobertura vegetal atiende las necesidades en el control de erosión, es decir, si el pecuarista no utiliza estas tierras para la actividad pecuaria

## Conclusiones

De acuerdo con la metodología utilizada y con los valores obtenidos en esta investigación, es posible concluir que: las imágenes del sensor TM LANDSAT 5 permitió la representación gráfica del uso de la tierra de la cuenca de manera más rápida, además de suministrar un excelente banco de datos para futuras planificaciones del área; el levantamiento físico conservacionista permitió mostrar un grado de deterioro físico ambiental para la cuenca del río Lavapés,

Botucatu, SP de 69,46%, muy por encima del límite aceptable que es de 10%, de acuerdo a lo recomendado por FAO; el parámetro ambiental del «coeficiente de rugosidad» para la micro-cuenca del río Lavapés, Botucatu, SP, permitió indicar que el propósito principal de esta cuenca es de uso pecuaria (tipo B) y las 10 micro-cuencas de tercer orden de ramificación habían sido constituidas en su mayoría, por unidades de suelo LVA y RQ, suelos de baja a muy baja fertilidad

3,2% de cobertura por floresta na microbacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu.

A atividade de florestamento poderá até ser ampliada em algumas microbacias visto que, segundo alguns

pesquisadores, esta cobertura vegetal atende às necessidades no controle de erosão, isto é, se os pecuaristas não optarem por práticas agronômicas utilizadas para o bom desenvolvimento da pecuária.

## Literatura citada

1. Campos, S. 1993. Fotointerpretação da ocupação do solo e suas influências sobre a rede de drenagem da bacia do Rio Capivara – Botucatu, SP, no período de 1962 a 1977. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Brasil. 164p.
2. Campos, S., J.A. Tebet, L.G. Cardoso, Z.X. Barros de. 1993. Modificação da paisagem na bacia do Rio Lavapés – Botucatu, SP, de 1977 a 1989. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Brasil. (23) :319-328.
3. Chiarini, J.J., P.L. Donzelli. 1973. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto Agrônômico. Campinas. (3):1-29.
4. Coelho, A.G. de. 1968. Fotointerpretação da eucaliptocultura e estudo do planejamento agrícola. Boletim do Instituto Agrônômico, Campinas, (187): 1-60.
5. Coelho, A.G. de. 1972. Obtenção de dados quantitativos de fotografias aéreas verticais. Rev. Aerofotogeometria. São Paulo. 8(1): 1-23.
6. Christofoletti, A.1980. Geomorfologia. São Paulo, Ed. Edgard: Blucher Limitada. 2º edição.188p.
7. Horton, R.E.1914. Derivation of runoff from rainfall data. Discussion. Trans.A.S.C.E., 77:369-75.
8. Mello Filho, J.A., Rocha, J.S.M. da. 1992. Diagnóstico físico-conservacionista das sub-bacias hidrográficas dos rios Alambari e Sesmaria, em Rezende, em RJ. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Santa Maria. Brasil. 2178-2191.
9. Oliveira, J.B. de Camargo, M.N., Rossi, M., Calderan Filho. 1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Campinas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 64p.
10. Rocha, J.S.M. da. 1978. Fotografias aéreas aplicadas ao planejamento físico rural. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. 51p.
11. Rocha, J.S.M. da. 1991. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. Santa Maria. Brasil. 2º edição.181p.
12. Silva, C.M., Cataneo, A., Cardoso, L.G. 1993. Sistema de Planimetria Digitalizada. Jornada Científica da Associação dos Docentes. Universidade Estadual Paulista.Brasil. p.109.