

Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo, departamento de Nariño – Colombia

Morphometric characterisation and classification of the Bobo river watershed in the Nariño department, Colombia

Victoria Benavides Mora¹, Teresa Cristina Tarlé Pissarra² y João Antonio Galbiatti³

¹ Zootecnista, Universidad de Nariño, Colombia. M.Sc., Manejo de Cuencas Hidrográficas, Universidade Estadual Paulista, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Brasil. Vinculada a la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. ESP, Área de Gestión Ambiental, Colombia. vickybemo@hotmail.com.

² Ingeniera agrónoma. Ph.D., Profesora Asistente, Universidade Estadual Paulista, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Brasil. teresap@fcav.unesp.br.

³ Ingeniero agrónomo. Ph.D. Profesor Titular, Universidade Estadual Paulista, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Brasil. galbi@fcav.unesp.br.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el de caracterizar morfométricamente la cuenca hidrográfica del río Bobo, en el Departamento de Nariño, Colombia. A partir de cartas topográficas del área, en la escala 1: 25.000, se elaboró un mapa base de la red de drenaje y de los límites de las microcuencas de segundo orden de magnitud. Las características morfométricas dimensionales, de patrón de drenaje y del relieve, fueron determinadas para el estudio del comportamiento hidrológico de la cuenca hidrográfica del río Bobo, presentando una extensión superficial de 224,97 Km² y un perímetro de 71,31 Km, siendo considerada de 6° orden de magnitud, conformada por 176 canales de 2° orden de magnitud; 34 canales de 3° orden, 9 canales de 4° orden y 3 canales de 5° orden de magnitud. Presenta una densidad media de drenaje de 3,66 Km/Km², que refleja su alta densidad, con conformación bastante fuerte y disecada. La región se caracteriza por presentar un padrón de uso típico de zonas andinas con bosque nativo y predominio de cultivos transitorios de papa y hortalizas tradicionales.

Palabras clave: parámetros físicos, cuenca hidrográfica, morfometría.

ABSTRACT

The object of this work was to make a morphometric characterization of the Bobo river watershed in the Nariño department in Colombia. A map was created from topographical maps (1:25.000 scale) using the drainage network and the limit of each 2nd order microbasin as database. Dimensional, drainage network and relief morphometric parameters were evaluated for a later hydrological study. The drainage area was 224.97 km², having a 71.31 km perimeter. The Bobo river watershed is considered to be 6th order and has 176 2nd order drainage channels, 34 3rd order drainage channels, 9 4th order drainage channels and 3 5th order drainage channels. Average drainage density is 3.71km/km², reflecting its high density, having strong, dissected geological formation. The area has a typical Andean landuse pattern, having native wooded vegetation, traditional transitory potato and vegetable growing predominating.

Keywords: physical parameter, watershed, morphometry.

Recibido: junio 7 de 2008

Aceptado: junio 16 de 2009

Introducción

Etimológicamente, la palabra geomorfología es definida como el estudio de las formas de la superficie terrestre. Viers (1973), la describe como la ciencia cuyo objeto es el de clasificar y explicar las

formas del relieve; Derruau (1966) la determina como "la descripción de las formas y la explicación del relieve, su evolución y los procesos de su modelado", o sea, el origen y evolución en el tiempo geológico.

La descripción de los aspectos (abióticos) de la tierra y del paisaje terrestre, incluyendo aspectos del uso de la tierra, vegetación e influencia humana, es conceptuada como la fisiografía de una región (Van Zuidam, 1986).

Conforme Bennena y Gelens (1969), la fisiografía y la geomorfología comprenden el estudio de los fenómenos que determinan la apariencia y características de un paisaje, la tipografía, la hidrología, la vegetación y la identificación de los procesos que ocurren en el paisaje. Así, en este estudio es posible determinar las características externas de los paisajes y las influencias que éstas ejercen sobre sus características intrínsecas, siendo prerequisite esencial para la aplicación en levantamientos geológicos, hidrológicos, forestales y edafológicos.

La conformación de la cuenca hidrográfica se origina del proceso de erosión. La erosión es un término aplicado a las diversas maneras como los agentes móviles (agua, viento, hielo) desprenden y transforman los productos de la interperización y sedimentación produciendo deslizamiento de materiales en la superficie de la corteza terrestre. El desgaste de modelado de la superficie terrestre es producido por agentes móviles, lo que vuelve un proceso normal (erosión geológica) en anormal (erosión acelerada del suelo), de acuerdo con las condiciones imperantes en cada región y con la intervención positiva y negativa del hombre.

La cuenca hidrográfica es utilizada como una unidad fundamental, para estudios de geomorfología, fisiografía y procesos erosivos; este hecho se debe a las características que gobiernan en su interior todo el flujo superficial de agua (Horton, 1945). Así, viene siendo considerada una unidad territorial ideal para el planeamiento integrado del manejo de los recursos naturales (Pisarra *et al.*, 2004; Hott *et al.*, 2007).

Según Santos (2004), se puede utilizar como artificio la subdivisión de una cuenca hidrográfica en unidades menores, *a priori* de las potencialidades, fragilidades, aciertos y conflictos, centrados en las características del área. De esta manera, se organiza la cuenca de acuerdo con un criterio establecido, tornándose más simple y efectiva la especialización de los datos, individualizando las características principales. A partir de las interacciones de los eventos hidrológicos y de la geometría de las cuencas hidrográficas, se puede explicar cómo el sistema de drenaje puede ser dividido en componentes de diferentes órdenes.

Este sistema propicia la construcción de parámetros morfométricos relacionados con los procesos de escurrimiento superficial, cuyo desarrollo y expansión ocurren hasta que la red de drenaje alcanza su tamaño óptimo, llegando al equilibrio en función de las condiciones ambientales (Christofletti, 1974, 1970; Calderini, 2000; Missura, 2005).

La caracterización morfométrica tiene como objetivo obtener índices cuantitativos, los cuales apoyan los estudios hidrológicos de las cuencas hidrográficas (Alves y Castro, 2003; Cardoso *et al.*, 2006; Hott *et al.*, 2007). Con el análisis de estas características se busca entender la relación suelo-superficie como consecuencia de los procesos erosivos sobre estructuras litológicas variadas (Luo & Harbin, 2003; Glennon y Groves, 2002).

El principal objetivo consiste en detallar las características geomorfológicas y fisiográficas de la cuenca hidrográfica del río Bobo mediante la aplicación del análisis morfométrico, para evaluar el drenaje y la susceptibilidad de las microcuencas al proceso erosivo.

La cuenca hidrográfica del río Bobo fue escogida para este estudio por su potencial hídrico y localización estratégica, además de ser considerada fuente de abastecimiento de agua para las actuales y futuras generaciones de la comunidad rural y urbana del municipio de San Juan de Pasto, en el departamento de Nariño. La investigación apoya y subsidia el planeamiento ambiental de la cuenca hidrográfica, así como el desarrollo económico y social del municipio San Juan de Pasto, el cual está ligado a la utilización sustentable de los recursos naturales, en especial del agua.

Materiales y métodos

El área en estudio está localizada al sureste del departamento de Nariño, administrada por los

municipios de San Juan de Pasto y Tangua.

La cuenca hidrográfica del río Bobo presenta una superficie continua de 22.571 hectáreas, se distribuye entre las coordenadas UTM 178704,12 mN a 66407,16 mN; 232895,43 mE y 315537,93 mE, MC 78GW, zona 18 (Corponariño, 1993; Conif, 2003).

La precipitación media anual varía entre 800 y 1.500 mm, cuya distribución muestra dos periodos de concentración de lluvias entre los meses de marzo a mayo y de octubre a diciembre y una estación relativamente seca entre los meses de junio a septiembre. La evotranspiración oscila entre 800 a 1.000 mm/año y las temperaturas medias mínimas y máximas son de 6 a 11°C, de acuerdo con Conif (2003).

Los productos litológicos datan de los períodos Terciario y Cuaternario; son rocas ígneas, volcánicas, piroclásticas, sobrepuestas sobre lavas andasíticas, dacíticas y cenizas volcánicas en diversos estados de alteración. Básicamente se observa un sistema de fallas y un conjunto de estructuras volcánicas que ejercen control sobre el trazado de la red de drenaje (CONIF, 2003).

Para la descripción de los paisajes presentes en la zona de estudio (Conif, 2003), se dividen las unidades de suelos de acuerdo al modelaje del relieve, el clima y la pedología, con la intención de describir las condiciones agrícolas de la cuenca (ver [Tabla 1](#)).



Para elaboración del mapa base fueron utilizadas como material básico en este estudio las cartas topográficas de la red drenaje, suelos, uso y ocupación de la red hidrográfica del río Bobo, editadas en la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo de Nariño (Corponariño), de 1993, en la escala 1:25.000, con equidistancia vertical entre curvas de nivel de 25 m.

El mapa base de la red de drenaje y la exposición de vertientes fue generado a partir del decalque de la red de drenaje, donde a partir del análisis de curvas de nivel fueron delimitadas las microcuencas hidrográficas teniendo en cuenta los aspectos topográficos, luego este mapa fue digitalizado en el programa Autocad 2008. La clasificación de los canales de la red de drenaje de cada microcuenca hidrográfica fue hecha de acuerdo con la metodología propuesta por Horton (1945), modificada por Strahler (1957), considerando los canales de primera orden, los que no presentan ramificación; los canales de 2ª orden, cuando reciben a los de 1ª primer orden; y los canales de 3ª orden cuando reciben a los de 2ª orden de magnitud, y así sucesivamente.

La caracterización morfométrica de cada microcuenca de 2º orden fue realizada mediante la determinación de las características dimensionales, de composición de la red de drenaje, del patrón de drenaje y del relieve.

Las características dimensionales son: Área (A): considerada como la superficie drenada por el conjunto del sistema fluvial incluido entre sus divisores topográficos, proyectada en plano horizontal (Km²) (Horton, 1945); Perímetro (P): constituye el largo de la línea imaginaria del divisor de aguas (Km) (Smith, 1950); Mayor largura (C): representa la línea recta que une la desembocadura hasta el extremo sobre la línea del divisor de aguas. Siguiendo en dirección aproximada del valle principal (Km) (Schum, 1956); Mayor ancho (L): Mayor dimensión lineal que la cuenca presenta en el eje transversal del valle formado por ella (Km) (Strahler, 1958); Largura de la red de drenaje (Cr): corresponde a la largura total del río que forma la red de drenaje (Km) (Horton, 1945).

Las características de la composición de la red de drenaje (França, 1968) son: Orden de ramificación o magnitud (w): que representa los canales de drenaje clasificados de acuerdo con el sistema de Horton (1945), modificado por Strahler (1957) ($w-w_1, w_2 \dots$); Número de segmentos de ríos (N): número de segmentos de los ríos en cada orden ($Nw-Nw_1, Nw_2$) y el total (Nt) de acuerdo con Horton (1945), Strahler (1957) y França (1968); Largura total de segmentos de ríos (Ctw): largura total de segmentos de los ríos en cada orden ($Ctw-Ctw_1, Ctw_1$) (França, 1968); Largura media de ríos (Cm): relación entre la largura total de segmentos de los ríos y el número de segmentos de los ríos determinado para cada orden ($Cmw-Cmw_1, Cmw_2$) - $Cm = Ct/Nt$, (França, 1968); Razón de ramificación o bifurcación (Rb): relación entre el número de ríos de un orden y la del orden inmediatamente superior (Horton, 1945; Strahler, 1957); Cálculo del número de

segmentos entre órdenes consecutivos ($R_b = Nw_1/Nw_2$); Razón de larguras totales (R_{lw}): es la relación entre la suma de las larguras de segmentos de ríos de un orden dado y del orden inmediatamente superior (Strahler, 1957): $R_{lw} = Ctw_1/Ctw_2$; Razón de la largura media (R_{lm}): relación entre la largura media de segmentos de ríos de un orden dado y de la inmediatamente inferior (Horton, 1945): $R_{lm} = Cmw_2/Cmw_1$; Relación entre largura media y razón de ramificación (R_{lb}): relación entre la razón de largura media (R_{lm}) y la razón de ramificación (R_b) (Strahler, 1958): $R_{lb} = R_{lm}/R_b$.

Las características del padrón de drenaje expresan la textura topográfica de la cuenca y son definidos como: Densidad de drenaje (D_d): relación entre la largura de la red de drenaje (Cr) y el área de la cuenca (A), (km/km^2): $D_d = Cr/A$ (Horton, 1945); Frecuencia de ríos (F): relación entre el número de segmentos de ríos y el área de la cuenca, (N/km^2): $F = Nt/A$ (Horton, 1945); Razón de textura (T): relación entre el número de segmentos de ríos y el perímetro de la cuenca (N/km): $T = Nt/P$ (França 1968; Smith, 1950); Extensión del recorrido superficial (Eps): función de la densidad de drenaje, (km): $Eps = 1/(2D_d)$ (Horton, 1945); Coeficiente de mantenimiento (C_m): obtenido en función de la densidad de drenaje, proporcionando un estimativo del área mínima que es exigida para que el canal de drenaje se pueda implementar y desarrollar (m^2): $C_m = (1/D_d) \times 1.000$ (Schumm, 1956).

Las características del relieve son: Amplitud altimétrica (H): altura representada por el desnivel entre el punto más bajo de la microcuenca (desembocadura) y el punto de mayor altitud (m) (Strahler, 1952) los datos altimétricos fueron obtenidos en un único punto, expresando la cota máxima en relación a la mayor largura de la cuenca, obteniéndose, de esta manera, la amplitud altimétrica relativa de cada microcuenca hidrográfica analizada; Razón de relieve (R_r): relación entre amplitud altimétrica y mayor largura, (m/m): $R_r = H/C$ (Schumm, 1956); Razón de relieve relativo (R_{rl}): relación entre amplitud altimétrica y perímetro de la cuenca, (m/m): $R_{rl} = H/P$ (Strahler, 1958); Declividad media de la cuesta (DME): determinada a través del índice de rugosidad (Strahler, 1958). Inicialmente son obtenidos los valores de las tangentes utilizando el índice de rugosidad ($tg \theta = 2HD$). En seguida, estos valores fueron transformados para declividad media de la cuesta en porcentaje (%); Coeficiente de rugosidad (RN): determinado por la relación existente entre la densidad de drenaje y la declividad media de la cuesta (DME): $RN = D_d \times 1.000$.

Para la evaluación de los resultados obtenidos fueron considerados diversos aspectos relacionados con la variación de las características morfométricas de las microcuencas, siendo empleados para valorar contrastes entre datos relacionados con la variación, conforme Banzatto y Kronka (1995).

Resultados y discusión

La cuenca hidrográfica del río Bobo presenta una extensión superficial de 224,97 km^2 y un perímetro de 71,31 km, siendo considerada de 6° orden de magnitud, conformada por 176 canales de 2° orden de magnitud, 34 canales de 3° orden, 9 canales de 4° orden y 3 canales de 5° orden de magnitud.

Los valores determinados de las características morfométricas de las microcuencas de 2° orden de magnitud de la cuenca hidrográfica del río Bobo, presentan alta variabilidad ([Tabla 2](#)).



La cuenca hidrográfica presenta un área máxima de 3,66 km^2 y mínima de 0,8 km^2 , con una red de drenaje cuya extensión máxima es de 8,95 km y mínima de 0,43 km.

El padrón de drenaje es dendrítico, reflejando la geología de la región, siendo, de acuerdo a lo observado en el área, rocas con resistencia fuerte y uniforme.

La densidad de drenaje repercute en el comportamiento hidrológico y litológico de cada unidad territorial. En lugares donde la infiltración presenta dificultad, hay mayor escurrimiento superficial, teniendo mayor enculturación de la red de drenaje y resultan una densidad de drenaje más alta. A medida que disminuye el valor de la densidad de drenaje, lo hacen los componentes fluviales de las cuencas hidrográficas.

La cuenca del río Bobo presenta una densidad de drenaje media de 3,64 km/km . Correlacionando los datos de la [figura 1](#) y los de la [tabla 2](#) se puede constatar además que la alta densidad de

drenaje observada en el área son los valores máximo y mínimo de 10,50 a 0,96 km/km², respectivamente. Los valores de las características del patrón de drenaje reflejan la litología del área, con conformación bastante fuerte y disecada. Según los trabajos de Villela y Mattos (1975), este valor puede estar entre 0,5 km/km² para cuencas con menor intensidad de drenaje y superior de 3,5 km/km² para cuencas excepcionalmente bien drenadas, indicando, por lo tanto, que la cuenca hidrográfica del río Bobo presenta alta capacidad de drenaje. Valores altos de densidad de drenaje están generalmente asociados a regiones de rocas impermeables y de régimen pluviométrico caracterizado por alta concentración de la precipitación (Tonello, 2005).

Los altos valores de amplitud altimétrica, como los observados, tienden a favorecer la formación de canales responsables de la alta excavación, explicando los valores más altos de Dd. Se resalta que el uso y ocupación del suelo, con la agricultura intensiva, principalmente en el sistema productivo de la papa, puede intensificar las alteraciones del paisaje geomorfológico, debido a la utilización de los recursos hídricos, sugiriendo que en la región la contaminación del agua podrá tornarse crítica en el futuro.

El coeficiente de manutención (Cm), que representa el área mínima para el desarrollo de un canal de drenaje, y la extensión del recorrido superficial (Eps) no mostraron acentuada diferencia entre las microcuencas de 2° orden de magnitud, demostrando baja diferencia en las características del relieve, como puede observarse en los valores de razón de relieve.

Los valores de declividad altos indican las condiciones favorables a la formación de canales. En consecuencia, presentan mayor velocidad de escurrimiento en las cuencas a la montante, las cuales presentaron valores superiores, indicando, por tanto, que la conservación de la vegetación ciliar en esta área debe asumir mayor relevancia para la preservación y manutención de la calidad del agua, para minimizar el proceso de erosión del suelo.

La declividad, entre otros factores, es relevante en el planeamiento, tanto para el cumplimiento de la legislación como para garantizar la eficiencia de las intervenciones antrópicas (Romanovski, 2001). El índice de rugosidad (Hd) entre las cuencas varió considerablemente, resultado de las diferencias en la amplitud altimétrica (Christofolletti y Machado, 1977).

La aplicación de los métodos y de las técnicas permitió la producción de datos que posibilitarán una mejor comprensión de la dinámica actuante en la cuenca del río Bobo. En el área fueron encontradas altitudes que varían de 3.330 m a 2.815 m, constatándose que las mayores altitudes se encuentran localizadas en el sector suroeste. La cuenca se caracteriza por la presencia de interfluvios con fuerte declividad, variando de 2,54% a 169,06%. Las declividades menores están restringidas a zonas de bajas vertientes y valles principales (Missura, 2005).

Este artículo describe las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del río Bobo. Sin embargo, tales características no puedan predecir directamente el medio, ellas describen la distribución de la masa y el potencial de distribución energética de la microcuenca. Ese hecho ha sido aclarado en trabajos desarrollados por Luo y Harlin (2003), que correlacionan estas características con la conformación de la cuenca en lo que concierne a la topografía, resaltando la importancia de las características del relieve, las cuales tienen potencial de combinarse con otros factores tales como suelo, cobertura vegetal, intensidad de precipitación, rugosidad, superficial, etc. Todos estos factores pueden interferir en la respuesta hidrológica de la microcuenca. Dicha relación existe, teniendo en cuenta que las características morfométricas de las cuencas hidrográficas demuestran la base física para la correlación entre la respuesta hidrológica y la conformación de la cuenca.

Conclusiones

El uso de diferentes técnicas topográficas, computacionales y de sistemas de información geográfica, permitió la producción de información que posibilita un mejor entendimiento de la dinámica física de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica del río Bobo.

El análisis cuantitativo de las características morfométricas permitió diferenciar áreas de suelos presentes de la Cuenca del río Bobo, así como establecer que las características del relieve son las que mejor describen las formas de las microcuencas.

Bibliografía

- Alves, J. M. P., Castro, P. T. A., Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos., Revista Brasileira de Geociências, Vol. 33, No. 2, 2003, pp. 117-127.
- Banzatto, E. A., Kronka, S.do N., Experimentação Agrícola., 3a ed., Jaboticabal, FUNEP, 1995, 247p.
- Bennema, J. Y., Gelens, H. F., Interpretación de fotografías aéreas y su importancia en levantamientos de suelos., ITC, Enschede, 1969.
- Calderini, I. M., Machado P., A estruturação das redes hidrográficas e o modelo hortoniano: uma revisão., Revista Tellus, Rio Claro, No. 1, 2000, pp. 114.
- Cardoso, C. A., Dias, H. C. T., Soares, C. P. B., Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, Rio de Janeiro., Revista Árvore, Vol.30, No. 2, 2006, pp. 241-248.
- CONIF. Corporación Nacional de Investigación y fomento forestal., Actualización plan de ordenamiento cuenca del Río Bobo, Pasto, 2003.
- CORPONARIÑO., Corporacion Autonoma Regional para el Desarrollo de Nariño., Actualización Plan de Ordenamiento y Manejo Cuenca río Pasto, Pasto, 1993.
- Christofoletti, A., A Analise de bacias hidrográficas, Geomorfologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1974, pp.81-97.
- Christofoletti, A., Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Poços de Calda, Rio Claro., tese apresentada na Universidade de Estadual Paulista - UNESP, para optar o título de Livre – Docente, 1970.
- Christofoletti, A., Machado, L. M. C. P., A lei da constância na amplitude altimétrica aplicada em bacias hidrográficas brasileiras., Notas Geomorfologicas, Vol 34, No. 17, 1977, pp.33-46.
- Derruau, M., Geomorfologia., 5a ed., Barcelona, Edit. Ariel, 1966. 435p.
- França, G. V., Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba., tese apresentada na universidade de Sao Paulo, para optar o título de Doctor, 1968.
- Glennon, A., Groves, C., An examination of perennial stream drainage patterns within the Mammoth Cave watershed. Ken-tucky., Journal of Cave and Karst Studies Vol 64, No. 1, 2002, pp. 82-91.
- Horton, R. E., Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology., Geol. Soc. America Bulletin, Vol 56, No. 3, 1945, pp. 275-370.
- Hott, M. C., Furtado, A. L. S., Ribeiro, C. A. A. S., Determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas no município de Campinas, Sao Paulo., Memórias del Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, Florianópolis , INPE Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 2007, pp. 3381-3388.
- Luo, W., Harlin, J. M., A theoretical travel time based on watershed hypsometry., Journal of the American Water Resources Association, Vol.39, No. 4, 2003, 785-792p.
- Missura, R., Análise morfoestratigráfica da bacia do Ribeirão dos Poncianos, Minas Gerais., Dissertação apresentada na Universidade Estadual Paulista, para optar o título de Mestre em Ciências Exatas, 2005.
- Pissarra, T. C. T., Politano, W., Ferraud, A. S., Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)., Revista Brasileira Ciência do Solo, Vol. 28, 2004, pp.297-305.
- Santos, R. F., Planejamento Ambiental, São Paulo., Oficina de Textos, 2004, pp.71-135.
- Smith, K. G., Standars for grading texture of erosional topography, American., Journal of Science,

Vol. 248, 1950, pp.655-668.

Schumm S. A., Evolution of drainage basins and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey., Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 67, 1956, pp.597-646.

Strahler, A. N., Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography., Bull Geol. Soc. Amér., Vol. 63, 1952, pp. 1117-1142.

Strahler, A. N., Quantitative analysis of watershed geomorphology, Amer. Geophys., Union.Trans., Vol. 38, 1957, pp. 913-920.

Strahler, A. N., Quantitative geomorphology, Encyclopedia of geomorphology., R. W. Fairbridge, (ed), New York, Reinhold Book, 1958, pp. 898-912.

Tonello, K C., Analise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões., Dissertação apresentada na Universidade Federal de Viçosa, para optar o título de Mestre em Scientiae, 2005.

Villela, S. M., Mattos, A., Hidrologia Aplicada., São Paulo, McGraw-Hill, 1975, 245p.

Viers, G., Elementos de Geomorfología., 1a ed., Barcelona, Oikos Taus S.A., 1973, 287p.

Van Zuidam, R., Aerial Photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping., Smiths Publishers, The Hague. 1986, 442p.