
Caracterização morfométrica

da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca del Alto Río
Pimenta Bueno, Amazonia Occidental, Brasil

Morphometric characterization of the
Alto Pimenta Bueno River sub-basin, Western Amazon, Brazil

Camila Simões

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Rosalvo Stachiw

Flaviane Aparecida Santana

Resumo

O crescimento populacional está desencadeando um aumento da pressão antrópica sobre os recursos naturais, havendo a necessidade de informações para gestão desses recursos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a morfometria da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno. As características morfométricas analisadas foram geometria, relevo e rede de drenagem, obtidas por meio de imagem altimétrica (SRTM), software QGIS 2.10.1, complemento TauDEM e equações. A sub-bacia tem forma alongada e baixa suscetibilidade a enchentes, relevo predominante plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 6ª ordem, densidade hidrográfica baixa, densidade de drenagem média, densidade de nascentes de 0,84 nascentes km⁻², canal principal sinuoso e tempo de concentração de 32 horas. Recomenda-se a implementação de técnicas conservacionistas e preservação das áreas de matas ciliares, principalmente nas áreas mais declivosas, para atenuar perdas de solo e manter as estruturas dos canais de drenagem.

Palavras chave: recursos hídricos; sensoriamento remoto; geoprocessamento, planejamento ambiental.

Resumen

El crecimiento poblacional está desencadenando un aumento de la presión antrópica sobre los recursos naturales, habiendo la necesidad de informaciones para la gestión de esos recursos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la morfometría de la subcuenca del Alto Río Pimenta Bueno. Las características morfométricas analizadas fueron geometría, relieve y red de drenaje, obtenidas por medio de imagen altimétrica (SRTM), software QGIS 2.10.1, complemento TauDEM y ecuaciones. La sub-cuenca tiene forma alargada y baja susceptibilidad a inundaciones, relieve predominante plano a suave ondulado, patrón de drenaje dendrítico de 6º orden, densidad de drenaje media, densidad de drenaje medio, densidad de manantiales de 0,84 nacientes km⁻², canal principal sinuoso y tiempo de concentración de 32 horas. Se recomienda la implementación de técnicas conservacionistas y preservación de las áreas de bosques ciliares, principalmente en las áreas más declives, para atenuar pérdidas de suelo y mantener las estructuras de los canales de drenaje.

Palabras clave: recursos hídricos; teledetección; geoprocésamiento; planificación ambiental.

Abstract

Population growth is triggering an increase in anthropic pressure on natural resources, and there is a need for information to manage these resources. The objective of this work was to characterize the morphometry of the Alto Rio Pimenta Bueno sub-basin. The morphometric characteristics analyzed were geometry, relief and drainage network, obtained by means of altimetric image (SRTM), QGIS software 2.10.1, TauDEM complement and equations. The sub-basin has an elongated shape and low susceptibility to flooding, predominantly flat to soft corrugated relief, 6th order dendritic drainage pattern, low hydrographic density, medium drainage density, water source density of 0.84 water source km⁻², channel main winding and concentration time of 32 hours. It is recommended the implementation of conservation techniques and preservation of riparian forest areas, mainly in the more sloping areas, to mitigate soil losses and to maintain the structures of the drainage channels.

Key words: water resources; remote sensing; geoprocessing; environmental planning.

1. Introdução

A água é um recurso natural valioso e necessário para a manutenção da vida no Planeta, contudo, apenas 0,0075 % é classificada como água doce disponível em rios e lagos (Rebouças *et al.*, 1999), ou seja, de fácil acesso a população. A água doce é utilizada em várias atividades humanas: cerca de 10 % da água é destinado ao abastecimento público, 23 % para a indústria e 67 % para a agricultura (Faustino *et al.*, 2013). Portanto, a preservação e conservação dos recursos hídricos são essenciais para disponibilizar água em quantidade e qualidade adequadas para a atual e futuras gerações.

As áreas de captação natural da água precipitada, formadas por um conjunto de nascentes e uma hidrografia que direciona a água para o exutório, são denominadas de bacias hidrográficas (Tucci, 2004). Estas áreas são consideradas unidades de trabalho ideal para um planejamento e gestão de recursos hídricos, visando a integração dos recursos naturais com os aspectos socioeconômicos, contribuindo simultaneamente para a renda do agricultor e a preservação ambiental (Santana, 2003).

A caracterização morfométrica da bacia é um dos primeiros procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, por facilitar a compreensão da dinâmica ambiental local e regional (Teodoro *et al.*, 2007). Os dados necessários para a caracterização podem ser obtidos ao analisar o relevo com sistemas de informações geográficas (SIG), (Oliveira *et al.*, 2010). Associado ao SIG têm-se o sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento, que possibilitam o monitoramento dos recursos naturais e a detecção de alterações ambientais em grandes áreas, com baixo custo financeiro e em tempo hábil (Kabite e Gessesse, 2018).

O estado de Rondônia é formado por 7 bacias hidrográficas (Abunã, Guaporé, Jamarí, Machado, Madeira, Mamoré e Roosevelt), subdivididas em 42 sub-bacias com áreas de 2.005,00 a 11.037,10 km² (SEDAM, 2002), que tem a agropecuária como principal atividade econômica de uso da Terra (Ferreira *et al.*, 2018). Essas áreas são consideradas extensas para o levantamento das características morfométricas em campo, assim, verifica-se o potencial do uso integrado de SIG, SR e técnicas de geoprocessamento para obtenção de informações das bacias e sub-bacias do estado.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, no estado de Rondônia.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O presente trabalho foi realizado na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno (Figura 1). A região tem clima do tipo Monção (Am), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual entre 1.564,5 a 1.843,7 mm, concentrada principalmente nos meses novembro a março (Franca, 2015), e temperatura anual média de 23 a 24 °C (SEDAM, 2002).

2.2 Características morfométricas

Foram obtidos e mensurados os parâmetros área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, altitude mínima, média e máxima, relevo, padrão de drenagem, ordem dos cursos de água, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, densidade de nascente, índice de sinuosidade e tempo de concentração. Para a

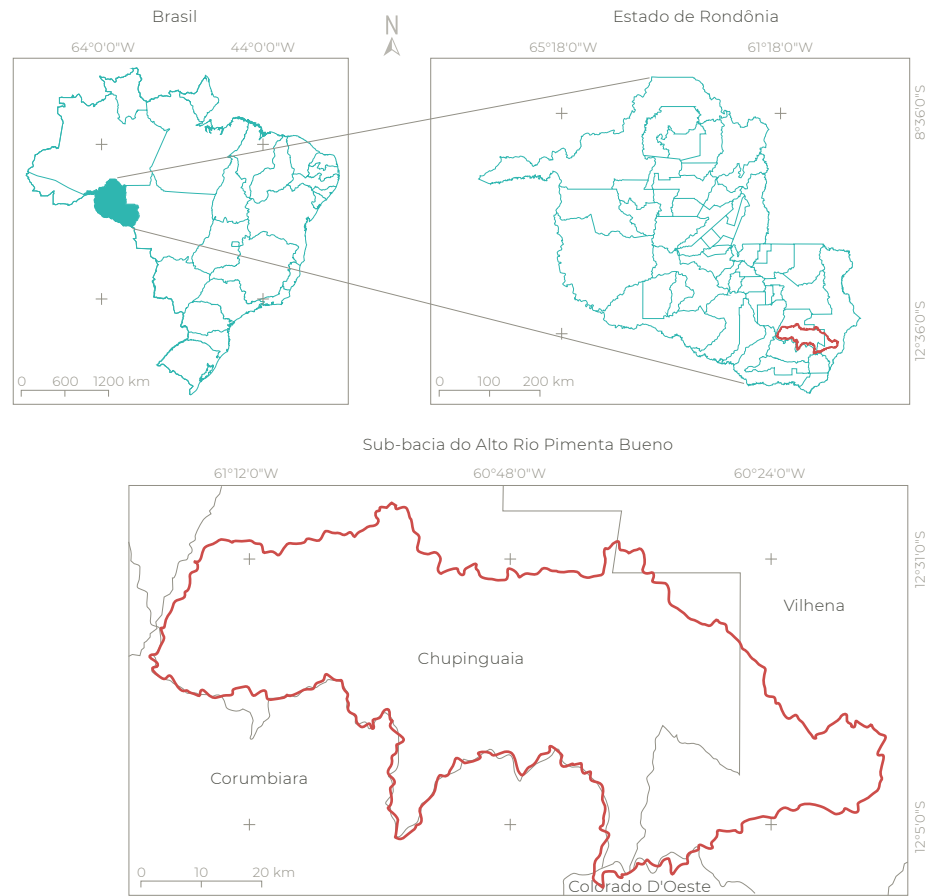


Figura 1 Localização da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

realização do geoprocessamento utilizou-se principalmente o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015).

Área e perímetro: parâmetros obtidos com a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) e imagens altimétricas da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m (USGS, 2017). Foram utilizadas as seguintes etapas: 1ª) *Pit Remove*; 2ª) *D8 Flow Directions*; 3ª) *D8 Contributing Area* (1ª versão); 4ª) *Stream Definition by Threshold*; 5ª) Criação do ponto *Shapefile* (exutório); e 6ª) *D8 Contributing*

Area (2ª versão). Posteriormente, realizou-se a suavização do perímetro com a ferramenta ‘Simplificar geometria’ utilizando a ‘tolerância de simplificação’ igual a 30.

Fator de forma: é a relação entre a largura média e o comprimento axial da sub-bacia, calculado com a equação 1 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 1**.

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

Em que: F = fator de forma; A = área da sub-bacia (km²); L = comprimento do eixo da sub-bacia (km).

Tabela 1 Valores de referência para classificação do fator de forma

| Fator de forma | Classe |
|----------------|-------------------------------|
| < 0,50 | Não sujeito a enchente |
| 0,50 - 0,75 | Tendência mediana a enchentes |
| 0,75 - 1,00 | Bacia sujeita a enchentes |

Fonte: Lima Júnior *et al.* (2012)

Índice de circularidade: calculado com a equação 2 (Schumm, 1956) e classificado com a Tabela 2. A sub-bacia tenderá a forma circular a medida que o valor se aproxima da unidade 1, ou a forma alongada a medida que se afasta desta unidade (Cardoso *et al.*, 2006).

$$IC = (12,57 \times A)/P^2 \quad (2)$$

Em que: IC = índice de circularidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 2 Valores de referência para classificação do índice de circularidade

| Índice de circularidade | Classe |
|-------------------------|---------------------|
| 0,36 – 0,50 | Forma alongada |
| 0,51 – 0,75 | Forma intermediária |
| 0,76 – 1,00 | Forma circular |

Fonte: Silva (2012)

Coefficiente de compacidade: constitui a relação entre o perímetro da sub-bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da sub-bacia, e foi calculado com a equação 3 (Villela e Mattos, 1975). O coeficiente de compacidade foi classificado com a Tabela 3.

$$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A}) \quad (3)$$

Em que: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 3 Valores de referência para classificação do coeficiente de compacidade

| Coefficiente de compacidade | Classe |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1,00 – 1,25 | Alta propensão a enchentes |
| 1,25 – 1,50 | Tendência mediana a enchentes |
| > 1,50 | Não sujeito a enchentes |

Fonte: Lima Júnior *et al.* (2012)

Altitudes mínima, média e máxima: os valores mínimo e máximo foram obtidos diretamente da imagem SRTM. O valor médio foi mensurado com a ferramenta ‘Estatística por zona’.

Relevo: classificado de acordo com a declividade em plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %), montanhoso (45-75 %) e escarpado (> 75 %), (Santos *et al.*, 2013). As classes foram obtidas com dados SRTM, utilizando a ferramenta ‘Modelo Digital de Elevação’ (MDE).

Padrão de drenagem: inicialmente extraiu-se a rede de drenagem utilizando dados SRTM e a ferramenta TauDEM, nas seguintes etapas: 1ª) *Pit Remove*; 2ª) *D8 Flow Directions*; 3ª) *D8 Contributing Area* (1ª versão); 4ª) *Stream Definition by Threshold*; 5ª) Criação do ponto *Shapfile* (exutório); e 6ª) *D8 Contributing Area* (2ª versão); 7ª) *Stream Definition by Threshold* (2ª versão); e 8ª) *Stream Reach and Watershed*. Na 7ª etapa utilizou-se um limiar de 350. Posteriormente, comparou-se a forma da distribuição da drenagem com dados de Parvis (1950).

Ordem dos cursos de água: obtido na etapa 8 (*Stream Reach and Watershed*) com a ferramenta TauDEM, e classificado automaticamente de acordo com a metodologia de Strahler (1957).

Densidade hidrográfica: é a relação entre o número de cursos d'água e a área da sub-bacia, calculada com a equação 4 (Christofolletti, 1969) e classificada com a **Tabela 4**.

$$Dh = N/A \quad (4)$$

Em que: Dh = densidade hidrográfica (rios km²); N = número de cursos d'água da sub-bacia (unidades); e A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade hidrográfica

| Densidade hidrográfica (rios km ²) | Classe |
|--|------------|
| < 3 | Baixa |
| 3 - 7 | Média |
| 7 - 15 | Alta |
| >15 | Muito alta |

Fonte: Lollo (1995)

Densidade de drenagem: correlaciona o comprimento dos canais ou rios com a área da sub-bacia (Christofolletti, 1969), levando-se em consideração rios perenes e temporários (Horton, 1945). Esse parâmetro foi calculado com a equação 5 (Villega e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 5**.

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Em que: Dd = densidade de drenagem; L = comprimento total da rede de drenagem da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 5 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

| Densidade de drenagem (km km ²) | Classe |
|---|------------|
| < 0,50 | Baixa |
| 0,50 - 2,00 | Média |
| 2,01 - 3,50 | Alta |
| > 3,50 | Muito alta |

Fonte: Beltrame (1994)

Densidade de nascentes: o número de nascentes foi mensurado utilizando-se o software *GPS Track Maker Free*, adicionando pontos nas extremidades dos cursos de primeira ordem em toda a rede de drenagem. Em seguida calculou-se a densidade de nascentes com a equação 6.

$$Dn = Qn/A \quad (6)$$

Em que: Dd: densidade de nascentes (nascentes km²); Qn = quantidade de nascentes da sub-bacia (unidades); e A = área da sub-bacia (km²).

Índice de sinuosidade: é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016). O parâmetro foi calculado com a equação 7 (Villega e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 6**.

$$IS = \left[\frac{L - Ev}{L} \right] \times 100 \quad (7)$$

Em que: IS = Índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal da sub-bacia (km); Ev = distância vetorial do canal principal da sub-bacia (km).

Tabela 6 Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

| Índice de sinuosidade (%) | Classe |
|---------------------------|---------------|
| < 20 | Muito reto |
| 20 a 29 | Reto |
| 30 a 39,9 | Divagante |
| 40 a 49,95 | Sinuoso |
| > 50 | Muito sinuoso |

Fonte: Romero et al. (2017)

Tempo de concentração: expressa o tempo necessário para o escoamento da água deslocar-se do ponto hidráulicamente mais distante da bacia para a saída, conhecida como exutório (Kent et al., 2010). Este parâmetro foi calculado com a equação 8 (Kirpich, 1940).

$$T_c = \left[0,87 \times \left(\frac{L^3}{H} \right) \right]^{0,385} \quad (8)$$

Em que: T_c = tempo de concentração (h);
 H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle da sub-bacia (m); L = comprimento do rio principal da sub-bacia (km).

3. Resultados e discussão

A sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno tem área de 3.593,71 km², perímetro de 481,62 km, fator de forma de 0,29, índice de circularidade de 0,19 e coeficiente de compacidade de 2,25. Portanto, a sub-bacia tem forma alongada e não está sujeita a enchentes. Foram encontrados resultados semelhantes nas microbacias

dos rios D'Alincourt (Silva, 2017), Bananeiras (Johem *et al.*, 2018) e Conceição (Siqueira *et al.*, 2018), demonstrando que essa é uma característica da região Noroeste da Amazônia Ocidental, influenciada pelo tipo de relevo, solo e clima (edafoclimático).

Com relação a altitude, constatou-se valores de 218 (mínima), 374 (média) e 631 (máxima) (Figura 2). Os resultados de altitude do Alto Rio Pimenta Bueno estão próximos aos encontrados por Mauro (2017) na sub-bacia do rio Rolim de Moura, em Rondônia (158 a 454 m), ambas pertencentes a bacia do rio Machado, encontrando-se pouco mais elevada por estar localizada mais próxima à cabeceira da referida bacia.

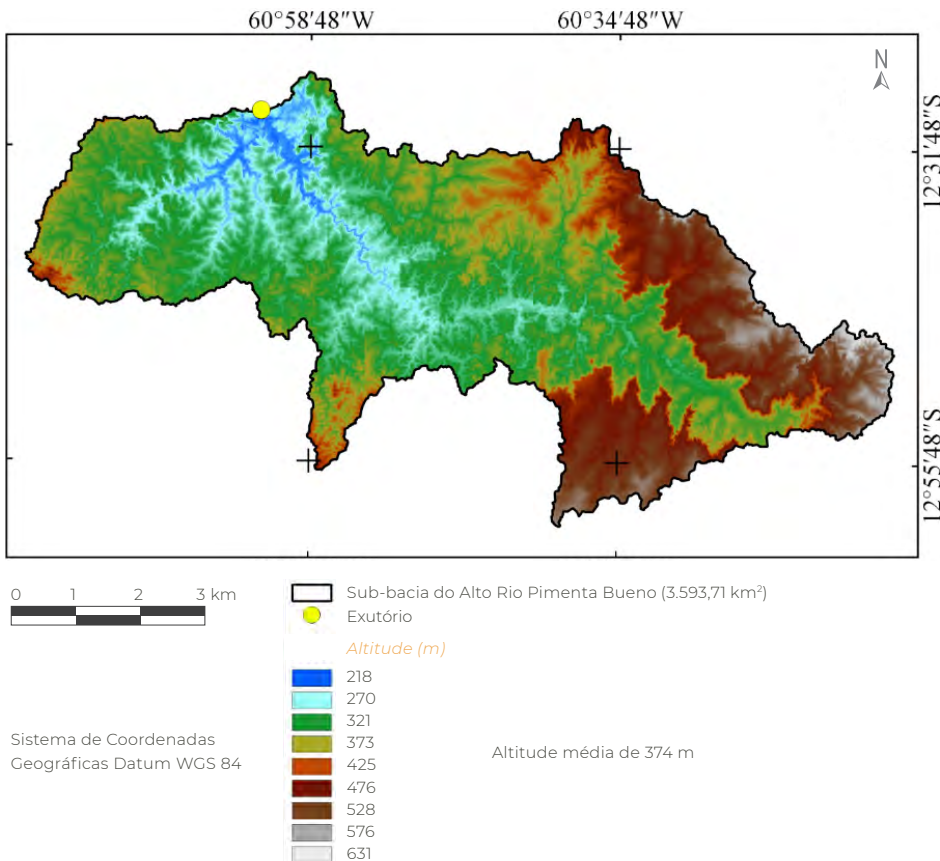


Figura 2 Altitude da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

A amplitude altimétrica da sub-bacia de 413 m pode ocasionar variações de até 3,28 °C na temperatura, visto que, segundo Fritzsons *et al.* (2008), há uma diminuição média de 1 °C a cada 126 metros de ascensão vertical. A redução de temperatura, associada ao efeito orográfico, eleva os níveis de precipitação pluviométrica (Vieira *et al.*, 2009), indicando que a sub-bacia têm microclimas diferenciados que podem ser utilizados para zoneamentos agropecuários e florestais. Deste modo, nas áreas dos vales ocorrem maiores temperaturas e menores precipitações que áreas localizadas na cabeceira da sub-bacia, contudo, são necessários estudos específicos para comprovar essa hipótese, delimitar as zonas, e selecionar as espécies mais adequadas para o cultivo em cada região.

Em trabalho realizado por Figueiredo *et al.* (2015), por exemplo, observou-se que a altitude pode ser utilizada para localização de habitats preferenciais por determinados grupos de espécies madeireiras. Esses autores constataram que as espécies *Aspidosperma macrocarpon* Mart. e *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Sm. tem maior densidade populacional nas áreas de várzea não inundável com altitudes entre 108 a 255 m, indicando a preferência por este habitat. É interessante frisar que os efeitos da altitude na diversidade de espécies variam em função do bioma, sendo observado que na floresta Atlântica tem-se um pequeno aumento na proporção de espécies com a altitude, enquanto que na floresta Amazônica, pode haver uma diminuição na proporção de espécies (Méio *et al.*, 2003), demonstrando a importância de estudos regionais.

Os relevos predominantes na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno são classificados como suave ondulado (45,79%), plano (28,31%) e ondulado (22,52%), (Figura 3). Resultados

semelhantes, destacando a predominância de relevo plano a ondulado, foram encontrados nas microbacias dos rios Tinguí (Santos, 2017), D'Alincourt (Silva, 2017), Bananeiras (Johem *et al.*, 2018) e Conceição (Siqueira *et al.*, 2018), demonstrando que essa é uma característica comum na região.

A predominância dos relevos plano e suave ondulados sugerem um elevado potencial de mecanização (Höfig e Araújo-Junior, 2015), e reduzido problema de perdas de solo (Stathopoulos *et al.*, 2017), quando realizados juntamente com boas práticas de manejo e conservação do solo. As perdas de solos tendem a ser maiores em relevos mais declivosos (Farinasso *et al.*, 2006), proporcionando perdas conjuntas de nutrientes como P, K, Ca e Mg, e matéria orgânica (Lobato *et al.*, 2009). As declividades observadas na sub-bacia também indicam que a mesma tem 99,84% da área com valores abaixo de 45%, ou seja, de 24,23°, sendo considerada como uso irrestrito para sistemas agropecuários, silvícolas, agroflorestais e silvipastoris (<25°), segundo a Lei Nº 12.651 (Brasil, 2012).

A drenagem da sub-bacia tem rede de 4.340,99 km, padrão do tipo dendrítico de 6ª ordem (Figura 4), densidade hidrográfica de 0,84 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,21 km km⁻², densidade de nascentes 0,84 nascentes km⁻², índice de sinuosidade de 40,82% e tempo de concentração de 32 horas. O padrão dendrítico, considerado altamente eficiente, demonstra que a área é formada por rochas com resistências semelhantes ao intemperismo e de baixa permeabilidade, e solos cuja topografia de superfície tende a ter baixa declividade, resultando em baixa influência na posição dos canais, como descrito por Gabler *et al.* (2009).

A elevada eficiência do padrão dendrítico pode ser observada no grande número de

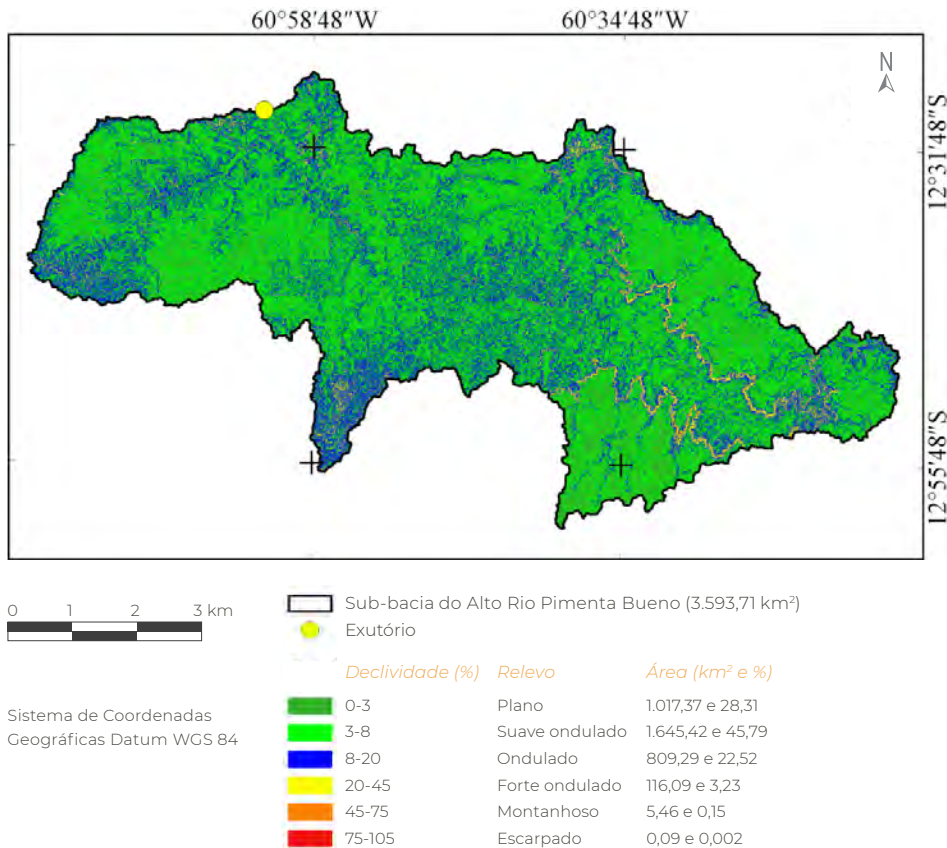


Figura 3 Classificação do relevo da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

ordens da sub-bacia, e indica elevada complexidade ecológica do ecossistema aquático. Quando o número de ordens se eleva, ocorre maior possibilidade de formação de habitats para ictiofauna, com notável observação em canais \geq a 3^a ordem (Fairfull e Witheridge, 2003).

A sub-bacia tem baixa densidade hidrográfica e média densidade de drenagem, explicadas pela predominância de relevos com baixa declividade. Estes parâmetros também estão associados com a elevada precipitação (Gabler *et al.*, 2009), sugerindo que a sub-bacia tem média a alta vulnerabilidade a erosão do solo, de acordo com a classificação de Stathopoulos

et al. (2017). Portanto, constata-se que a região é naturalmente propícia a formação de novos canais de fluxo hídrico, principalmente em ambientes com superfícies expostas ou baixa densidade de cobertura vegetal.

A densidade de nascentes é considerada baixa, o que significa que a sub-bacia tem menos de 1 nascente km⁻² (Figura 5), sugerindo uma baixa disponibilidade hídrica ao longo do ano. As nascentes são as principais fontes de água para a manutenção dos igarapés e rios, com destaque para o período de estiagem. Esses resultados também demonstram que existe a necessidade evidente para o planejamento mais rigoroso e eficiente na manu-

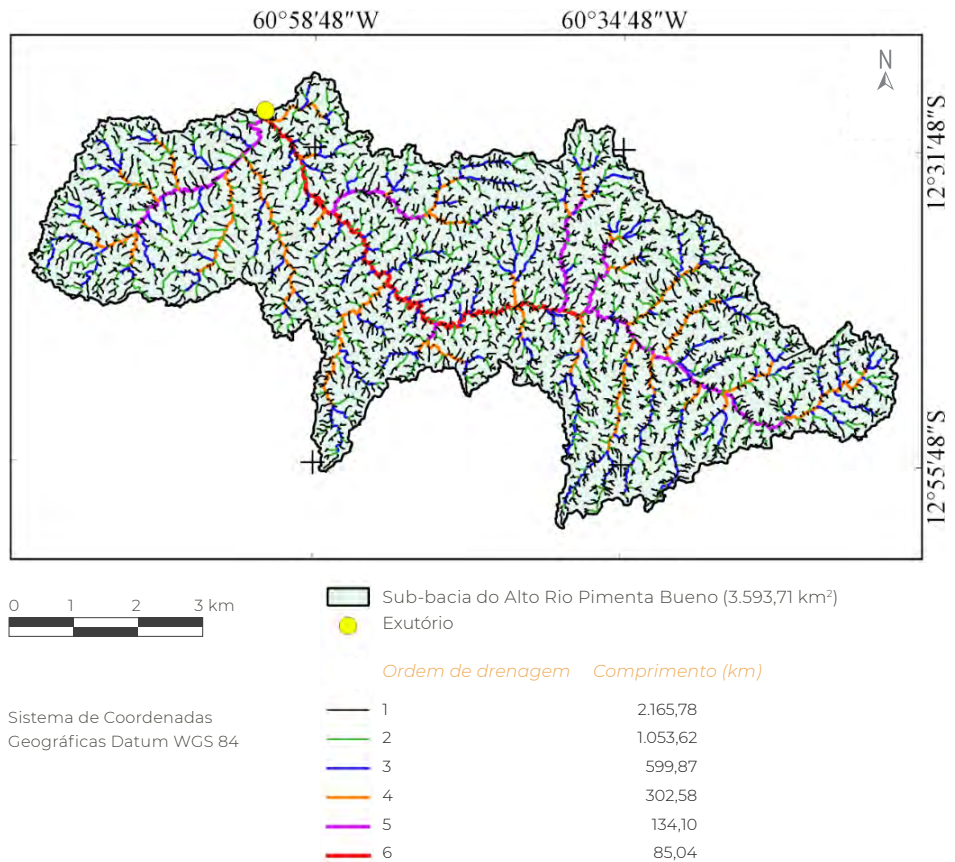


Figura 4 Drenagem da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

tenção da qualidade e disponibilidade de água e, nessas condições recomenda-se o isolamento das áreas de proteção permanentes (matas ciliares) e sua manutenção, trazendo a adoção de atividades de baixo emissão de carbono, consequente, baixo impacto no entorno dessas áreas.

A sub-bacia tem canal principal sinuoso, característica comum em regiões planas a suave onduladas e com padrão de drenagem dendrítica. Os canais sinuosos tendem a acumular sedimentos na parte interna dos meandros, além de reduzir a velocidade de fluxo hídrico, mantendo a água por mais tempo no ecossistema (Gabler *et al.*, 2009). Neste contexto, obser-

va-se que as praias de água doce formadas nos membros dos rios podem ser locais de reprodução de quelônios, comuns na região Amazônica (Terán *et al.*, 2005), e a baixa velocidade do fluxo hídrico tende a reduzir os riscos de enchentes, contudo, quando ocorre o extravasamento da calha principal é necessário mais tempo para que o rio volte ao leito.

O tempo de concentração de 32 h é considerado baixo quando comparado ao tempo de concentração da sub-bacia do rio Rolim de Moura (34,78 h), (Mauro, 2017), mesmo contendo em uma área de drenagem maior, diferença de aproximadamente 771,25 km² (27,3%). Estes resultados demonstram que a

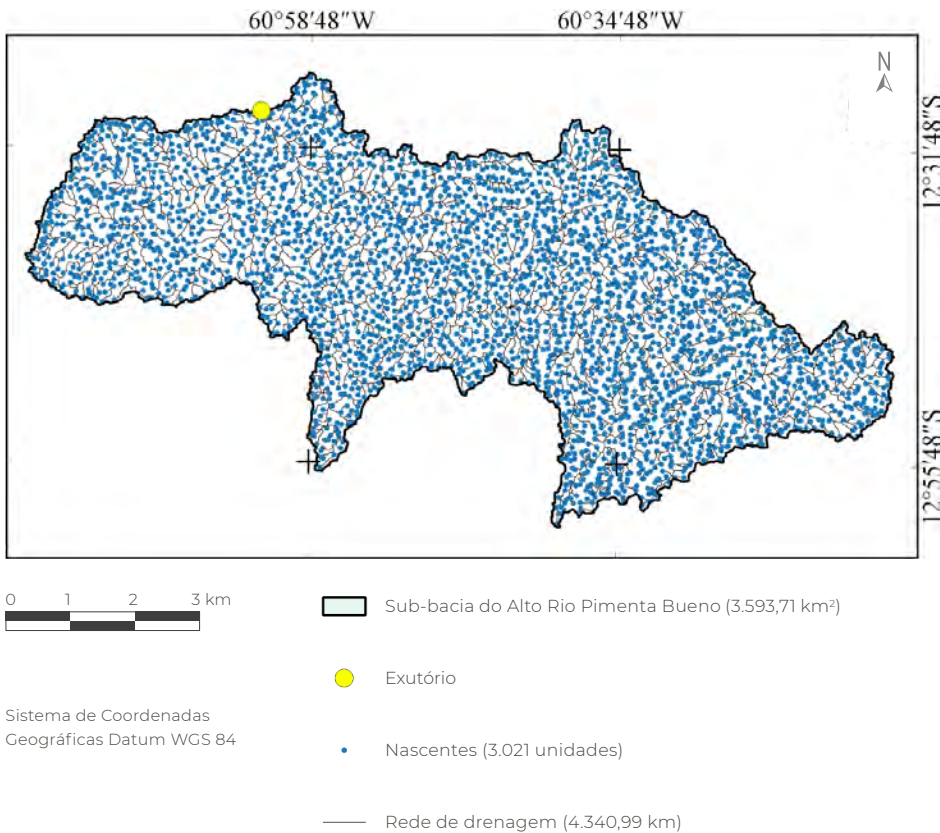


Figura 5 Distribuição espacial das nascentes na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

região da sub-bacia tem baixa velocidade de escoamento superficial, que ocorre em função da elevada sinuosidade do canal principal associado com a baixa amplitude altimétrica, aumentando o tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua no exutório. Contudo, o tempo de concentração tende a ser mais elevado em função do tempo de permanência da água no reservatório da Pequena Central Hidrelétrica Marcol, localizada na cabeceira da sub-bacia.

4. Conclusão

- As características morfométricas denotam que a sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno tem formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, predomínio de relevo plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 6^a ordem, densidade hidrográfica baixa, densidade de drenagem média, densidade de nascentes baixa, canal principal sinuoso, com suscetibilidade ao acúmulo de sedimentos e tempo de concentração de 32 h.
- A sub-bacia tem potencial para o uso de mecanização, contudo, recomenda-se o zoneamento de aptidão na sub-bacia, considerando outros fatores, e a implementação

de técnicas conservacionista para reduzir perdas de solo por erosão em sistemas agropecuários. Para isso, recomenda-se a preservação das áreas de matas ciliares para manutenção da estrutura dos canais, principalmente na cabeceira, onde ocorrem maiores declividades.

- O uso integrado do sistema de informação geográfico (SIG), sensoriamento remoto e geoprocessamento, permitiu a obtenção de informações morfométricas da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, em tempo hábil e com baixo custo financeiro, possibilitando a compreensão do seu sistema de drenagem e relevo.

5. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

6. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. "Koppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRASIL. 2012. Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. [Consulta: fevereiro 2019].
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. V. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- FAIRFULL, S. & G. WITHERIDGE. 2003. *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Cronulla. Sydney, Australien.
- FARINASSO, M.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. e V. M. RAMOS. 2006. "Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS - equação universal da perda de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba - PI MA". *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2: 73-85.

- FAUSTINO, E.; VANZELLA, M.; JESUS, M. A.; MENEGUETTI, D. U. O. e R. A. ZAN. 2013. "Avaliação da qualidade de águas de poços rasos ou comuns da cidade de Ariquemes, Rondônia, Brasil". *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 4(2): 65-78.
- FERREIRA, K. R.; VENDRUSCOLO, J. e J. D. SÁ ROCHA. 2018. "Caracterização socioambiental e econômica do estado de Rondônia". In: J. D. SÁ ROCHA; A. C. V. ARANTES e R. MEZACASA (Eds.), *Residência Agroflorestal: uma experiência na Amazônia Brasileira*. pp. 18-46. Oikos. São Leopoldo, Brasil.
- FIGUEIREDO, S. M. M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O. e E. J. L. FERREIRA. 2015. "Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil". *Acta amazônica*, 45(2): 167-174.
- FRANCA, R. R. 2015. "Climatologia das chuvas em Rondônia - período 1981-2011". *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. e A. V. AGUIAR. 2008. "Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná". *Revista de estudos ambientais*, 10(1): 49-64.
- GABLER, R. E.; PETERSEN, J. F.; TRAPASSO, L. M. & D. SACK. 2009. "Fluvial processes and landforms". In: R. E. GABLER; J. F. PETERSEN; L. M. TRAPASSO & D. SACK (Eds), *Physical Geographic*. pp. 461-490. Brooks Cole. Belmonte – CA. USA.
- HÖFIG, P. e C. F. ARAÚJO-JUNIOR. 2015. "Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná". *Coffee Science*, 10(2): 195-203.
- HORTON, R. E. 1945. "Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology". *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3): 275-370.
- JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J. e D. M. ROSA. 2018. "Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira. Amazônia Ocidental". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 42-50.
- KABITE, G. & B. GESSESE. 2018. "Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia". *International Soil and Water Conservation Research*, 6: 175-183.
- KENT, K. M.; WOODWARD, D. E.; HOEFT, C. C.; HUMPAL, A. & G. CERRELLI. 2010. "Time of Concentration". In: PART 630 *Hydrology National Engineering Handbook*. p. 15.1-15.15. United States Department of Agriculture. Washington D. C. United States of America.
- KIRPICH, K. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e F. A. L. NASCIMENTO. 2012. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. *VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI)*. Anais... 1-7. Tocantins, Brasil. (19-21 de outubro).
- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, J. C. e J. F. B. LOPES. 2009. "Perdas de solo e nutrientes em área de Caatinga decorrente de diferentes alturas pluviométricas". *Revista Agro@ambiente On-line*, 3(2): 65-71.
- LOLLO, J. A. 1995. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. Tese Doutorado em Geotecnia.

- MAURO, T. L. 2017. *Características morfométricas e cobertura do solo na sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia ocidental*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- MÉIO, B. B.; FREITAS, C. V.; JATOBÁ, L.; SILVA, M. E. F.; RIBEIRO, J. F. e R. P. B. HENRIQUES. 2003. “Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*”. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(4): 437-444.
- OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L. e D. B. B. RODRIGUES. 2010. “Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(8): 819-82.
- PARVIS, M. 1950. “Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks”. *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. [Consulta: outubro de 2017].
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. e J. G. TUNDISI. 1999. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras. São Paulo, Brasil.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. “Estudo hidromorfológico da bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO”. *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- SANTANA, D. P. 2003. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. EMBRAPA. Sete Lagoas, Brasil.
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e características morfométricas da microbacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHINIZU. 2013. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. “Evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi, New Jersey”. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM, Porto Velho. 2: 151 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/110424383/Atlas-Geoambiental-de-Rondonia>>. [Consulta: janeiro de 2016].
- SILVA, A. F. 2017. *Caracterização morfométrica e índice de desmatamento na microbacia hidrográfica do igarapé D’Alincourt*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. “Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia”. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 59-67.
- STATHOPOULOS, N.; LYKOU, E.; VASILEIOU, E.; ROZOS, D. & DIMITRAKOPOULOS, D. 2017. “Erosion vulnerability assessment of sperchios river basin, in East Central Greece—A GIS based analysis”. *Open Journal of Geology*, 7(05): 621-646.

- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. "O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local". *Revista Uniara*, 20: 137-157.
- TERÁN, A. F. 2005. "Participação comunitária na preservação de praias para reprodução de quelônios na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil". *Scientific Magazine UAKARI*, 1(1): 19-30.
- TUCCI, C. E. M. 2004. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/ABRH. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: < <https://earthexplorer.usgs.gov/>>. [Consulta: julho de 2017].
- VIEIRA, S. R.; CAMARGO, M. B. P. e G. M. SIQUEIRA. 2009. "Análise espacial da temperatura e da precipitação média anual no estado de São Paulo (Brasil)". *Bi Engenharia*, 3(2): 87-97.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.