

MAPEAMENTO DA REDE HIDROGRÁFICA E ANÁLISE DOS PARÂMETROS DA DENSIDADE DE DRENAGEM APLICADOS AO ESTUDO AMBIENTAL: O CASO DA BACIA DO RIO JERIBUCASSU, ITACARÉ, BAHIA

Paulo Fernando MELIANI¹

Resumo

Este estudo apresenta uma proposta de mapeamento e análise da bacia do Jeribucassu, em Itacaré (BA), aplicados à identificação do potencial de captação das águas superficiais de suas sub-bacias, em função de parâmetros morfométricos. Por meio de fotointerpretação, em escala 1: 25.000, e pesquisas de campo, as sub-bacias da bacia do Jeribucassu foram localizadas e, em seguida, mapeadas em meio digital. Os parâmetros de superfície (área), comprimento da rede hidrográfica, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção e índice de circularidade, das sub-bacias de 3ª e de 4ª ordem, foram identificados por meio de leitura digital. Estas características foram analisadas com o objetivo de identificar a média aritmética e o desvio padrão e, a partir destes dados, elaborar um agrupamento das sub-bacias com o objetivo de representá-las em classes de potencial. Os dados são apresentados em tabelas que indicam o valor paramétrico de cada sub-bacia e os valores referentes ao cálculo do desvio padrão, bem como a classe de potencial em que cada uma delas se enquadra. Além das tabelas, figuras ilustrativas representam as sub-bacias classificadas como de potencial "Alto" e "Muito alto", indicando a localização delas no sistema hidrográfico da bacia do Jeribucassu.

Palavras-chave: Análise de bacia hidrográfica; Análise ambiental; Jeribucassu; Itacaré; Bahia.

Résumé

Cartographie et analyse des paramètres de la densité de drainage appliquées aux études du environnement: le cas du bassin du fleuve Jeribucassu, Itacaré, Bahia, Brasil

Cet étude présente une proposition de cartographie et analyse du bassin du Jeribucassu, en Itacaré (BA), appliquées à identifier le potentiel de capter l'eau superficielles des ses sous-bassins, en fonction des caractéristiques hydrographiques. Par photointerpretation, en échelle 1: 25.000, et étude sur le terrain, les sous-bassins du bassin du fleuve Jeribucassu ont été localisés et, après, représentés en cartographie digitale. Les caractéristiques de surface, longueur de réseau hydrographique, densité de drainage, coefficient de manutention et de forme des sous-bassins de 3ª et de 4ª ordre ont été identifiées par lecture digitale. Les caractéristiques ont été analysées avec le objectif de identifier la moyenne arithmétique et le déviation standart et, après, élaborer une classification des sous-bassins em fonction du potentiel de capter l'eau superficielles.

Mots clé: Analyse de bassin hydrograpique; analyse du environnement; Jeribucassu; Itacaré; Bahia.

¹ Professor Assistente de Geografia Regional. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). - Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais (DCAA). Colegiado de Geografia. Rodovia Ilhéus-Itabuna, Km 16, s/n, Salobrinho, Ilhéus, Bahia, CEP 45662-000. paulomeliani@uesc.br, paulomeliani@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Valorizadas enquanto objeto de pesquisa ou como unidades de planejamento e gestão territorial, as bacias hidrográficas possuem relevância ambiental por serem concebidas como sistemas naturais. Bacias hidrográficas são constituídas por um conjunto de canais fluviais relacionados entre si que, organizados naturalmente para a mobilização da água e dos sedimentos, revelam parte da dinâmica do escoamento superficial. Definida como uma superfície contornada por divisores topográficos, onde as águas precipitadas e as emersas de nascentes escoam superficialmente para e por uma rede hidrográfica comum, a bacia possui um curso d'água principal que apresenta desembocadura identificável.

A partir da identificação da desembocadura do rio principal de uma bacia, reconhecemos a estrutura da rede hidrográfica e os interflúvios mais elevados que a circundam (divisor de águas). Em geral, as cartas topográficas são a base cartográfica de reconhecimento da rede hidrográfica e do divisor de águas, este definido através dos pontos cotados e das curvas de nível de maior altitude. Das cartas são obtidos dados "lineares" como o comprimento dos cursos d'água, "poligonais" como a superfície (área) da bacia e "altimétricos" como as cotas de altitude. A partir destes dados é possível identificar, por meio de uma análise morfométrica, algumas características do sistema hidrográfico e do relevo da bacia, como a densidade de drenagem e a declividade, que são, entre outras, características físicas relevantes ao estudo ambiental.

Entretanto, em alguns lugares do Brasil, as cartas topográficas não apresentam uma escala compatível à análise de bacias hidrográficas. Segundo Botelho (1999, p.284), o estudo hidrográfico como um indicador ambiental requer um mapa detalhado da rede de canais fluviais, elaborado a partir de fotografias aéreas em escalas grandes, preferencialmente não inferiores a 1: 25.000, de onde sejam mapeados todos os cursos de água, inclusive os efêmeros. A fotointerpretação aplicada à hidrografia requer o uso de estereoscopia para o reconhecimento dos canais fluviais e dos interflúvios que circundam a bacia e, assim como nas cartas, possibilita a obtenção de dados lineares e poligonais.

A análise de bacias hidrográficas de lugares onde não existem cartas topográficas em escala grande, necessita de um mapeamento da rede de canais e do divisor de águas por meio de fotointerpretação e pesquisas de campo, que confirmem ou retifiquem os elementos fotointerpretados. Apesar do maior detalhamento do sistema hidrográfico e da obtenção de dados lineares e poligonais, das fotografias aéreas só é possível obter dados qualitativos do relevo, a não ser quando as fotos recebem um tratamento aerofotogramétrico. Assim, a análise morfométrica com base nos dados fornecidos pelas fotografias aéreas tem, em geral, que se restringir aos parâmetros do sistema hidrográfico devido à impossibilidade de mensuração do relevo.

A hierarquia fluvial, o comprimento da rede hidrográfica, a superfície (área) e a forma da bacia, a densidade de drenagem e o coeficiente de manutenção são, entre outros, parâmetros morfométricos do sistema hidrográfico que se relacionam com captação das águas superficiais. Em função destes parâmetros, é possível identificar sub-bacias que apresentam uma maior importância relativa na captação das águas que se precipitam sobre uma bacia hidrográfica. Comparando as sub-bacias estatisticamente por meio da média e desvio padrão, é possível classificá-las de acordo com o potencial que possuem de captar as águas através dos cursos d'água.

As sub-bacias de maior potencial, classificadas por se destacarem dos valores médios, podem ser preliminarmente consideradas prioritárias, tanto para a pesquisa ambiental quanto para a proteção e a recuperação das áreas de nascentes e margens dos cursos d'água. Nesse sentido, este estudo apresenta os resultados de um

mapeamento e de uma análise comparativa dos parâmetros da densidade de drenagem e da forma das sub-bacias da bacia do rio Jeribucassu, em Itacaré (BA). Os objetivos foram os de identificar e classificar as sub-bacias que apresentam um maior potencial relativo de captação das águas superficiais, em função dos parâmetros analisados.

O mapeamento da rede hidrográfica foi elaborado por meio de fotointerpretação em escala 1: 25.000 e pesquisas de campo, enquanto que a análise teve como base os mapas elaborados em meio digital. A falta de dados altimétricos, em virtude da inexistência de cartas topográficas em escala grande para Itacaré, impossibilitou uma análise hipsométrica que identificasse características do relevo significantes para a classificação proposta².

A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JERIBUCASSU, ITACARÉ, BAHIA

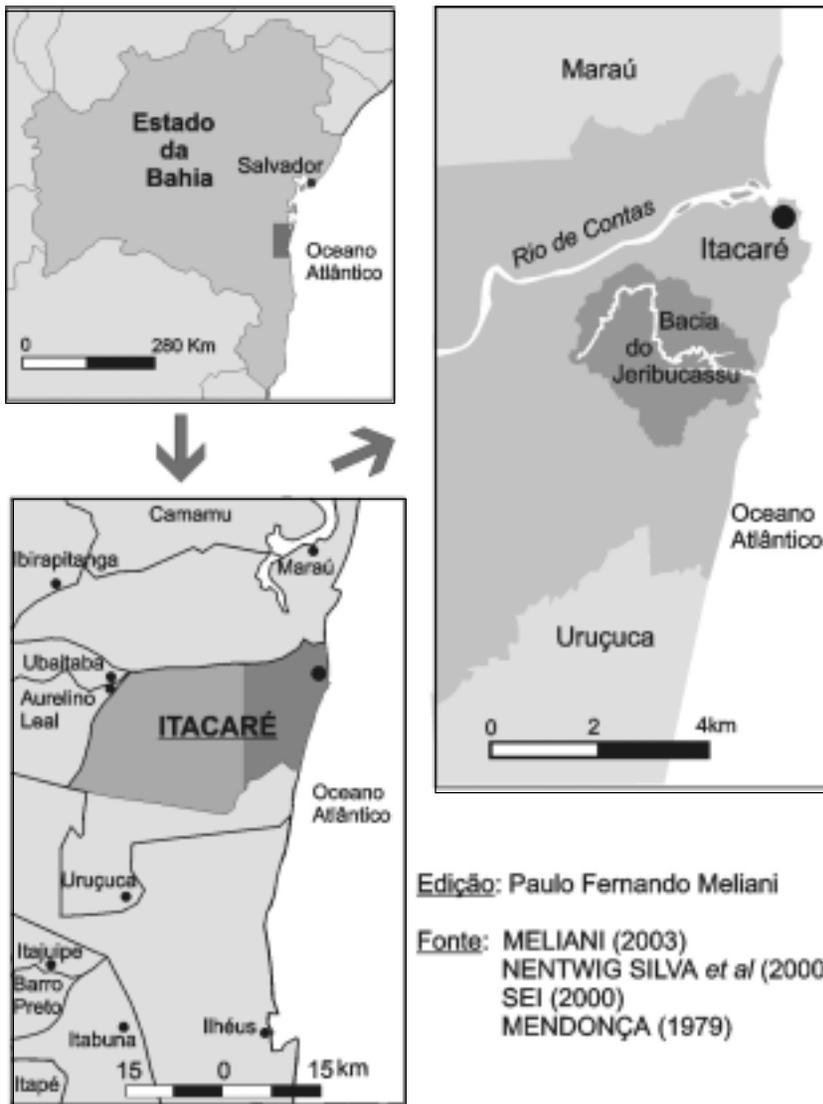
Localizada junto ao litoral sul do município de Itacaré, em uma faixa costeira atualmente valorizada pelo potencial turístico (Figura 1), a bacia do Jeribucassu, que possui cerca de 29,7 km², é dominada por uma paisagem planáltica típica de “mar de morros”, alguns deles florestados com remanescentes explorados de Mata Atlântica. Além do valor paisagístico e ecológico, a bacia do Jeribucassu assume importância social, tanto por abrigar assentamentos de trabalhadores rurais, quanto por ter parte das águas do seu rio principal captada para o abastecimento da cidade de Itacaré.

O contato do embasamento cristalino com o mar estabelece a formação de um relevo planáltico ao longo do litoral sul de Itacaré que, segundo Meliani (2003, p.100), é modelado sob a forma de outeiros e morros de até 200 metros de altitude. O relevo movimentado do planalto costeiro dificultou a integração deste espaço com a dinâmica econômica do cacau, limitando o uso agrícola das terras e contribuindo para a manutenção de contínuos remanescentes florestais.

Desde 1996, o sistema de abastecimento de água da cidade de Itacaré recebe contribuição do rio Jeribucassu, em virtude do riacho da Ribeira, onde está a captação de água mais antiga e utilizada, não contemplar a demanda em determinadas épocas do ano, especialmente quando há maior presença de turistas. A captação de água do rio Jeribucassu localiza-se à aproximadamente 8 quilômetros ao sul do distrito-sede de Itacaré e dali, por meio de bombas de recalque e transporte por gravidade, alimenta o reservatório da estação de captação e tratamento de água do riacho da Ribeira, para dali prover o abastecimento da cidade.

² A carta topográfica em escala 1: 100.000 (SUDENE, 1977b), que representa a hidrografia e a topografia da bacia do Jeribucassu, é bastante limitada para a análise proposta. Além de apresentar apenas 2 cursos d'água (o rio principal e o Córrego Duas Irmãs), a carta representa a nascente do Jeribucassu em localização que não corresponde nem com a fotointerpretação nem com as observações de campo. Apenas 3 linhas representam curvas de nível com equidistância de 40 metros na superfície da bacia do Jeribucassu (cotas 40, 80 e 120 metros) que, ao serem ampliadas para a escala 1: 25.000, não se ajustaram as informações das fotografias aéreas e foram, em função dessa inadequação, consideradas insatisfatórias para esta análise.

Figura 1 - Localização geográfica da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA)



Edição: Paulo Fernando Meliani

Fonte: MELIANI (2003)
NENTWIG SILVA *et al* (2000)
SEI (2000)
MENDONÇA (1979)

MAPEAMENTO DA REDE HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO JERIBUCASSU

A análise da bacia do rio Jeribucassu exigiu um mapeamento da rede hidrográfica, elaborado por meio de fotointerpretação e pesquisas de campo, pois para o município de Itacaré (BA) existem apenas as cartas topográficas em escala 1: 100.000 (SUDENE, 1977a; SUDENE, 1977b) e, portanto, inadequadas à análise hidrográfica. No mapeamento foram utilizadas fotografias aéreas verticais em escala 1: 25.000 (SERVIÇOS AÉREOS CRUZEIRO DO SUL, 1964), bem como mosaicos georreferenciados de fotografias aéreas coloridas em escala 1: 15.000 e 1: 25.000 (IESB, 1997a; IESB, 1997b).

A escala adotada para a fotointerpretação permitiu observar detalhes do relevo em estereoscopia, e assim mapear a estrutura da rede hidrográfica identificando os canais fluviais e os interflúvios da bacia. Representada preliminarmente em esquemas de cobertura ("overlays"), a fotointerpretação orientou os caminhamentos e as pesquisas de campo, que foram fundamentais tanto para a confirmação quanto para a retificação dos elementos fotointerpretados. Os "overlays" elaborados por sobre as fotografias aéreas verticais foram georreferenciados por meio do reconhecimento de pontos comuns com os mosaicos georreferenciados de fotografias aéreas coloridas do IESB (1997a; 1997b).

No Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), os "overlays" foram primeiramente escanizados e, depois de corrigidos geometricamente, tiveram seus dados vetorizados. A partir destes dados vetorizados foi possível editar os mapas da rede hidrográfica e das sub-bacias que, em meio digital, serviram de base à análise morfométrica. Os dados foram obtidos por meio de leitura digital dos elementos lineares (comprimento dos cursos d'água e do perímetro das bacias) e poligonais (área da bacia e das sub-bacias). Todos os procedimentos de cartografia digital foram realizados por meio do programa "CAD (Computer Aided Design) Microstation", inclusive os de correção geométrica e vetorização que foram realizados por meio do aplicativo "Geovec".

SELEÇÃO E DENOMINAÇÃO DAS SUB-BACIAS ANALISADAS

Em função da hierarquia fluvial foram selecionadas 11 sub-bacias que, depois de receberem uma denominação, participaram de uma análise comparativa dos parâmetros da densidade de drenagem e da forma (circularidade). A hierarquia fluvial é um processo que classifica cada curso d'água ou área drenada que lhe pertença no conjunto da bacia, por meio de uma ordenação dos canais fluviais. A ordenação dos canais e a identificação da hierarquia fluvial da bacia do Jeribucassu, bem como de suas sub-bacias, seguiu a proposta de Strahler (1952) apresentada por Christofolletti (1980, p.107).

O rio Jeribucassu percorre aproximadamente 17,68 km desde sua nascente na Serra do Capitão, extremo oeste da bacia, até sua foz no oceano atlântico, junto à praia que tem o mesmo nome do rio, Jeribucassu. Sua rede hidrográfica possui aproximadamente 130 km, distribuídos em uma estrutura de 342 canais fluviais perceptíveis nas fotografias aéreas em escala 1: 25.000. Dentre eles, 80 são afluentes diretos do rio Jeribucassu, 156 são subafluentes e 105 são formadores de diferentes ordens.

A sessão final do rio Jeribucassu apresenta uma hierarquia fluvial de 5ª ordem, de acordo o ordenamento dos canais fluviais proposto por Strahler, portanto, a bacia do Jeribucassu é classificada também como de 5º ordem. Dos 80 afluentes mapeados do Jeribucassu, 3 tem trechos finais de 4ª ordem, 8 de 3ª ordem, 17 de 2ª ordem e 52 de 1ª ordem, que classificam tanto a rede hidrográfica como cada uma de suas respectivas sub-bacias.

Segundo Christofolletti (1980, p.116), em uma bacia hidrográfica existe correspondência entre a hierarquia fluvial e a superfície (área), já que nas bacias de 2ª, 3ª ou ordem mais elevada, a área a elas subordinada abrange também a área de todos os segmentos de ordem menores que lhe são tributários. Deste modo, cada curso d'água de ordem superior drena uma área que é cada vez maior à medida que vai aumentando a ordem dos canais. A superfície (área), além de dado fundamental para o cálculo dos parâmetros da densidade de drenagem, é um dos principais fatores que determinam o afluxo de água a uma seção de um rio (GARCEZ; ALVAREZ, 1988, p.213).

De acordo com a correspondência entre hierarquia fluvial e superfície (área), as 11 sub-bacias de 3ª e de 4ª ordem foram selecionadas para compor o conjunto de sub-bacias a serem analisadas, com o intuito de classificá-las quanto ao potencial que apresentam de captar as águas superficiais. Em conjunto, estas de 3ª e de 4ª ordem ocupam 23,46 km², cerca de 79% da superfície da bacia do Jeribucassu. Para efeito de denominação e localização, as 11 sub-bacias foram denominadas preferencialmente pelo topônimo do afluente. Exemplo: sub-bacia VITORINO (nome do afluente). No caso de afluentes sem topônimos, as sub-bacias foram identificadas pelo topônimo da localidade mais próxima ou por sua posição geográfica na bacia. Exemplos: sub-bacia MARAMBAIA (localidade) ou sub-bacia MEDIO JERI (posição geográfica).

As sub-bacias receberam, além de um nome, um número que identifica sua hierarquia fluvial e uma letra (M ou J) que indica se a posição da confluência de seu canal principal, junto ao rio Jeribucassu, está à montante ou à jusante do ponto de captação de água para abastecimento. Exemplo: sub-bacia MARAMBAIA 3 M (o número 3 indica que se trata de uma sub-bacia de 3ª ordem e a letra M indica que ela se localiza à montante da captação). Um outro número segue a letra, indicando a posição da confluência de cada afluente junto ao rio Jeribucassu e em relação aos demais, sendo estabelecido por ordem de entrada, a partir da nascente principal do Jeribucassu. Exemplo: Sub-bacia MARAMBAIA 3 M 44 (o número 44 indica que o canal principal desta sub-bacia é o quadragésimo quarto afluente a desaguar no rio Jeribucassu, contando-se a partir da nascente principal deste último).

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS ANALISADOS

Procurando uma aplicação da análise de bacia hidrográfica aos estudos ambientais, foram escolhidos parâmetros morfométricos que se relacionam com a captação das águas pelos canais fluviais. Foram analisados os parâmetros absolutos de superfície e comprimento da rede hidrográfica, os parâmetros relativos da densidade de drenagem e coeficiente de manutenção, bem como o índice de circularidade das 11 sub-bacias selecionadas.

Os parâmetros absolutos do comprimento da rede hidrográfica e da superfície (área) são dados fundamentais para o cálculo dos parâmetros relativos, já que a densidade de drenagem é uma relação do primeiro pelo segundo, e dela derivam o coeficiente de manutenção e a extensão do percurso superficial. Além disso, segundo

Garcez e Alvarez (1988, p.213) e Pinto et al. (1976, p.34), a superfície (área) da bacia é um dos fatores que determinam o afluxo de água a uma seção específica de um canal fluvial. Silveira (1997, p.46) afirma que "... a área é um dado fundamental para definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica, porque seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia".

A densidade de drenagem (Dd), identificada pela relação entre o comprimento da rede hidrográfica e a superfície, expressa o grau de dissecação do relevo correlacionado com os canais fluviais disponíveis para o escoamento. Segundo Giometti e Garcia (1994, p.191) há correlação entre permeabilidade do substrato e "densidade de drenagem (...)" da seguinte maneira: quando a permeabilidade do solo aumenta, a densidade de drenagem diminui". Sobre substratos impermeáveis, o índice da densidade de drenagem é elevado devido à tendência que as águas superficiais têm, ao serem impedidas de infiltrar, de escoar para e pelos canais fluviais e de gerar, por vezes, novos canais.

O coeficiente de manutenção (Cm) expressa a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal fluvial. O índice do coeficiente de manutenção é obtido pela relação $1 / Dd$ (Densidade de drenagem), indicando assim a área disponível para a alimentação e abastecimento dos canais fluviais. Segundo Abdalla (1989, p.386), o coeficiente de manutenção "representa a área das vertentes ou interflúvios que não possuem canais estabelecidos de escoamento, podendo com o desenvolvimento da bacia diminuir à medida que novos canais vão se formando".

A forma da bacia pode ser identificada por meio do índice de circularidade, uma relação entre a área de uma bacia e a área de um círculo de mesmo perímetro. Como o valor máximo a ser obtido desta relação é igual a 1, quanto maior o valor obtido (mais próximo de 1), mais aproximada da forma circular é a forma da bacia. Segundo Christofletti (1969), o círculo é a forma que melhor se relaciona com o escoamento fluvial, já que bacias hidrográficas que apresentam forma relativamente circular tendem a escoar as águas de modo mais equilibrado ao longo do tempo, com um aumento gradual da vazão após as chuvas. Ao contrário, bacias alongadas podem apresentar aumento abrupto no regime fluvial, sugerindo a ocorrência de torrentes em uma determinada seção de curso d'água após as chuvas.

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos do mapeamento da rede hidrográfica da bacia do rio Jeribucassu foram analisados com o objetivo de identificar a média aritmética (como medida da tendência central) e o desvio, a variância e o desvio padrão (como medidas de variabilidade ou dispersão). A partir da identificação da média e do desvio padrão, uma análise de agrupamento das bacias foi elaborada com o objetivo de representar os dados em classes, conforme sugestão de Gerardi e Silva (1980, p.27).

A média aritmética de cada um dos parâmetros foi calculada adicionando-se o valor referente a cada uma das sub-bacias, e dividindo-se o resultado pelo total de sub-bacias analisadas (no caso 11). Para a obtenção do desvio padrão foi necessário o cálculo do desvio de cada ocorrência, em relação à média aritmética, e o cálculo da variância de cada um dos parâmetros analisados. A variância foi obtida por meio da divisão da soma dos desvios da média elevados ao quadrado pelo número de sub-bacias.

O desvio padrão, que é uma medida do desvio dos valores individuais em relação ao valor central do conjunto de dados, foi obtido por meio da raiz quadrada da

variância. Conhecido o desvio padrão de cada parâmetro, calculamos quanto cada sub-bacia varia em relação ao desvio padrão, dividindo o desvio de cada uma delas pelo valor do desvio padrão. Desse modo, obtemos a proporção de desvio padrão que cada sub-bacia apresenta em relação à medida de tendência central.

A partir da identificação da média aritmética e do desvio padrão, elaborou-se uma análise de agrupamento das sub-bacias em classes de potencial de captação das águas superficiais, para cada um dos parâmetros analisados. O número de classes de potencial foi estabelecido por meio da fórmula de Sturges ($k = 1 + 3,3 \times \log n$), onde "k" é o número de classes, "n" é o número total de ocorrência e "log" é o logaritmo para a base 10 (GERARDI; SILVA, 1981, p.34). No caso da análise proposta, temos $k = 1 + 3,3 \log 11$, considerando que se trata de 11 sub-bacias. Arredondando-se o resultado $k = 4,43$ temos o estabelecimento de 4 classes e sendo um número par de classes, a média formará um limite de classe.

Para se determinar o intervalo das classes, dividimos a amplitude total das proporções de desvio padrão pelo número de classes e multiplicamos o resultado pelo valor do desvio padrão, obtendo assim o valor do intervalo das classes nas unidades originais. No caso dos parâmetros de superfície (área), comprimento da rede hidrográfica, densidade de drenagem e índice de circularidade, as 2 classes que se estabelecem acima da média aritmética foram denominadas como classes de potencial "Alto" e "Muito alto", enquanto que as 2 classes estabelecidas abaixo da média foram denominadas como de potencial "Médio" e "Baixo". No parâmetro coeficiente de manutenção, as 2 classes estabelecidas abaixo da média é que foram denominadas como de potencial "Alto" e "Muito Alto", enquanto as que se estabelecem acima da média é que foram denominadas como de "Médio" e "Baixo" potencial.

RESULTADOS

Quanto à superfície (área) e comprimento da rede hidrográfica

As 11 sub-bacias analisadas apresentam valores de superfície (área) variando entre 0,17 e 5,52 km², que resultam em uma média aritmética de 2,13 km² (tabela 1). Os desvios da média variam entre -1,96 e 3,39 km² que, após o cálculo da variância, resultam em um desvio padrão de 1,82 km². Calculadas as proporções do desvio padrão de cada sub-bacia, encontramos uma amplitude entre elas de 2,95, que dividida pelo número de classes (4) estabelece uma amplitude de 0,73 de desvio padrão para cada classe. Transformada para a unidade original, temos uma amplitude entre as classes de 1,37 km² que estabelece as seguintes classes de potencial: "Muito alto" (> 3,50 km²), "Alto" (2,13 a 3,50 km²), "Médio" (0,76 a 2,13 km²) e "Baixo" (< 0,76 km²).

Somente as 3 sub-bacias de 4ª ordem apresentam valores de superfície (área) que superam a média, com destaque para as sub-bacias VITORINO 4 M 56 e PIABAS 4 J 67 que se enquadram na classe de potencial "Muito Alto", superando os 3,50 km². A sub-bacia DUAS IRMÃS 4 J 80 enquadra-se na classe de potencial "Alto" com uma superfície de 3,40 km², em posição muito próxima do limite superior do intervalo. Das 8 sub-bacias de 3ª ordem, 5 se enquadram no intervalo imediatamente inferior a média (entre 0,76 e 2,13 km²), mas somente as sub-bacias MARAMBAIA 3 M 44 e MARAMBAIA 3 M 50 superam o valor de 1,0 km².

Tabela 1 - Superfície das sub-bacias 3ª e de 4ª ordem da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA). Cálculo do desvio médio, da variância e do desvio padrão

Sub-bacia	Superfície (km ²)	Desvio	(Desvio) ²	Desvio padrão	Classe de potencial
MARAMBAIA 3 M 37	0,20	- 1,93	3,72	- 1,06	Baixo
MARAMBAIA 3 M 42	0,96	- 1,17	1,36	- 0,64	Médio
MARAMBAIA 3 M 44	1,23	- 0,90	0,81	- 0,49	Médio
MARAMBAIA 3 M 50	1,35	- 0,78	0,60	- 0,43	Médio
VITORINO 4 M 56	5,52	3,39	11,49	1,87	M. Alto
MÉDIO JERI 3 M 61	0,89	- 1,24	1,53	- 0,68	Médio
MÉDIO JERI 3 J 65	0,17	- 1,96	3,84	- 1,08	Baixo
PIABAS 4 J 67	4,83	2,70	7,29	1,49	M. Alto
BAIXO JERI 3 J 75	0,92	- 1,21	1,46	- 0,66	Médio
BAIXO JERI 3 J 79	0,59	- 1,54	2,37	- 0,85	Baixo
DUAS IRMÃS 4 J 80	3,40	1,27	1,61	0,70	Alto
TOTAL	23,46	18,09	36,08		
	Média aritmética 2,13	Desvio médio 1,64	Variância 3,28 Desvio padrão 1,81		

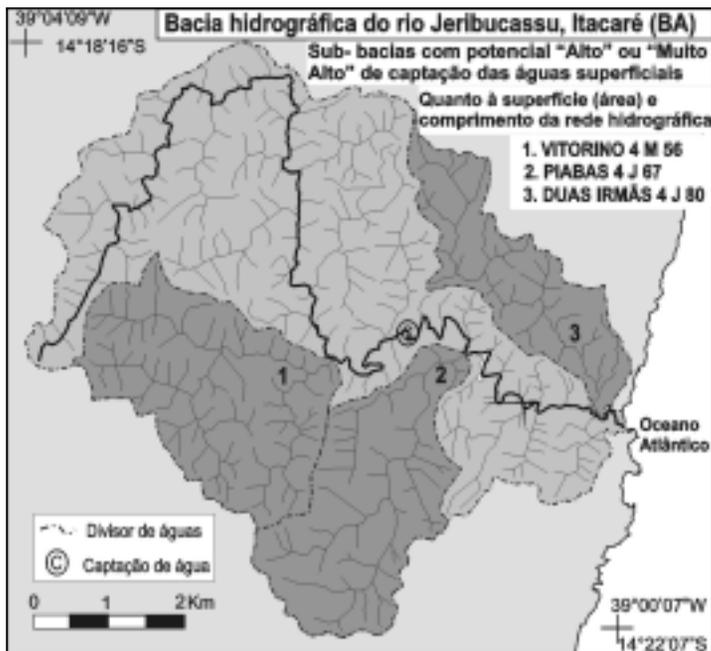
Os valores do comprimento da rede hidrográfica das 11 sub-bacias analisadas variam entre 0,96 e 27,59 km de canais fluviais, resultando numa média aritmética de 8,80 km (Tabela 2). As redes hidrográficas das sub-bacias apresentam desvios variando entre -7,84 e 18,79 km que resultaram, após os devidos cálculos, em um desvio padrão de 8,18 km. A amplitude entre as proporções do desvio padrão de cada sub-bacia (3,24), dividida pelo número de classes (4), estabeleceu uma amplitude intervalar de 0,81 de desvio padrão, ou seja, o valor 6,62 km de canais é o intervalo de cada classe. Portanto, as classes de potencial ficaram assim definidas: "Muito alto" (> 15,42 km), "Alto" (8,80 a 15,42 km), "Médio" (2,18 a 8,80 km) e "Baixo" (< 2,18 km).

Do mesmo modo que o parâmetro superfície, somente as 3 sub-bacias de 4ª ordem superam a média do comprimento da rede hidrográfica das 11 sub-bacias analisadas. Como destaques, as mesmas as 3 sub-bacias de 4ª ordem (VITORINO 4 M 56, PIABAS 4 J 67 e DUAS IRMÃS 4 J 80) que se enquadram na classe de potencial "Muito Alto", superando os 15,42 km de canais fluviais. Apesar de nenhuma das 8 sub-bacias de 3ª ordem apresentar rede hidrográfica que supere a média, as sub-bacias MARAMBAIA 3 M 44 e MARAMBAIA 3 M 50 possuem mais que 6,0 km de canais fluviais. O comprimento de suas redes hidrográficas é relativamente próximo à média, com pequenas proporções de desvio padrão (-0,33 e -0,30 respectivamente) (Figura 2).

Tabela 2 - Comprimento da rede hidrográfica das sub-bacias de 4ª ordem da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA). Cálculo do desvio médio, da variância e do desvio padrão

Sub-bacia	Comprimento da rede hidrográfica (km)	Desvio	(Desvio) ²	Desvio padrão	Classe de potencial
MARAMBAIA 3 M 37	0,96	- 7,84	61,46	- 0,95	Baixo
MARAMBAIA 3 M 42	5,22	- 3,58	12,81	- 0,43	Médio
MARAMBAIA 3 M 44	6,04	- 2,76	7,61	- 0,33	Médio
MARAMBAIA 3 M 50	6,29	- 2,51	6,30	- 0,30	Médio
VITORINO 4 M 56	27,59	18,79	353,06	2,29	M. Alto
MÉDIO JERI 3 M 61	5,05	- 3,75	14,06	- 0,45	Médio
MÉDIO JERI 3 J 65	1,41	- 7,39	54,61	- 0,90	Baixo
PIABAS 4 J 67	19,87	11,07	122,54	1,35	M. Alto
BAIXO JERI 3 J 75	4,65	- 4,15	17,22	- 0,50	Médio
BAIXO JERI 3 J 79	3,35	- 5,45	29,70	- 0,66	Médio
DUAS IRMÃS 4 J 80	16,39	7,59	57,60	0,82	M. Alto
TOTAL	96,82	74,88	736,97		
	Média aritmética 8,80	Desvio médio 6,80	Variância 66,99	Desvio padrão 8,18	

Figura 2 -Sub-bacias da bacia do Jeribucassu, Itacaré (BA), com potencial Muito Alto e Alto de captação das águas superficiais quanto à superfície e ao comprimento da rede hidrográfica



Quanto à densidade de drenagem e ao coeficiente de manutenção

Quanto à densidade de drenagem, um dos parâmetros que permite a comparação entre áreas de tamanhos diferentes, as 11 sub-bacias analisadas apresentam uma variação entre 4,80 e 8,29 km de canais fluviais por km². Os desvios da média aritmética, de 5,30 km por km², variam entre -0,50 e 2,99 km/km² e resultam, após os devidos cálculos, em um desvio padrão de 1,03 km/km². A amplitude de 4,05 entre a maior e a menor proporção de desvio padrão dividida pelo número de classes (4) resulta na amplitude estabelecida para cada classe de potencial: 1,01 do desvio padrão, ou seja, 1,04 km por km² em termos de unidades originais. Assim foram determinadas as seguintes classes: "Muito alto" (> 6,34 km/km²), "Alto" (5,30 a 6,34 km/km²), "Médio" (4,26 a 5,30 km/km²) e "Baixo" (< 4,26 km/km²) (Tabela 3).

Tabela 3 - Densidade de drenagem das sub-bacias de 3ª e de 4ª ordem da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA). Cálculo do desvio médio, da variância e do desvio padrão

Sub-bacia	Densidade de drenagem (km/km ²)	Desvio	(Desvio) ²	Desvio padrão	Classe de potencial
MARAMBAIA 3 M 37	4,80	- 0,50	0,25	- 0,48	Médio
MARAMBAIA 3 M 42	5,43	0,13	0,01	0,12	Alto
MARAMBAIA 3 M 44	4,91	- 0,39	0,15	- 0,37	Médio
MARAMBAIA 3 M 50	4,65	- 0,65	0,42	- 0,63	Médio
VITORINO 4 M 56	4,99	- 0,31	0,09	- 0,30	Médio
MÉDIO JERI 3 M 61	5,67	0,37	0,13	0,35	Alto
MÉDIO JERI 3 J 65	8,29	2,99	8,94	2,90	M. Alto
PIABAS 4 J 67	4,11	- 1,19	1,41	- 1,15	Baixo
BAIXO JERI 3 J 75	5,05	- 0,25	0,06	- 0,24	Médio
BAIXO JERI 3 J 79	5,67	0,37	0,13	0,35	Alto
DUAS IRMÃS 4 J 80	4,82	- 0,48	0,23	- 0,46	Médio
TOTAL	58,39	7,63	11,82		
	Média aritmética 5,30	Desvio médio 0,69	Variância 1,07 Desvio padrão 1,03		

No parâmetro densidade de drenagem, 4 sub-bacias de 3ª ordem apresentam valores que superam a média aritmética, sendo que apenas uma delas, a sub-bacia MÉDIO JERI 3 J 65, enquadra-se na classe de potencial "Muito Alto" com 8,29 km de canais fluviais por km², ultrapassando a proporção de 2,0 desvios padrão. Enquadradas na classe de potencial "Alto", as sub-bacias MARAMBAIA 3 M 42, MÉDIO JERI 3 M 61 e BAIXO JERI 3 J 79 apresentam densidade de drenagem pouco acima da média, com proporções de desvio padrão de 0,12, 0,35 e 0,35 respectivamente. Duas das sub-bacias de 4ª ordem, VITORINO 4 M 56 e DUAS IRMÃS 4 J 80, se enquadram na classe de potencial "Médio", com valores de densidade de drenagem relativamente próximos à média aritmética, já que suas respectivas proporções de desvio padrão são de -0,30 e -0,46.

Os valores referentes ao coeficiente de manutenção das sub-bacias analisadas variam entre 120,62 e 243,30 m² de área mínima necessária para manter um metro de canal fluvial. A média das sub-bacias é de 193,97 m²/m e os desvios variam entre

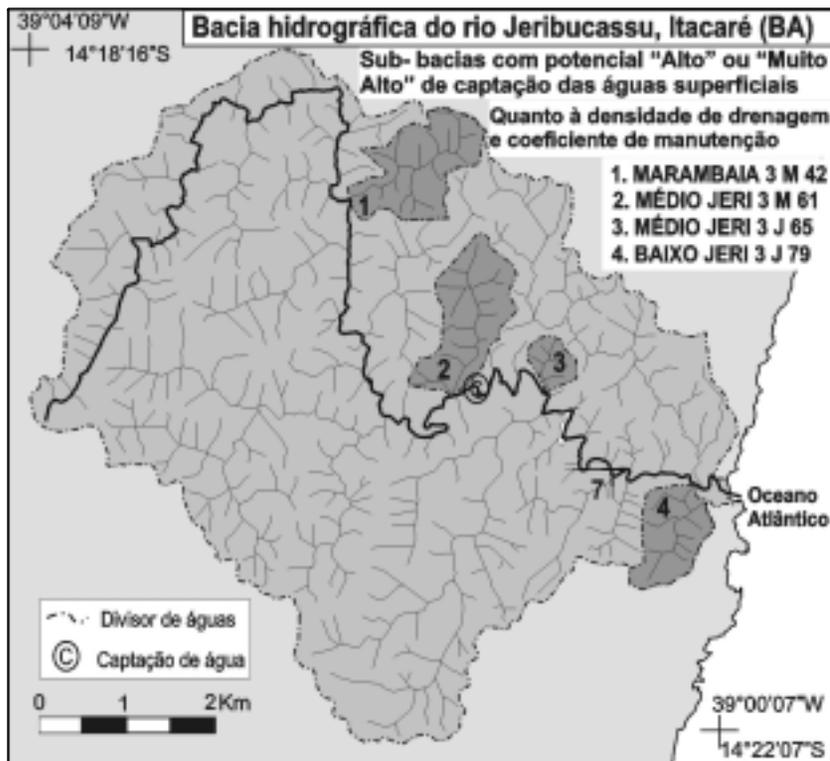
-73,35 e 49,33 m²/m. Calculada a variância, obtemos um valor do desvio padrão de 29,40 m²/m e uma amplitude entre as proporções de desvio padrão de 4,16. Dividindo o valor desta amplitude pelo número de classes (4) obtemos uma amplitude entre as classes equivalente a 1,04 do desvio padrão, que em unidades originais são 30,57 m²/m. Assim foram estabelecidas as seguintes classes de potencial: "Muito alto" (< 163,40 m²/m), "Alto" (163,40 a 193,97 m²/m), "Médio" (193,97 a 224,54 m²/m) e "Baixo" (> 224,54 m²/m) (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente de manutenção das sub-bacias de 3ª e de 4ª ordem da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA). Cálculo do desvio médio, da variância e do desvio padrão

Sub-bacia	Coeficiente de manutenção (m ² /m)	Desvio	(Desvio) ²	Desvio padrão	Classe de potencial
MARAMBAIA 3 M 37	208,33	14,36	206,20	0,48	Médio
MARAMBAIA 3 M 42	184,16	- 9,81	96,23	- 0,33	Alto
MARAMBAIA 3 M 44	203,66	9,69	93,89	0,32	Médio
MARAMBAIA 3 M 50	215,05	21,08	444,36	0,71	Médio
VITORINO 4 M 56	200,40	6,43	41,34	0,21	Médio
MÉDIO JERI 3 M 61	176,36	- 17,61	310,11	- 0,59	Alto
MÉDIO JERI 3 J 65	120,62	- 73,35	5.380,22	- 2,49	M. Alto
PIABAS 4 J 67	243,30	49,33	2.433,44	1,67	Baixo
BAIXO JERI 3 J 75	198,01	4,04	16,32	0,13	Médio
BAIXO JERI 3 J 79	176,36	- 17,61	310,11	- 0,59	Alto
DUAS IRMÃS 4 J 80	207,46	13,49	181,98	0,45	Médio
TOTAL	2.133,71	236,80	9.514,20		
	Média aritmética	Desvio médio	Variância		
	193,97	21,52	864,92		
			Desvio padrão		
			29,40		

Como o coeficiente de manutenção é um parâmetro derivado da densidade de drenagem ($C_m = 1 / D_d$), as 4 sub-bacias de 3ª ordem que superam a média no parâmetro densidade de drenagem são as mesmas que superam a média no parâmetro coeficiente de manutenção. Devido à proporcionalidade, estas sub-bacias se distribuem em classes da mesma maneira que no parâmetro densidade de drenagem: a sub-bacia MÉDIO JERI 3 J 65 na classe de potencial "Muito Alto", com uma área mínima de 120,62 m²/m, e as sub-bacias MARAMBAIA 2 M 42, MÉDIO JERI 3 M 61 e BAIXO JERI 3 J 79 na classe de potencial "Alto", com áreas mínimas, necessárias à manutenção de 1 metro de canal fluvial, inferiores à média de 193,97 m²/m (Figura 3).

Figura 3 - Sub-bacias da bacia do Jeribucassu, Itacaré (BA), com potencial Muito Alto e Alto de captação das águas superficiais quanto à densidade de drenagem e coeficiente de manutenção



Quanto ao índice de circularidade

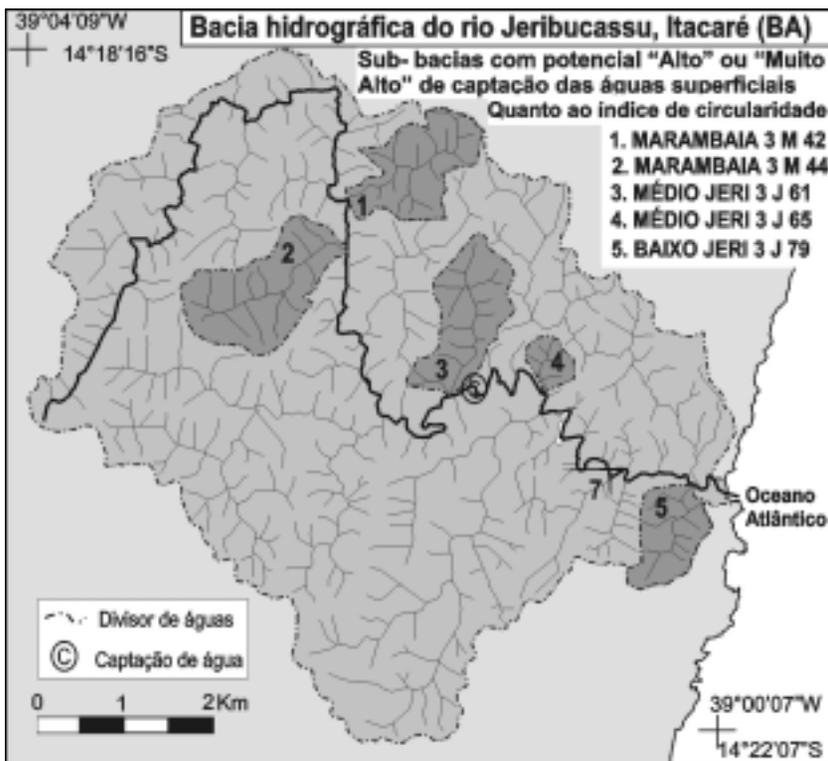
Identificados por meio da relação entre a superfície (área) da sub-bacias e a superfície (área) de um círculo de mesmo perímetro, os índices de circularidade apresentam valores que variam entre 0,32 e 0,80. A amplitude de 3,65 entre as proporções do desvio padrão de 0,13 estabelece, depois de dividida pelo número de classes (4), um intervalo de 0,91 de desvio padrão que corresponde ao valor de 0,11. As sub-bacias que possuem forma mais aproximada com a de um círculo, pela tendência de escoar as águas de modo mais equilibrado, foram consideradas como de maior potencial de captação das águas. Assim, os valores acima da média correspondem as sub-bacias de potencial "Muito Alto" ($> 0,63$), "Alto" (0,52 a 0,63), "Médio" (0,41 a 0,52), "Baixo" ($< 0,41$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Índice de circularidade das sub-bacias de 3ª e de 4ª ordem da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA). Cálculo do desvio médio, da variância e do desvio padrão

Sub-bacia	Perímetro (m)	Superfície de círculo de mesmo perímetro (km ²)	Índice de Circularidade	Desvio	(Desvio) ²	Desvio padrão	Classe de potencial
MARAMBAIA 3 M 37	1.972,94	0,30	0,66	0,14	0,0196	1,07	M. Alto
MARAMBAIA 3 M 42	5.395,67	2,31	0,41	- 0,11	0,0121	- 0,84	Médio
MARAMBAIA 3 M 44	5.074,96	2,04	0,60	0,08	0,0064	0,61	Alto
MARAMBAIA 3 M 50	6.241,80	3,10	0,43	- 0,09	0,0081	- 0,69	Médio
VITORINO 4 M 56	11.570,28	10,65	0,51	- 0,01	0,0001	- 0,07	Médio
MÉDIO JERI 3 M 61	4.631,95	1,70	0,52	0,00	0,0000	0,00	Alto
MÉDIO JERI 3 J 65	1.645,99	0,21	0,80	0,28	0,0784	2,15	M. Alto
PIABAS 4 J 67	12.340,34	12,11	0,39	- 0,13	0,0169	- 1,00	Baixo
BAIXO JERI 3 J 75	5.013,42	2,00	0,46	- 0,06	0,0036	- 0,46	Médio
BAIXO JERI 3 J 79	3.425,96	0,93	0,63	0,11	0,0121	0,84	M. Alto
DUAS IRMÃS 4 J 80	11.383,09	10,31	0,32	- 0,20	0,0400	- 1,50	Baixo
TOTAL			5,73	1,21	0,1973		
			Média Aritmética 0,52	Desvio Médio 0,11	Variância 0,0179	Desvio Padrão 0,13	

Assim como nos parâmetros relacionados com a densidade de drenagem, somente sub-bacias de 3ª ordem apresentam índices de circularidade acima da média, com destaque para as sub-bacias MARAMBAIA 3 M 37 e MÉDIO JERI 3 J 65, classificadas como de potencial "Muito Alto" (> 0,63). A sub-bacia BAIXO JERI 3 J 79 apresenta o índice 0,63, que é exatamente o limite superior da classe de potencial "Alto", enquanto que a sub-bacia MÉDIO JERI 3 M 61 apresenta o valor 0,53, no extremo inferior da mesma classe. Das sub-bacias de 4ª ordem, somente a sub-bacia VITORINO 4 M 56 enquadra-se na classe de potencial "Médio", inclusive com um valor muito aproximado do limite superior da classe (0,51). As outras 2 sub-bacias de 4ª ordem, bastante alongadas, são as únicas que se enquadram na classe de potencial "Baixo" (Figura 4).

Figura 4 - Sub-bacias da bacia do Jeribucassu, Itacaré (BA), com potencial Muito Alto e Alto de captação das águas superficiais quanto ao índice de circularidade



CONCLUSÕES

O mapeamento da rede hidrográfica resultou em uma análise mais detalhada da bacia do Jeribucassu, do que a possível nas cartas topográficas 1: 100.000 (SUDENE, 1977a; SUDENE 1997b). Por meio de fotointerpretação, em escala 1: 25.000, foi identificada uma rede hidrográfica de 342 canais, sendo 80 afluentes diretos do Jeribucassu, enquanto que a carta topográfica (1: 100.000) representa apenas dois cursos d'água na bacia (o rio principal e o Córrego Duas Irmãs).

A fotointerpretação identificou ainda, com o auxílio de pesquisas de campo, uma localização mais precisa das nascentes principais do rio Jeribucassu, um conjunto de 8 canais de 1ª ordem localizados na Serra do Capitão, divisor topográfico mais expressivo da bacia. Segundo a carta topográfica, a nascente encontra-se na cabeceira de um afluente, o rio principal da sub-bacia MARAMBAIA 3 M 42.

Nenhuma das 11 sub-bacias apresenta potencial acima da média em todos os parâmetros analisados, entretanto apenas duas não obtiveram esta classificação em pelo menos um dos parâmetros. Nos parâmetros absolutos (superfície e comprimento

da rede hidrográfica), somente as sub-bacias de 4ª ordem foram classificadas como de potencial "Alto" ou Muito Alto". Quanto aos parâmetros relativos, ao contrário, somente as sub-bacias de 3ª ordem é que obtiveram resultados acima da média.

Estes resultados sugerem que é conveniente analisar tanto os parâmetros absolutos quanto os relativos. Por meio de uma análise apenas dos parâmetros absolutos, pode não ser identificado o potencial uma sub-bacia de menor ordem que tenha uma importância relativa na captação das águas. Ao contrário, se considerarmos apenas os parâmetros relativos, sub-bacias de maior ordem podem ser subestimadas apesar do tamanho de suas superfícies e redes hidrográficas.

Entre as sub-bacias de 4ª ordem, a VITORINO 3 M 56 se destaca por apresentar potencial "Muito Alto" quanto aos parâmetros de superfície e comprimento da rede hidrográfico, bem como potencial "Médio" em todos os demais parâmetros. Das sub-bacias de 3ª ordem, as sub-bacias MARAMBAIA 3 M 42 e MARAMBAIA 3 M 61 se destacam pela combinação de classes que apresentam (Tabela 6). A sub-bacia MARAMBAIA 3 M 42 apresenta classe de potencial "Alto" em três parâmetros (Dd, Cm) e "Médio" nos demais. A sub-bacia MARAMBAIA 3 M 61 apresenta classe de potencial "Alto" em quatro parâmetros (Dd, Cm, Ic) e "Médio" nos demais (Tabela 6).

Tabela 6 - Síntese das classes de potencial das sub-bacias de 3ª e de 4ª ordem da bacia do rio Jeribucassu, Itacaré (BA)

<u>Sub-bacia</u>	<u>Superfície</u>	<u>RH</u>	<u>Dd</u>	<u>Cm</u>	<u>Eps</u>	<u>Ic</u>
MARAMBAIA 3M 37	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio	M. Alto
MARAMBAIA 3 M 42	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto	Médio
MARAMBAIA 3M 44	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Alto
MARAMBAIA 3 M 50	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
VITORINO 4 M 56	M. Alto	M. Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
MÉDIO JERI 3 M 61	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto
MÉDIO JERI 3 J 65	Baixo	Baixo	M. Alto	M. Alto	M. Alto	M. Alto
PIABAS 4 J 67	M. Alto	M. Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
BAIXO JERI 3 J 75	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
BAIXO JERI 3 J 79	Baixo	Médio	Alto	Alto	Alto	M. Alto
DUAS IRMÃS 4 J 80	Alto	M. Alto	Médio	Médio	Médio	Baixo

Como sugestão, estas 3 sub-bacias que se localizam à montante da captação de água do rio Jeribucassu, do mesmo modo que o conjunto de nascentes principais do Jeribucassu, poderiam ser objeto de estudos aplicados à preservação ou à recuperação ambiental. Cabe salientar o caráter preliminar e experimental da seleção de áreas a serem protegidas por meio desta proposta, sendo os estudos de campo e os de outra natureza (geológicos, geomorfológicos, ecológicos, geográficos) imprescindíveis na definição de áreas de proteção e recuperação ambiental.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Sandra Lúcia Ferreira. A morfometria como técnica auxiliar na avaliação dos recursos hídricos. IN: 2º ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE. Florianópolis, 1989. **Anais... Volume 1: Comunicações**. Florianópolis, SC: UFSC, 1989. pp. 393-401.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A.J.T.; SOARES DA SILVA, A.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. RJ: Bertrand-Brasil, 1999. Capítulo 7, p.269-300.

CAVALCANTI, Márcio Alves. **Estratificação de ambientes, com ênfase no solo, da região de Itacaré – BA**. 1994. 73 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas: v. 9, nº 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2ª ed. SP: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2º ed. SP: Edgard-Blücher, 1988. 291 p.

GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira; SILVA, Barbara-Christine M. Nentwig. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981. 161 p.

GIOMETTI, Analúcia B.R.; GARCIA, Gilberto J. Análises morfométrica e hidrográfica da bacia do rio Jacaré-Pepira – SP. **Geografia**. Rio Claro, v. 19, n.2, p.183-195, 1994.

IESB. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais do Sul da Bahia. **Bacia do Jeribucassu: foto aérea**. Ilhéus, Bahia, 1997a. Escala 1: 25.000. Mosaico georreferenciado de fotografias aéreas não convencionais.

IESB. Instituto de Estudos Sócio-ambientais do Sul da Bahia. **Bacia do Jeribucassu: foto aérea**. Ilhéus, Bahia, 1997b. Escala 1: 15.000. Mosaico georreferenciado de fotografias aéreas não convencionais.

MELIANI, Paulo Fernando. **Análise geomorfológica das bacias dos rios Jeribucassu e Burundanga, Itacaré, Bahia – Mapeamento em escala 1: 25.000**. 2003. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 21 de março de 2003.

MENDONÇA, José Resende. **Fotointerpretação do município de Itacaré (BA)**. Ilhéus: CEPLAC, 1979. 297,0 x 420,0 mm. Escala 1: 108.000.

NENTWIG SILVA, Barbara-Christine; NASCIMENTO, Dária Maria Cardoso; PEREIRA, Gilberto Corso; SOUZA, Jaimeval Caetano de; CUNHA, Maria da Conceição de Oliveira; MELLO e SILVA, Sylvio Bandeira de. **Atlas Escolar, Bahia: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa, PB: Grafset, 2000. 171p. 1 atlas.

INTO, N.de S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. SP: Edgard Blücher, 1976. 278 p.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Gerência de Recursos Naturais. Governo da Bahia. Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia. Secretaria da Educação. **Divisão Político-Administrativa do Estado da Bahia**. Salvador, 2000. 1 mapa, color. Escala 1: 1.500.000.

SERVIÇOS AÉREOS CRUZEIRO DO SUL. **Costa de Itacaré**: foto aérea. Rio de Janeiro, 1964. Escala 1: 25.000. Fx 205, n. 15.

SILVEIRA, André L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1997. Capítulo 12, p. 35-51.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Folha Itacaré (SD.24–Z.A.I)**. Recife, 1977a . Escala 1:100.000.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Folha Ubaitaba (SD.24–Y.B.III)**. Recife, 1977b. Escala 1:100.000.

Recebido em junho de 2005

Revisado em julho de 2005

Aceito em setembro de 2005