

**INDICADORES MORFOMÉTRICOS DOS PROCESSOS FLUVIAIS NO ALTO
CURSO DO RIO MUNDAÚ, CEARÁ, BRASIL****MORPHOMETRIC INDICATORS OF FLUVIAL PROCESSES IN HIGH RIVER
COURSE MUNDAÚ, CEARÁ, BRASIL****INDICADORES MORFOMÉTRICOS DE LOS PROCESOS FLUVIALES EN EL
ALTO CURSO DEL RÍO MUNDAÚ, CEARÁ, BRASIL**

Augusto César Praciano **SAMPAIO**¹
cesarpraciano@hotmail.com

Abner Monteiro Nunes **CORDEIRO**²
abnermncordeiro@hotmail.com

Frederico de Holanda **BASTOS**³
fred.holanda@uece.br

RESUMO

Os aspectos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica exercem significativa influência nos processos fluviais, condicionando o balanço entre a infiltração e o escoamento superficial do total da precipitação efetiva que atinge a bacia, assim como pode influenciar na velocidade e capacidade energética desses processos, que são responsáveis por desencadear fenômenos erosivos e deposicionais. Nesse sentido, os parâmetros morfométricos auxiliam na compreensão da dinâmica fluvial. Variáveis relacionadas à forma da bacia, à declividade e as formas de uso e cobertura do solo são indicadores da capacidade erosiva, deposicional e do tempo de concentração do escoamento superficial em sua seção de controle. O objetivo do trabalho foi avaliar as relações entre os padrões morfométricos e processos fluviais no alto curso do rio Mundaú, localizado no maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil, com auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, além da análise de dados hidrológicos históricos.

Palavras-chave: Escoamento superficial. Bacia hidrográfica. Morfometria.

ABSTRACT

The physical and biotic aspects of a watershed exert significant influence on fluvial processes, affecting the balance between infiltration and surface runoff of the total effective rainfall that reaches the watershed, as well as can influence the speed and power capacity of these processes, which are responsible for initiating erosive and depositional phenomena. In this sense, the morphometric parameters help in the

¹ Geógrafo e Técnico em Geoprocessamento da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, Rua Adauldo Batista, 1550, Bairro Parque Iracema, Fortaleza, Ceará.

² Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará-UECE. Av. Dr. Silas Muguba, 1700, Campus do Itaperi, Serrinha, Fortaleza, Ceará.

³ Prof. Dr. da Universidade Estadual do Ceará-UECE. Av. Dr. Silas Muguba, 1700, Campus do Itaperi, Serrinha, Fortaleza, Ceará.

understanding of fluvial dynamics. Variables related to the shape of the basin, the slope and forms of use and land cover are indicators of erosive capacity, depositional and of time of concentration of surface runoff in its section of control. The objective was to evaluate the relationships between the morphometric standards and fluvial processes in the high river course Mundaú, Ceará, Brasil, with the help of geoprocessing and remote sensing techniques, in addition to historical hydrological data analysis.

Keywords: Surface runoff. Watershed. Morphometry.

RESUMEN

Los aspectos físicos y bióticos de una cuenca hidrográfica ejercen significativo influjo en los procesos fluviales, condicionando el balance entre la infiltración y el desague superficial del total de la precipitación efectiva que comprende la cuenca, así como puede influir en la velocidad e capacidad energética de esos procesos, que son responsables por desencadenar fenómenos erosivos y deposicionales. De ese modo, los parámetros morfométricos auxilian en la comprensión de la dinámica fluvial. Variables relacionadas a la forma de la cuenca, al declive y las formas de uso y cobertura del suelo son indicadores de la capacidad erosiva, deposicional y del tiempo de concentración del desague superficial en su sección de control. El objetivo del trabajo fue evaluar las relaciones entre los patrones morfométricos y procesos fluviales en el alto curso del río Mundaú, ubicado en el macizo de Uruburetama, Ceará, Brasil, con auxilio de técnicas de geoprocésamiento y sensoriamiento remoto, más allá del análisis de datos hidrológicos históricos.

Palabras claves: Desague superficial. Cuenca hidrográfica. Morfometria.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, definida como compartimentação natural delimitada por divisores de água e drenada por um curso principal e seus afluentes, foi introduzida como unidade fundamental para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, pela sua capacidade de integrar aspectos naturais e sociais. Todavia, atribuir modelos para simular processos em bacias tem sido um grande desafio entre os pesquisadores, tendo em vista que os processos fluviais e seus fatores condicionantes são dinâmicos e difíceis de serem apreendidos e parametrizados. Segundo Miranda (2010), a maior dificuldade está em fornecer entradas de dados espaciais detalhadas sobre topografia, solos, uso e cobertura do solo, precipitação e umidade do solo.

Os aspectos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica exercem significativa influência nos processos fluviais, condicionando o balanço entre a infiltração e o escoamento superficial e subsuperficial do total da precipitação efetiva que atinge a área da bacia, assim como pode influenciar na velocidade e capacidade energética desses processos. Essas variáveis definem o comportamento hidrológico da bacia e são responsáveis por desencadear fenômenos erosivos e deposicionais e, portanto, pelo modelamento geomorfológico (BOTELHO, 2007).

Nesse sentido, o objetivo do trabalho é a caracterização do comportamento hidrológico do alto curso do rio Mundaú através de variáveis morfométricas relacionadas à forma da bacia e à declividade do relevo, dos tipos de uso e cobertura do solo e das quantidades de precipitação que atinge a bacia, com auxílio de técnicas de geoprocessamento, imagens de sensoriamento remoto, dados de precipitação e de volume do açude Mundaú.

A bacia do alto curso do rio Mundaú está localizada na porção noroeste do Estado do Ceará, Brasil, no município de Uruburetama, a barlavento do maciço de mesmo nome, que pertence ao domínio dos escudos e maciços antigos, sendo composto por litotipos do embasamento cristalino datados do Pré-Cambriano, onde predominam os migmatitos, gnaisses e quartzitos. Essa bacia foi delimitada desde a sua nascente até a barragem do açude Mundaú, drenando uma área de 35,2 km² (Figura 1).

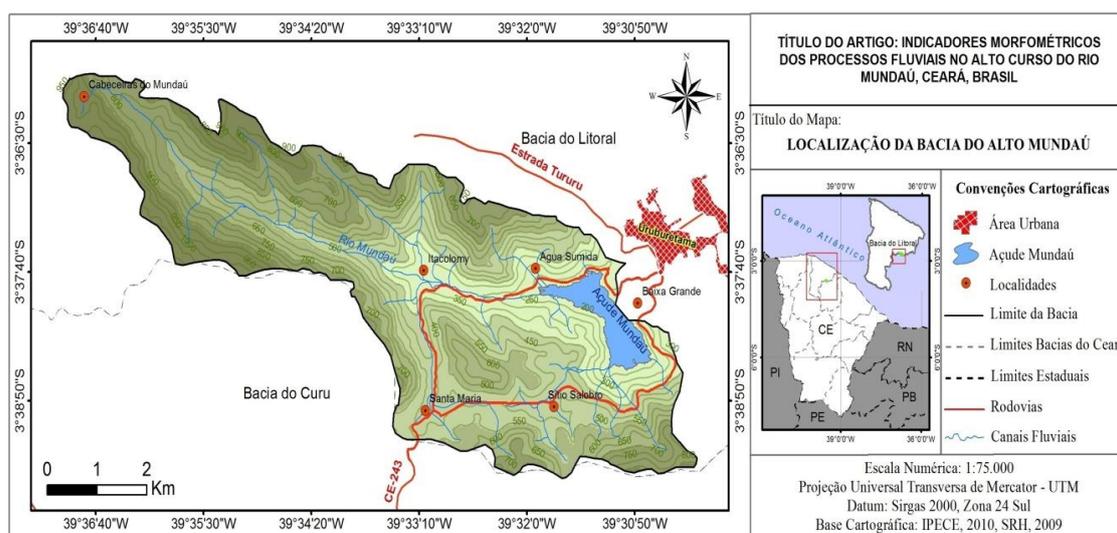


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do alto curso do rio Mundaú, Uruburetama, Ceará, Brasil.

Fonte: elaborado pelos autores (2015).

2. METODOLOGIA

O conhecimento sobre o balanço entre infiltração e escoamento superficial e subsuperficial, assim como a velocidade refletida no tempo de concentração do deflúvio, são de muita importância para a compreensão dos processos geomorfológicos. Conforme Souza (2000), o escoamento superficial é um dos principais processos morfodinâmicos do semiárido no Nordeste do Brasil. Dentre as propriedades físicas e bióticas que influenciam diretamente nesses processos estão as variáveis morfométricas relacionadas à forma da bacia, à declividade do terreno, o tipo de uso e cobertura do solo e a quantidade e intensidade da precipitação.

A forma da bacia é importante na determinação do tempo de concentração (T_c) da enxurrada até o seu ponto de controle, onde quanto menor o T_c , maior a vazão máxima de enchente e maior o risco de assoreamentos e enchentes. A variável de forma utilizada foi o coeficiente de compacidade (VILELA e MATTOS, 1975).

O coeficiente de compacidade (K_c) é dado pela razão entre os perímetros da bacia e de um círculo de área igual à da bacia, conforme a Equação 1.

$$K_c = \frac{\sqrt{\pi} \times P}{2\pi\sqrt{A}} \cong 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [1]$$

Onde: K_c é o coeficiente de compacidade, P é o perímetro da bacia (m) e A é a área da bacia (m^2).

Este coeficiente apresenta valor adimensional, sendo que quanto mais irregular for a bacia, maior será o valor de K_c , e quanto mais próximo da unidade mais próxima estará a bacia da forma circular.

Villela e Matos (1975) apontam a declividade como fator determinante da velocidade do escoamento superficial, ou seja, quanto maior for a declividade do terreno mais rápido será o escoamento superficial, conseqüentemente menor o tempo de concentração da bacia. A declividade da bacia foi gerada a partir do processamento digital do Modelo Digital de Elevação (MDE) em ambiente computacional, gerando um *raster* de declividade com os intervalos em porcentagem.

Foram utilizados dois métodos para caracterizar o comportamento hidrológico da bacia: primeiro, pela determinação do tempo de concentração através de uma equação empírica; segundo, pela análise dos dados de precipitação disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e dos dados de volume do açude Mundaú divulgados pelo Departamento de Obras Contra a Seca, a partir dos quais foram confeccionados dois hidrogramas para os meses de março de 2009 e março de 2011, dois meses com quantidades de precipitação semelhantes, pertencentes ao período chuvoso de anos acima da média de precipitação, os mais chuvosos de uma análise temporal de dez anos, de 2004 a 2013. Estes permitiram a avaliação da saturação máxima do solo da bacia refletindo os maiores índices de escoamento superficial, possibilitando o cálculo da vazão média nesta condição excepcional.

A vazão média foi calculada, conforme a Equação 2, a partir dos dados de precipitação e volume do açude Mundaú entre os dias 27 e 31 do mês de março de 2009, por neste intervalo ter sido observado os maiores valores de recarga hidráulica do açude.

$$Q = \frac{V_r}{T} \quad [2]$$

Onde: Q é a vazão (m³/h), Vr é o volume recarregado em (m³) e T é o tempo de recarga em horas.

Segundo Chow et al. (1988), o tempo de concentração é o tempo que a gota de chuva leva para se deslocar do ponto mais afastado da bacia até sua foz. Uma das fórmulas para estimar o tempo de concentração é a proposta por Pickering (MATA-LIMA et al., 2007) considera apenas parâmetros morfométricos da bacia, e pode ser expressa pela Equação 3. Utilizou-se a fórmula de Pickering modificada devido a bacia apresentar área de drenagem superior a 100 hectares, e por esta ser a mais indicada a pequenas bacias rurais.

$$T_c = \left(\frac{0,871 \times L^3}{H} \right)^{0,385} \quad [3]$$

Onde: Tc é o tempo de concentração em horas, L é o comprimento do rio principal (Km) e H é a diferença de altitude entre a nascente e a foz do rio principal (m).

As formas de uso e cobertura do solo também são determinantes na definição do percurso da água no solo. A vegetação nesse caso tem a função de interceptar a precipitação fazendo com que a água escoe lentamente até atingir o solo, ampliando a taxa de infiltração. Conforme Botelho e Silva (2007), é fato comprovado pela literatura que os solos cultivados apresentam taxas de infiltração menores que os solos florestados. Há também o aumento da susceptibilidade à erosão.

A relação entre o volume escoado superficialmente e o volume total da precipitação é chamado coeficiente de escoamento superficial (C). McCuen (1998) define os valores de “C” arbitrados em função do uso e cobertura do solo, da declividade e do grupo hidrológico do solo, conforme a Tabela 1.

Foi identificada na bacia uma associação de solos composta por Argissolos Vermelho Amarelo (Pva), Neossolos Litólicos (NI) e Afloramentos de Rocha. Segundo Souza (2000), os Argissolos Vermelho Amarelo são solos medianamente rasos de textura média ou argilosa, moderadamente drenados. Já os Neossolos Litólicos, por sua vez, são solos rasos de textura argilosa bastante susceptíveis à erosão.

Segundo os critérios estabelecidos por Sartori (2005), os Argissolos Vermelho Amarelo se enquadram no grupo hidrológico de solos do tipo C, enquanto os neossolos litólicos se classificam do tipo hidrológico D.

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial (C), segundo os critérios de McCuen.

	Coeficiente de Escoamento Superficial (C) por Declividade (%) e Tipo Hidrológico do Solo					
	Tipo Hidrológico C			Tipo Hidrológico D		
	0 – 2 %	2 – 6 %	>6%	0 – 2 %	2 – 6 %	>6%
Declividade:						
Solos Cultivados	0,14	0,19	0,26	0,18	0,23	0,31
Campo	0,20	0,28	0,36	0,24	0,30	0,40
Floresta	0,10	0,13	0,16	0,12	0,16	0,20
Lotes residenciais	0,30	0,33	0,38	0,33	0,36	0,42

Fonte: elaborado pelos autores com base em McCuen (1998).

Foi realizado o mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia com base nas classes definidas por McCuen (1998) com auxílio de imagens de satélite

disponibilizadas pelo *software Google Earth Pro* de setembro de 2013, que foram validadas por trabalho de campo realizado nos dias 29 e 30 de outubro de 2014. Em seguida o resultado foi relacionado ao tipo de solo para gerar o coeficiente de escoamento superficial ponderado, que consiste da média ponderada dos valores de “C”, cuja frequência corresponde a percentagem de área de cada classe de uso e cobertura do solo.

A partir da série de chuvas foi possível somar o total precipitado nos meses de março de 2009 e 2011, para então calcular o “C” correspondente, dividindo o volume recarregado do açude, considerando este o volume escoado superficialmente, pelo volume precipitado na área da bacia, de acordo com a seguinte fórmula:

$$C = \frac{V_r \times 1000}{P_t \times A}$$

[4]

Onde: V_r é o volume recarregado do açude (m^3); P_t é a precipitação total (mm); A é a área da bacia (m^2).

Os resultados de “C” adquiridos pela análise dos dados hidrológicos foram comparados ao coeficiente de escoamento superficial ponderado obtido pela análise das características fisiográficas da bacia segundo o método de McCuen.

3. RESULTADOS

As variáveis morfométricas e hidrológicas evidenciam uma rápida resposta hidráulica da bacia à recepção da água da chuva, refletindo baixo tempo de concentração e altos índices de escoamento superficial, proporcionando maior capacidade erosiva da drenagem. Os parâmetros morfométricos e hidrológicos da bacia estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos e hidrológicos.

Variáveis da Bacia		Parâmetros Morfométricos e Hidrológicos	
Área da Bacia (km^2)	35,20	Coefficiente de Compacidade	1,73
Perímetro da Bacia (km)	36,62	Declividade Média	37,3%
Rio Principal (km)	12,75	Vazão Média do Evento Excepcional de Precipitação	8,66 m^3/s

Altitude da Nascente (m)	917,9	Tempo de Concentração	1,37 horas ou 1 hora e 22 min.
Altitude do Exutório (m)	126,9	C Ponderado	25,8%

Fonte: elaborado pelos autores (2015).

A espacialização da declividade do terreno e do uso e cobertura do solo da bacia demonstrou que as vertentes mais íngremes (20 a 75%), onde verificam-se as principais nascentes de seus mananciais, estão recobertas em sua maioria por solos cultivados (Figura 2 e Figura 3). Deste modo estão mais sujeitas à elevadas taxas de escoamento superficial e conseqüentemente mais susceptíveis a erosão. Por outro lado, os lotes residenciais estão situados em planícies alveolares e fundos de vale com declividades inferiores a 6%, todavia, estão mais vulneráveis à enxurradas e enchentes. As parcelas de solo florestado por sua vez são mínimas, limitando-se a 16,7% da área da bacia.

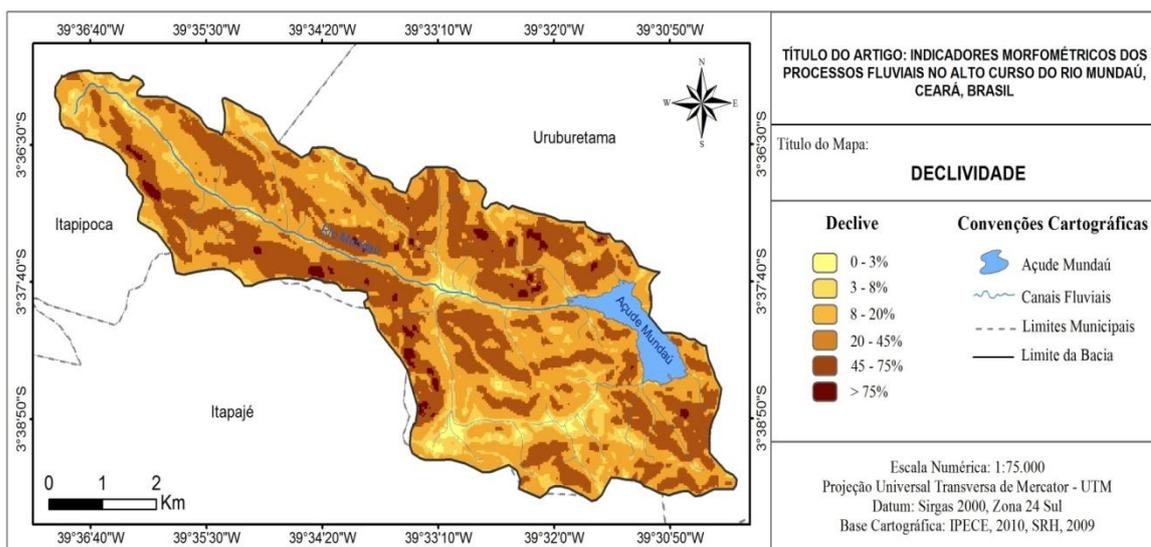


Figura 2 - Declividade da bacia do Alto Mundaú.

Fonte: elaborado pelos autores (2015).

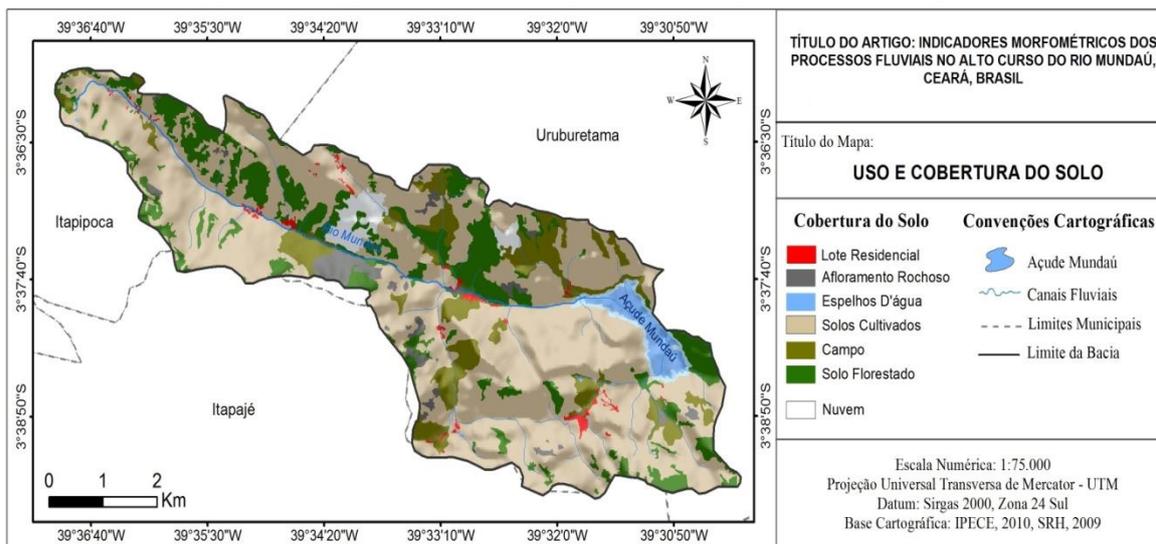


Figura 3 - Uso e cobertura do solo da bacia do Alto Mundaú.

Fonte: elaborado pelos autores (2015).

O tempo de concentração calculado pela fórmula de Pickering, resultante em uma hora e vinte minutos, confirma uma rápida resposta hidráulica que pode ser justificada pela elevada declividade média da bacia de 37,3%, que reflete maior índice de escoamento superficial e velocidade da enxurrada. No entanto, a forma da bacia apresenta-se fator limitante à velocidade fluxo, considerando que o coeficiente de compacidade evidencia uma bacia alongada, uma vez que se distancia do valor unitário, sugerindo maior tempo de concentração.

Segundo Coelho Neto (2009), o tempo de concentração do escoamento às chuvas variam conforme a natureza do fluxo, onde respostas rápidas indicam maior contribuição do escoamento superficial e respostas mais lentas caracterizam fluxo subsuperficial.

Os hidrogramas representados pelas Figuras 4 e 5 constituem a razão entre a variação do volume do açude Mundaú (m³) pelo tempo de recarga comparado à quantidade de precipitação diária. A velocidade da recarga hidráulica do açude Mundaú, neste caso, reflete o potencial hidráulico superficial da bacia, uma vez que quanto maior a variação do volume do açude em função do tempo sugere-se maior contribuição do escoamento superficial.

O hidrograma de março de 2009 demonstra uma resposta mais rápida do fluxo. Neste caso, a progressão do volume do açude em função do tempo, é maior que a encontrada em março de 2011, todavia, permanece constante até o dia 27, quando há uma variação brusca do volume (Figura 4). Como não houve precipitação

anterior com intensidade que justifique tal variação, infere-se que o solo tenha atingido o seu ponto de saturação permitindo a taxa máxima de escoamento superficial na bacia.

Entre os dias 27 e 31 março de 2009 observou-se a vazão máxima do período estudado, associada às condições excepcionais de umidade do solo, onde o açude Mundaú recebeu uma recarga de 2.993.000 m³, correspondentes 14,45 % de seu volume total, estabilizando uma vazão média de 8,66 m³/s.

Esse parâmetro representa o valor aproximado da vazão quando o escoamento superficial na bacia é máximo, em decorrência da saturação do solo. Ressalta-se que esse evento excepcional ocorreu apenas uma vez durante o recorte temporal analisado provocando deslizamentos de terra e inundações registradas pela defesa civil em Uruburetama.

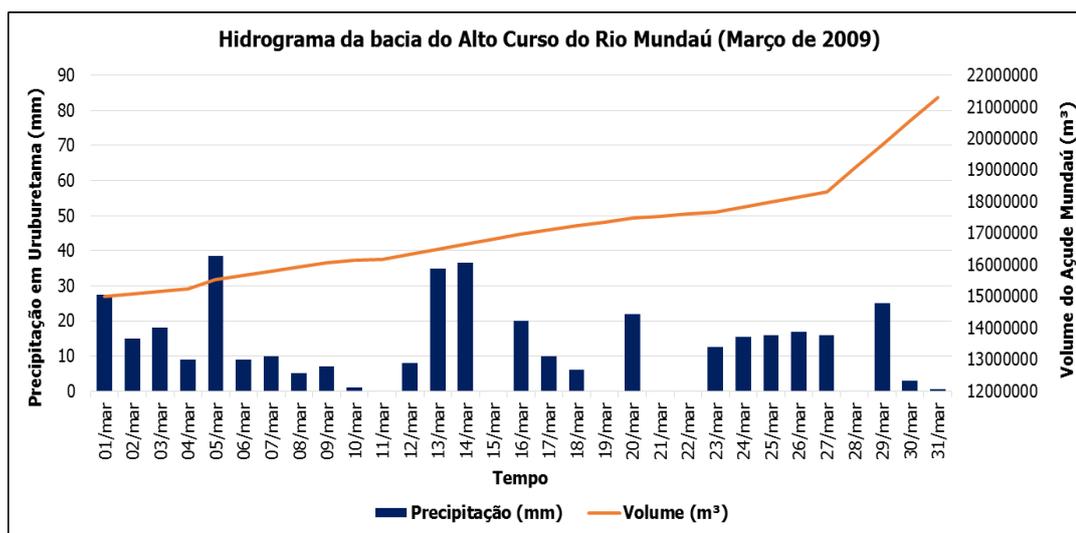


Figura 4 - Hidrograma da bacia do Alto Mundaú, março de 2009.

Fonte: elaborado pelos autores (2015).

O hidrograma de março de 2011 (Figura 5) demonstra uma resposta mais lenta do fluxo. Onde o açude recebe recarga hidráulica de forma constante em função do tempo, sem grandes variações. Observa-se que neste mês ocorreram precipitações mais intensas que em março de 2009, porém, isto não foi suficiente para provocar uma variação brusca no tempo de recarga do açude como ocorreu em 2009, inferindo que o excedente pluviométrico tenha sido absorvido pela bacia permitindo que a taxa de escoamento superficial ficasse constante.

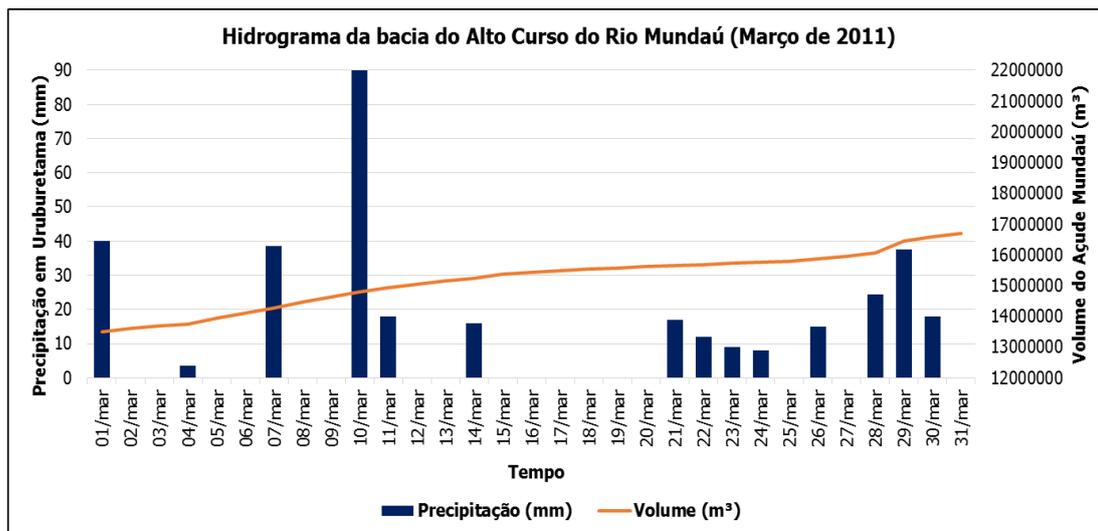


Figura 5 - Hidrograma da bacia do Alto Mundaú, março de 2011.
Fonte: elaborado pelos autores (2015).

Tendo em vista que o ano de 2009 foi antecedido por um ano chuvoso e 2011 foi antecedido por um ano seco e considerando o fato de que março de 2009 apresentou chuvas melhores distribuídas temporalmente enquanto em março de 2011 verificou-se chuvas mais concentradas, pode-se afirmar que a umidade inicial do solo é fator preponderante na quantificação do escoamento superficial na bacia, sendo mais influente que a intensidade da precipitação.

O Coeficiente de Escoamento Superficial Ponderado de 25,8% definido pelas características fisiográficas da bacia reflete o grande potencial hidráulico superficial da mesma (Tabela 3).

Considerando a recarga hidráulica do açude como o volume escoado superficialmente, obteve-se os coeficientes de escoamento superficial (C) para os meses de março de 2009 e março de 2011. O primeiro foi de 46% extrapolando muito o valor de C ponderado proposto por McCuen. Enquanto o segundo foi de 26% valor muito próximo ao obtido pelo método de McCuen. Isso demonstra que o coeficiente de escoamento superficial ponderado apresentou-se satisfatório para condições normais do solo, mas não reflete bem o escoamento superficial em condições excepcionais de saturação do mesmo.

Tabela 3 – Coeficiente de escoamento superficial ponderado.

Tipo do solo	Classe de Uso e Cobertura	Declividade (%)	Área (Km²)	Área (%)	C
Pva (Tipo C)	Campo	> 6	3,15	8,93	0,36
	Floresta	> 6	5,52	15,63	0,16

SAMPAIO, Augusto César; **CORDEIRO**, Abner Monteiro; **BASTOS**, Frederico de Holanda. Indicadores morfogenéticos dos processos fluviais no alto curso do rio Mundaú, Ceará, Brasil. *Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE*, v. 4, nº 7, p. 64 – 76, jul./dez. 2015. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

	Lote Residencial	2 - 6	0,35	1,00	0,33
	Solo Cultivado	> 6	19,41	54,99	0,26
NI (Tipo D)	Campo	> 6	0,36	1,02	0,40
	Floresta	> 6	0,38	1,08	0,20
	Lote Residencial	2 - 6			
	Solo Cultivado	> 6	3,32	9,40	0,31
				92,06	
Coeficiente de Escoamento Superficial Ponderado					25,8%

Fonte: elaborado pelos autores (2015).

4. CONCLUSÃO

As formas de uso e cobertura do solo e a declividade do terreno foram fundamentais na definição das propriedades hidrológicas da bacia do alto curso do rio Mundaú, constituindo a base para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial ponderado.

Os resultados demonstraram como a quantificação do escoamento superficial varia conforme a umidade do solo resultante do tempo e da intensidade de precipitação na bacia. No entanto, o coeficiente de escoamento superficial ponderado, apesar de não ser suficiente para traduzir eventos extremos de seca ou enchente, pode ser utilizado como variável na simulação de cenários alternativos de manejo real.

De acordo com as suas características fisiológicas a bacia possui alto potencial hidráulico superficial e baixa capacidade de retenção de água, assertiva que pode ser fundamentada pelas grandes declividades de suas vertentes (entre 20 e 75%), sua constituição litológica e pedológica, pela rápida recarga hidráulica do açude após o período de precipitação e reduzido tempo de concentração. Apresentou também vazão bastante elevada em condições de solo saturado se considerada proporcionalmente a sua área.

Os resultados obtidos oferecem subsídios ao planejamento e à gestão do território na referida bacia, assim como apresenta uma metodologia compatível com áreas de características fisiográficas semelhantes.

4. REFERÊNCIAS

SAMPAIO, Augusto César; **CORDEIRO**, Abner Monteiro; **BASTOS**, Frederico de Holanda. Indicadores morfogenéticos dos processos fluviais no alto curso do rio Mundaú, Ceará, Brasil. **Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE**, v. 4, nº 7, p. 64 – 76, jul./dez. 2015. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

BOTELHO, R. G. M.; SILVA A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, ano da publicação – 2007.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**: Bacia Hidrográfica. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acesso em 13 de Agosto de 2015.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology**. New York. McGraw-Hill, 1988. 570p.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. p. 93-148. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 474p.

MATA-LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUES, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Rev. Esc. Minas**, v. 60, n. 3, p. 525-536, 2007.

MCCEN, R. H. **Hydrologic analysis and design**. Prentice-hall, Inc. New Jersey, 1998, 814p.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. p.115-1138. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 425p.

SARTORI, A. **Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. p. 127-140. In: LIMA, L. C. (org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. 269p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.