

Impacto da mudança do uso e cobertura do solo no comportamento hidrológico de uma sub-bacia

José Ernesto Mattos Alves, Maria Lúcia Calijuri, Aníbal da Fonseca Santiago

Resumo. O conhecimento da influência das mudanças do uso e cobertura do solo no comportamento hidrológico de uma sub-bacia hidrográfica é de grande importância no processo de planejamento do ordenamento territorial. Objetivando entender como esta dinâmica afeta o comportamento de uma sub-bacia de uso agrícola foram realizadas análises das alterações de uso e cobertura do solo e análises hidrológicas de três períodos.

Para proposição de um ordenamento do uso e ocupação do solo, realizou-se zoneamento ecológico-econômico, incluindo simulações para dois cenários de uso e ocupação do solo para predição do comportamento hídrico da sub-bacia, o primeiro com a tendência natural de uso e ocupação do solo e a segunda com o cenário proposto pelo zoneamento.

Houve um aumento da área antropizada para o período estudado da ordem de 860% e a disponibilidade hídrica avaliada pelas vazões mínimas teve uma redução de 70%. As simulações para os dois cenários indicou que a área antropizada ficaria 45% menor considerando-se o zoneamento ecológico-econômico quando comparada à tendência atual de uso e cobertura do solo, ao passo que a disponibilidade hídrica ficará 300% maior.

Palavras-chaves: uso do solo, indicadores hidrológicos, análise das mudanças

Abstract. The acquisition of knowledge about the influence of modifications in soil use and coverage over the hydrologic behavior of hydrographic sub-basins is of remarkable importance for planning territorial ordering. With the purpose of understanding how such dynamics affect the behavior of a sub-basin of agricultural use this study addressed modifications of soil use and coverage and hydrologic analyses corresponding to three distinct periods of time.

Ecological-economic zoning and simulations for two distinct scenarios were carried out, including soil use and occupation, in order to predict the hydric behavior of the sub-basin – the initial with the natural trend for use and occupation of soil, while the second one considered the scenario proposed by the zoning itself. The study indicated that the anthropic area increased by 860% during the period of time studied, while the hydric availability analyzed by the minimal ratios was reduced by 70%. Simulations for both scenarios indicated that the ecological-economic zoning would result in a reduction of 45% for the anthropic area and the hydric availability would increase by 300%, when compared to the current trend of soil use and coverage.

Keywords: soil use, hydrologic indicators, analysis of modifications.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é o principal insumo para o desenvolvimento regional e local, refletindo desta forma como primeiro problema a ser resolvido para atingir a sustentabilidade econômica, social e ambiental. A sustentabilidade econômica pode ser resolvida com sustentabilidade hídrica e mudanças tecnológicas que irá refletir nas questões sociais e ambientais.

O conhecimento da disponibilidade hídrica de uma bacia é de fundamental importância no processo de gestão dos recursos hídricos notadamente na autorização de outorga de uso. No entanto, é necessário na determinação da disponibilidade hídrica, para fins de planejamento regional, o entendimento de como as alterações de uso e ocupação do solo modificam o comportamento hidrológico de uma sub-bacia, evitando problemas futuros relacionados a conflitos pelo uso da água e mesmo minimização dos impactos, decorrentes da retirada de água, nos ecossistemas naturais.

Dentre os fatores reguladores do comportamento hidrológico de uma sub-bacia, a cobertura vegetal tem papel de destaque uma vez que, pode influenciar diretamente os demais. A vegetação reveste o topo do solo protegendo-o dos processos erosivos; é fonte de matéria orgânica que, quando transformada em húmus, garante o teor de água nos horizontes superficiais e uma boa percolação. Esse verdadeiro manto que a cobertura vegetal faz no solo, age positivamente reduzindo o escoamento superficial e a erosão dos solos (Bertoni e Lombardi Neto, 2008).

As alterações de uso do solo como abertura de áreas e práticas agrícolas, influenciam diretamente componentes do ciclo hidrológico, como a infiltração, o escoamento superficial e a taxa de evapotranspiração, que por sua vez modificam o comportamento das vazões de uma sub-bacia hidrográfica.

Outro fator de peso no comportamento hidrológico de uma sub-bacia é a construção de reservatórios que aumentam as perdas de água por evaporação, aumentam a disponibilidade hídrica e diminuem a vazão média de longa duração. Notadamente a retirada de água para usos consultivos, como é o caso da irrigação também determina redução da disponibilidade hídrica.

Espera-se que a substituição dos ecossistemas nativos por culturas agrícolas e pastagens promova mudanças fundamentais no balanço hídrico, determinando mudanças no comportamento das vazões.

Diante desta questão, este estudo investigou o impacto das mudanças de uso e ocupação do solo no comportamento hidrológico de uma sub-bacia. Realizaram-se análises hidrológicas e das alterações de uso e cobertura do solo em três períodos. Para o ajuste do modelo relacionou-se indicadores hidrológicos e de uso e cobertura para realizar-se predições de mudanças hídricas na sub-bacia de estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Bacia do Alto Paraguaçu, uma área de 1800 km² que representa 3% da Bacia do Rio Paraguaçu e abriga a nascente deste. Localizada entre os espigões das Serras do Sincorá e as da Borda Oriental na região da Chapada Diamantina, Bahia (Figura 1), a Bacia do Alto Paraguaçu tem como principal núcleo urbano o distrito de Cascavel, pertencente ao município de Ibicoara. Possui 4,1% da sua área no Parque Nacional da Chapada Diamantina e 43,4% na zona de amortecimento do referido Parque. Possui ainda parte de sua área em três municípios, 7,4% em Barra da Estiva, 31,1% em Ibicoara e 61,4% em Mucugê.

A área de estudo possui declividade baixa com predomínio do relevo suave plano, de origem sedimentar e cobertura pedológica dos Latossolos. A vegetação predominante é a de Cerrado, na fisionomia de Campo Cerrado (Gerais). A pluviosidade média é de 960 mm/ano e o clima é caracterizado por temperaturas amenas com médias anuais de 19°C, sofrendo influência local da Serra do Sincorá, que condiciona os ventos predominantes e a distribuição espacial das chuvas.

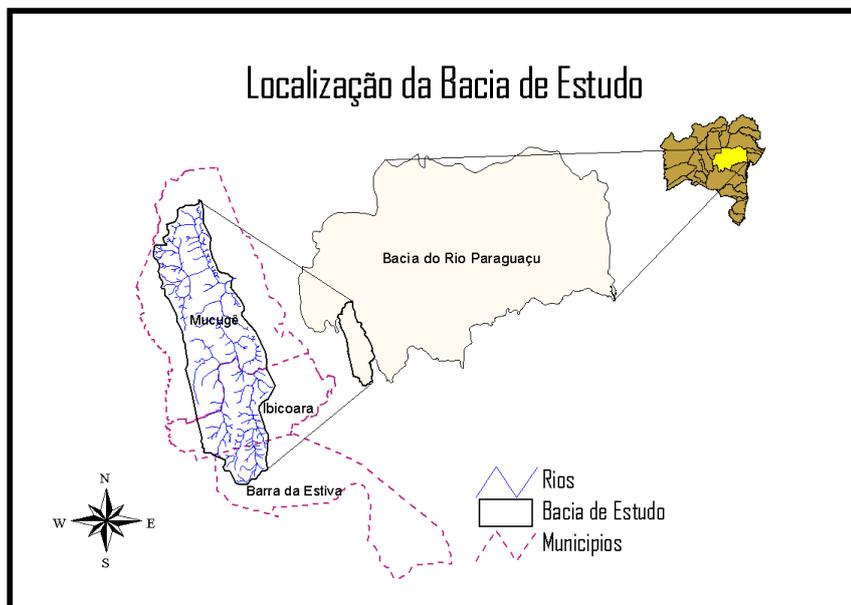


Figura 1. Localização da bacia de estudo.

2.2 Obtenção dos dados

Dados pluviométricos e fluviométricos foram obtidos de agências oficiais do governo brasileiro. Para a região existem uma estação fluviométrica e uma pluviométrica.

Implementou-se a base de dados com planos de informações do meio físico natural, como curvas de nível, solos e hidrografia, em sistema de informação geográfica, para a obtenção de informações como o modelo digital de elevação, que deu suporte à divisão em sub-bacias.

O levantamento do uso e cobertura do solo foi realizado através da classificação de imagens do satélite Landsat-TM adquiridas do acervo do INPE.

2.3 Análise das mudanças de uso e cobertura do solo

Utilizou-se o módulo Land Change Modeler do software Idrisi Andes para realizar as análises das mudanças temporais de uso e ocupação do solo. A análise foi realizada temporalmente, segmentada em três períodos: o primeiro entre 1970 e 1979, o segundo entre 1980 e 1989, e o terceiro entre 1996 e 2005. Foram classificadas duas imagens para cada período estudado.

2.4 Análise hidrológica

Para realizar análise hidrológica utilizou-se o Sistema de Análise Hidrológica, SisCAH 1.0, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos - GPRH (UFV, 2008).

Para cada período determinou-se os seguintes indicadores hidrológicos: Modelo chuva x vazão, Chuva média mensal, Chuva média total anual, vazão média de longa duração, vazão média mínima, vazão média máxima e as vazões mínimas de referência para o estado da Bahia, a Q90 e Q95, estes indicadores são utilizados para determinar a disponibilidade hídrica de uma sub-bacia.

2.5 Modelagem das mudanças de uso e cobertura do solo

Utilizou-se o Modulo Land Change Modeler, implementado no SIG Idrisi Andes para ajustar modelos empregados para a predição de mudanças a partir da análise das alterações referentes a dois períodos. Para simular cenário de uso e cobertura do solo utilizou-se as imagens de 1999 e 2010.

2.6 Zoneamento ecológico-econômico (ZEE)

A Carta de Fragilidade Ambiental, utilizando o sig Idrisi Andes, em uma análise multicritério, através da padronização de fatores do meio físico natural a partir de funções de transformação fuzzy e posterior agregação através de uma média linear ponderada (Calijuri et al. 2006). A carta de fragilidade foi classificada em fragilidade muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

A partir da legislação ambiental atual foram incorporadas as áreas de proteção permanente (APP), as áreas de reserva legal (ARL) e as áreas pertencente à unidade de conservação (Parque Nacional da Chapada Diamantina).

As áreas das classes de baixa e muito baixa fragilidade ambiental foram combinadas com as áreas de restrições da legislação ambiental para determinação das Zonas Ecológico-Econômicas. Tais zonas são indicadoras de um novo modelo de uso e cobertura do solo, para exploração de culturas perenes como fruticultura, café e reflorestamento e temporárias anuais, como as hortaliças.

Com o cenário de uso e ocupação determinado pelo ZEE foi determinada a área antropizada empregada na simulação para verificar a resposta do comportamento hídrico da sub-bacia

2.7 Modelagem das mudanças hídricas da sub-bacia

Para modelar as mudanças hídricas inicialmente foram ajustados modelos exponenciais de regressão entre os indicadores hidrológicos: vazão média, vazão máxima, vazão mínima, Q95 e Q90 versus a área antropizada da sub-bacia de cada período.

A partir dos modelos ajustados estimou-se os indicadores hidrológicos para os diferentes cenários de uso e ocupação do solo, considerando a tendência atual obtida pelo LCM e aquela proposta pelo ZEE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os gráficos de vazão média mensal e chuva média para cada período analisado na Figura 2.

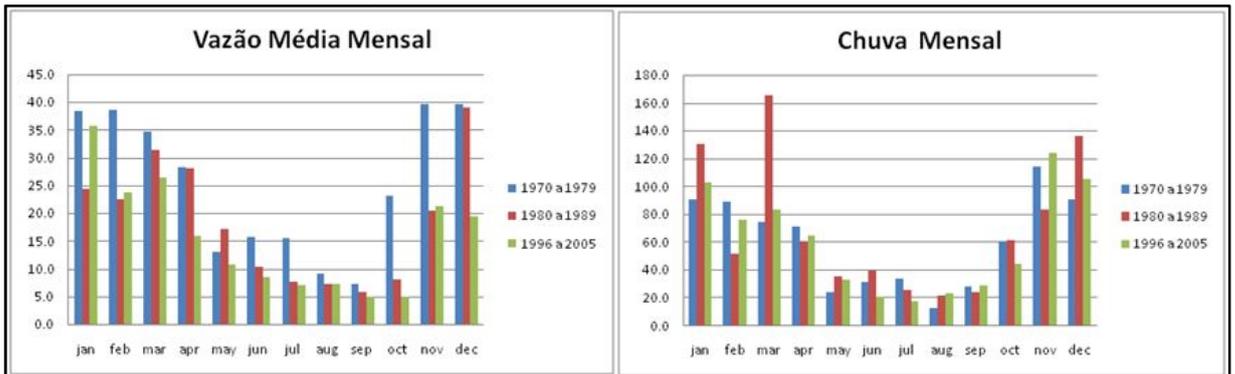


Figura 2. Vazão média mensal (m³/s) e chuva mensal (mm).

A chuva média anual para os respectivos períodos ficaram em 724, 839 e 727 mm, enquanto que a vazão média mensal de longa duração 25,14; 18,50 e 15,49 m³/s.

Para cada período analisado foi gerado o gráfico de chuva x vazão e ajustado uma equação linear e determinado o R², como se segue na Figura 3.

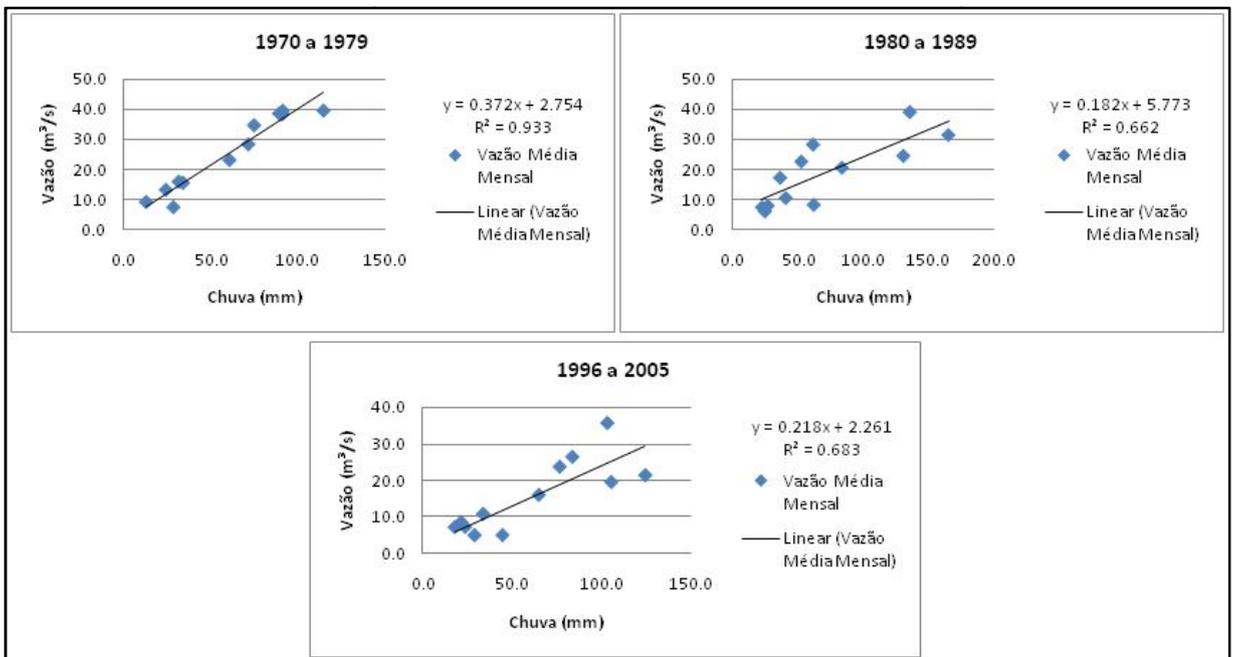


Figura 3. Equações ajustadas de chuva x vazão para os períodos estudados.

Como pode ser observado nas equações ajustadas de chuva x vazão, o primeiro período analisado o R² de 0,933 representa um bom ajuste, enquanto que os períodos subsequentes apresentaram uma diminuição do R² 0,662 e 0,683 para o 1 e 2 período respectivamente. Esta alteração da sub-bacia

provavelmente está associada ao avanço do processo de antropização, notadamente com abertura de áreas para agricultura, plantio de culturas agrícolas, a retirada de água para irrigação e a construção de reservatórios, o que ocasionou uma mudança no balanço hídrico e conseqüentemente na resposta do modelo chuva x vazão.

Os indicadores hidrológicos e de uso e cobertura da sub-bacia de estudo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores hidrológicos e de uso e cobertura da sub-bacia de estudo.

Indicadores	Período			
	1 (70 a 79)	2 (80 a 89)	3 (96 a 05)	Diferença Relativa (%)
Área antropizada média(km ²)	50	250	480	860
Vazão média mínima (m ³ /s)	5,84	4,08	1,85	-68,39
Vazão média (m ³ /s)	25,14	18,50	15,49	-38,38
Vazão média máxima (m ³ /s)	63,08	48,71	41,61	-34,04
Q95 (m ³ /s)	3,26	1,94	0,88	-73,01
Q90 (m ³ /s)	3,94	2,53	1,12	-71,57
Chuva média total anual(mm)	724	839	727	0,4144

A área antropizada da sub-bacia, no período estudado, teve um aumento de 860% em 30 anos o que provocou mudanças significativas no comportamento hidrológico.

A disponibilidade hídrica que é avaliada pelas vazões mínimas teve uma significativa redução, na ordem de 70%, esta mudança no comportamento hídrico da sub-bacia está associada às alterações no balanço hídrico, alguns fatores colaboram com esta alteração.

A construção de reservatórios para regularização das vazões para fins de irrigação aumenta a evaporação da sub-bacia, pois o espelho d'água formado aumenta a taxa de evaporação o que contribui com a diminuição das vazões ao longo do tempo. Entretanto, possibilita a ampliação das possibilidades de exploração econômica da área, notadamente através da atividade agrícola.

A ampliação do uso da água pela irrigação teve papel significativo na redução das vazões, haja vista o aumento expressivo na área irrigada, cuja estimativa anual seja de aproximadamente 16000 hectares.

A substituição da vegetação natural de campo cerrado principalmente pelas gramíneas em rotação de culturas no sistema de produção das hortaliças acarreta um aumento da evapotranspiração da sub-bacia já que as gramíneas exóticas consomem cerca de 30% a mais de água do que a vegetação de cerrado, como foi observado por Silva et al. 2002, conseqüentemente contribui com a diminuição das vazões.

Foram ajustadas equações exponenciais entre os indicadores hidrológicos vazão média, vazão média máxima, vazão média mínima, Q90 e Q95 e as áreas antropizadas média de cada período estudado, as equações ajustadas apresentadas na Figura 4 e Figura 5.

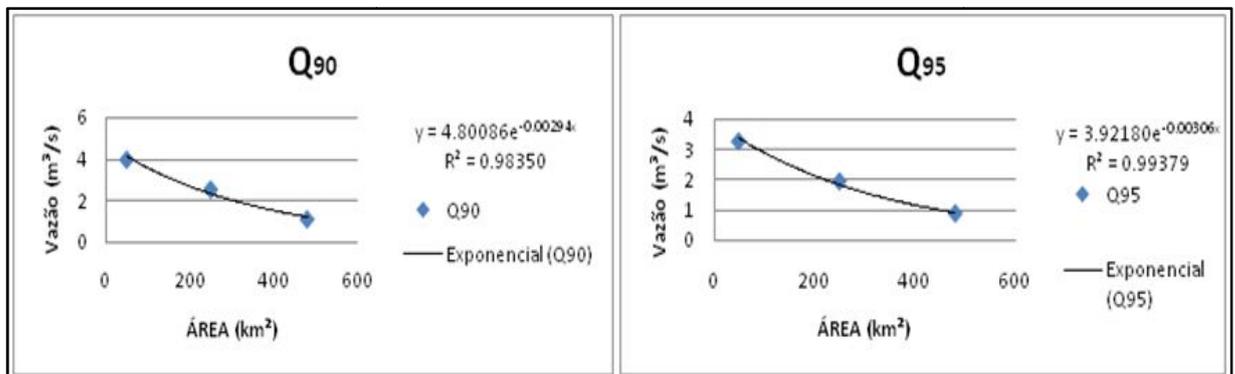


Figura 4. Equações exponenciais de Q90 e Q95.

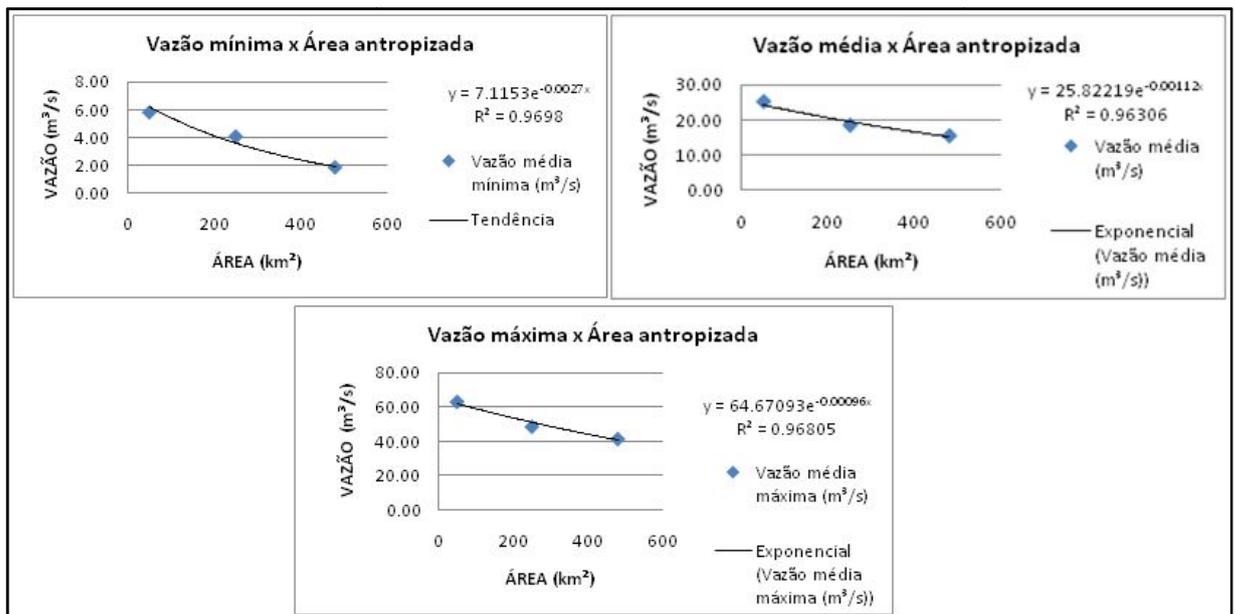


Figura 5. Equações exponenciais da vazão mínima x área antropizada, vazão media x área antropizada e da vazão máxima x área antropizada.

Foram realizadas a predições para determinação da área antropizada média da sub-bacia para o período de 2010 a 2019, a primeira pela tendência atual e a segunda pelo zoneamento ecológico-econômico.

Após sua determinação realizou-se a predição do comportamento hidrológico através das equações exponenciais ajustadas anteriormente, os resultados seguem apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores hidrológicos e de uso e cobertura da sub-bacia de estudo simulados.

Indicadores	Cenários para 2010 a 2019		
	Tendência Atual	ZEE	Diferença Relativa (%)
Área antropizada média(km ²)	1100	600	-45,5
Vazão média mínima (m ³ /s)	0,37	1,41	285,7
Vazão média (m ³ /s)	7,53	13,19	75,1
Vazão média máxima (m ³ /s)	22,50	36,35	61,6
Q95 (m ³ /s)	0,14	0,63	361,8
Q90 (m ³ /s)	0,19	0,82	334,9

O zoneamento ecológico-econômico aponta para uma área antropizada 45% menor do que o estimado pelo Land Change Modeler baseado na tendência atual de uso e cobertura do solo. Esta diminuição não representa necessariamente em menos área plantada anualmente e nem mesmo em menor receita para a sub-bacia. Isto porque no modelo atual de produção há uma subutilização das áreas abertas, que ficam em pousio com gramíneas, já que os produtores priorizam as áreas novas para o plantio de hortaliças em detrimento da adequação do manejo do solo, visando à diminuição dos riscos associados às pragas e doenças de solo.

No entanto, a disponibilidade hídrica da sub-bacia, avaliada pelas vazões mínimas ficará cerca de 300% maior no cenário apontado pelo zoneamento ecológico-econômico comparado com a tendência atual de uso e cobertura do solo para o período compreendido entre 2010 a 2019.

A vazão teórica máxima regularizada, que representa a vazão média de longa duração, ficará 75% maior no cenário apontado pelo ZEE comparado à tendência atual de uso e cobertura do solo.

4 CONCLUSÕES

O uso e ocupação do solo durante o período analisado esteve condicionado, na década de 80, à abertura de áreas para plantio de grão de sequeiro. No início da década de 90, a diminuição das áreas antropizadas foi causada pelo abandono da atividade anterior. A partir de meados da década de 90 o aumento expressivo da área antropizada aconteceu a partir da construção da barragem do Apertado, para desenvolvimento da agricultura irrigada, notadamente para o plantio de hortaliças.

Conclui-se pelo estudo realizado que as alterações ocorridas no uso e cobertura do solo, para o desenvolvimento da agricultura atual, ocasionaram modificações significativas no comportamento hidrológico na Sub-Bacia do Alto Paraguaçu.

O modelo de chuva x vazão melhor se ajustou para o primeiro período estudado, com R^2 de 0,93 enquanto os períodos subsequentes apresentaram uma diminuição do ajuste da equação, com R^2 abaixo de 0,7, isto reflete a influência da antropização na resposta do modelo chuva x vazão.

A área antropizada da sub-bacia cresceu para o período estudado 860% e a disponibilidade hídrica avaliada pelas vazões mínimas diminuiu cerca de 70%, refletindo mudanças no balanço hídrico da sub-bacia pela abertura de áreas, plantio de culturas agrícolas, rotação com gramíneas, retirada de água para irrigação e construção de reservatórios; entender quanto cada fator contribui com a mudança do comportamento hidrológico é de fundamental importância no processo de planejamento do ordenamento territorial.

O zoneamento ecológico-econômico realizado apontou uma área antropizada 45% menor comparado à tendência atual de uso e ocupação da sub-bacia para o período de 2010 a 2019.

Esta diminuição de área antropizada não representa necessariamente uma redução da área plantada anualmente e nem mesmo na diminuição das receitas, isto porque no modelo atual há uma prioridade na abertura de novas áreas em detrimento da adequação do manejo do solo visando à diminuição dos riscos associados às doenças de solo, levando a sub-bacia apresentar um baixa de utilização e alto a ocupação das terras.

No cenário apontado pelo ZEE comparado à tendência atual de uso e cobertura do solo a sub-bacia apresentará uma disponibilidade hídrica cerca de 300% maior.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro concedido para a realização desse trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. Ed. São Paulo, Icone, 2008, 355p;

CALIJURI, M. L., et all. Proposta metodológica para geração da carta de fragilidade ambiental, utilizando lógica fuzzy e combinação linear ponderada. **In:** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3311-3318;

UFV. Universidade Federal de Viçosa. *Programas desenvolvidos pelo grupo de pesquisa em recursos hídricos da UFRV*. Viçosa: UFRV, DEA 2008. Disponível em: www.ufv.br/dea/gprh. Acesso em: 16 jan. 2010.