

INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO MURICIZAL*

Camila Reis Gomes¹; Livia Jacobini²; Demetrius David da Silva³; José Marinaldo Gleriani⁴ & Felipe de Azevedo Marques⁵

RESUMO --- Um dos grandes problemas atuais é a escassez, tanto quantitativa como qualitativa, de recursos hídricos. A disponibilidade e qualidade da água de um manancial encontram-se sempre na dependência direta das ações que se realizam no solo da bacia hidrográfica. Neste contexto, tendo em vista o crescente desmatamento existente na bacia hidrográfica do rio Muricizal, afluente do rio Araguaia, que drena uma área de 1.576,42 km², o presente trabalho teve como objetivos: realizar o monitoramento do uso do solo no período de 1985 a 2005 e associar o comportamento hidrológico das vazões máximas, mínimas e médias e da precipitação total anual (Pa), com as variações ocorridas no uso e ocupação do solo (matas e pastagens). Os dados foram analisados quantitativamente e qualitativamente, avaliando-se, através de linhas de tendências, o comportamento da vazão, do uso e ocupação do solo, da precipitação e a associação entre estas variáveis. Os resultados demonstraram que a área de mata diminuiu significativamente no período avaliado em virtude do aumento das áreas de pastagem, com uma significância média de 0,0001%. Com a diminuição da área de mata houve um aumento das vazões máxima e média e uma diminuição das vazões mínimas.

ABSTRACT --- Actually, one of the big problems is the quantitative and qualitative shortage of water resources. The availability and quality of water from a draw-well are always in direct dependence of the actions in the watershed's soil. In this context, in view of the growing deforestation in drainage-basin of the Muricizal's basin, a tributary of the Araguaia River, which drains an area of 1576.42 km², this study aims to achieve the land use from 1985 to 2005 and associate the hydrologic behavior of maximum, minimum and mean flow and the precipitation total annual (Pa), with the changes in the use and occupation of soil (forests and pastures). The data were analyzed quantitatively and qualitatively by lines of trends, the behavior of the discharge, use and occupation of the soil, the rainfall and the association between these variables. The results showed that the area of forest decreased significantly in the analyzed period because of the increase of pasture's areas, with an average significant of 0.0001%. The decrease of forest area caused an increase in maximum and average flow and a decrease in minimum flow.

Palavras-chave: regime de vazões, sensor Landsat, classificação de imagens.

* Trabalho financiado com recursos da Fapemig e do CNPq

1) Engenheira Ambiental, DEA/UFV/Viçosa - Brasil. E-mail camila_reis@ymail.com

2) Engenheira Ambiental, DEA/UFV/Viçosa - Brasil. E-mail livia_jacobini@yahoo.com.br

3) Professor Associado II, DEA/UFV/Bolsista PQ - 1ª CNPq/Viçosa - Brasil. E-mail demetrius@funarbe.org.br

4) Professor Adjunto, DEF/UFV/Viçosa - Brasil. E-mail gloriani@gmail.com

5) Estudante de Doutorado, DEA/UFV/Viçosa - Brasil. E-mail engmarx-gprh@ufv.br

1. INTRODUÇÃO

Discutir e propor soluções para os problemas relativos às bacias hidrográficas, visando a sustentabilidade do uso da água, nos meios urbano e rural, e suas relações com o desenvolvimento sustentável são objetivos que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos deverão assegurar às futuras gerações.

Modificações no regime de vazões de uma bacia hidrográfica podem ser decorrentes de mudanças do tipo de uso do solo, da variabilidade climática, de construção de barragens ou de aumento da irrigação, dentre outros fatores. A troca de uma cobertura por outra altera o comportamento hidrológico na bacia hidrográfica, tendendo a alterar o comportamento das vazões [Costa *et al.* (2003)]. Pode-se relatar alterações na interceptação da chuva pela cobertura vegetal, através da retirada da cobertura natural, causando uma maior exposição do solo a estes eventos, trazendo maior probabilidade de encrostamento superficial e conseqüente diminuição da taxa de infiltração e aumento do escoamento superficial [Latuf (2007)].

Um grande complicador nos estudos relacionados às modificações do uso do solo em bacias hidrográficas é que a maioria dos modelos hidrológicos não possuem condições de simular modificações no uso do solo [Tucci (1998)]. Esta dificuldade está relacionada justamente ao fato de alguns parâmetros hidrológicos não serem estacionários, ou seja, a variabilidade temporal e espacial de seu comportamento é justificada, entre outros, pelas diferentes formas de uso do solo, que certamente acarretarão alterações na superfície, tendo impactos sobre comportamento hidrológico. Deste modo, o conhecimento do comportamento espacial e temporal destes parâmetros é de suma importância para subsidiar a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos, uma vez que permite quantificar a disponibilidade dos recursos hídricos no tempo e no espaço, ou seja, identificar áreas em que este recurso se encontra ou pode vir a se tornar escasso.

Neste trabalho é apresentado o estudo de caso da influência das mudanças de uso e ocupação do solo no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Muricizal, que é afluente do rio Araguaia, drenando uma área de aproximadamente 1.576,42 km², e está localizada no norte do Estado do Tocantins. A ocupação antrópica desta bacia vem se intensificando desde a década de 1970 com a expansão da pecuária, provocando o desmatamento da floresta ombrófila. É imprescindível realizar um plano de desenvolvimento da bacia que contemple as diferentes alternativas que a região oferece, tratando de conciliar o uso dos recursos naturais com suas aptidões e dentro de limites ambientalmente sustentáveis [FGV; MMA; ANEEL (1998)]. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar o uso e a ocupação do solo na bacia do rio Muricizal no período de 1985 a 2005 e associar o comportamento hidrológico das vazões máximas, mínimas e médias observado na bacia com as variações ocorridas no uso e ocupação do solo.

2. BACIA DO RIO MURICIZAL

A bacia do rio Muricizal, com área de 1.576,42 km², abrange os municípios de Araguaína, Muricilândia, Nova Olinda e Santa Fé do Araguaia, localizada ao norte do Estado do Tocantins (Figuras 1 e 2), e está inserida na sub-bacia do rio Araguaia, que pertence à bacia do Rio Tocantins.

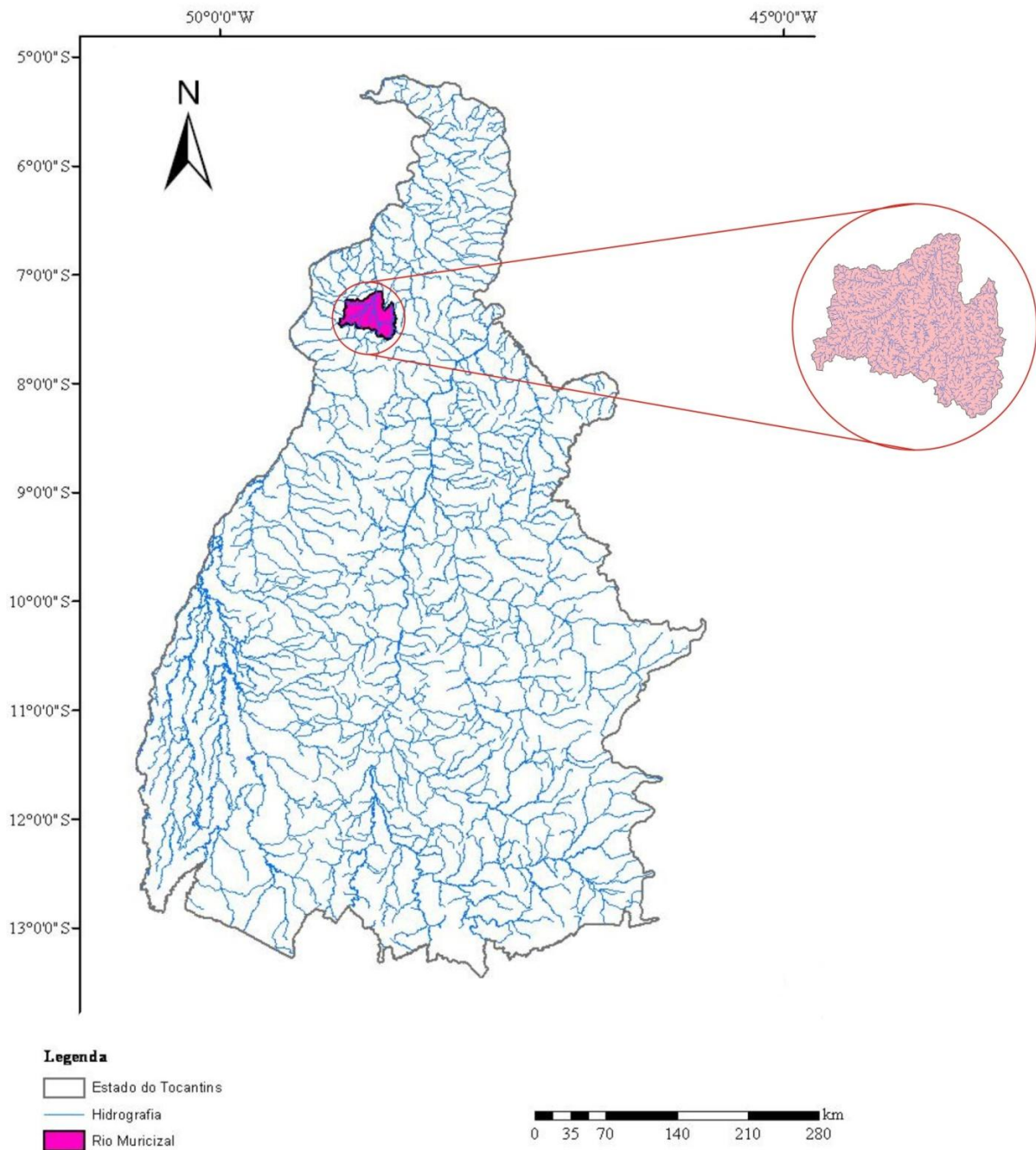


Figura 1. Localização da bacia do rio Muricizal na bacia do rio Tocantins.

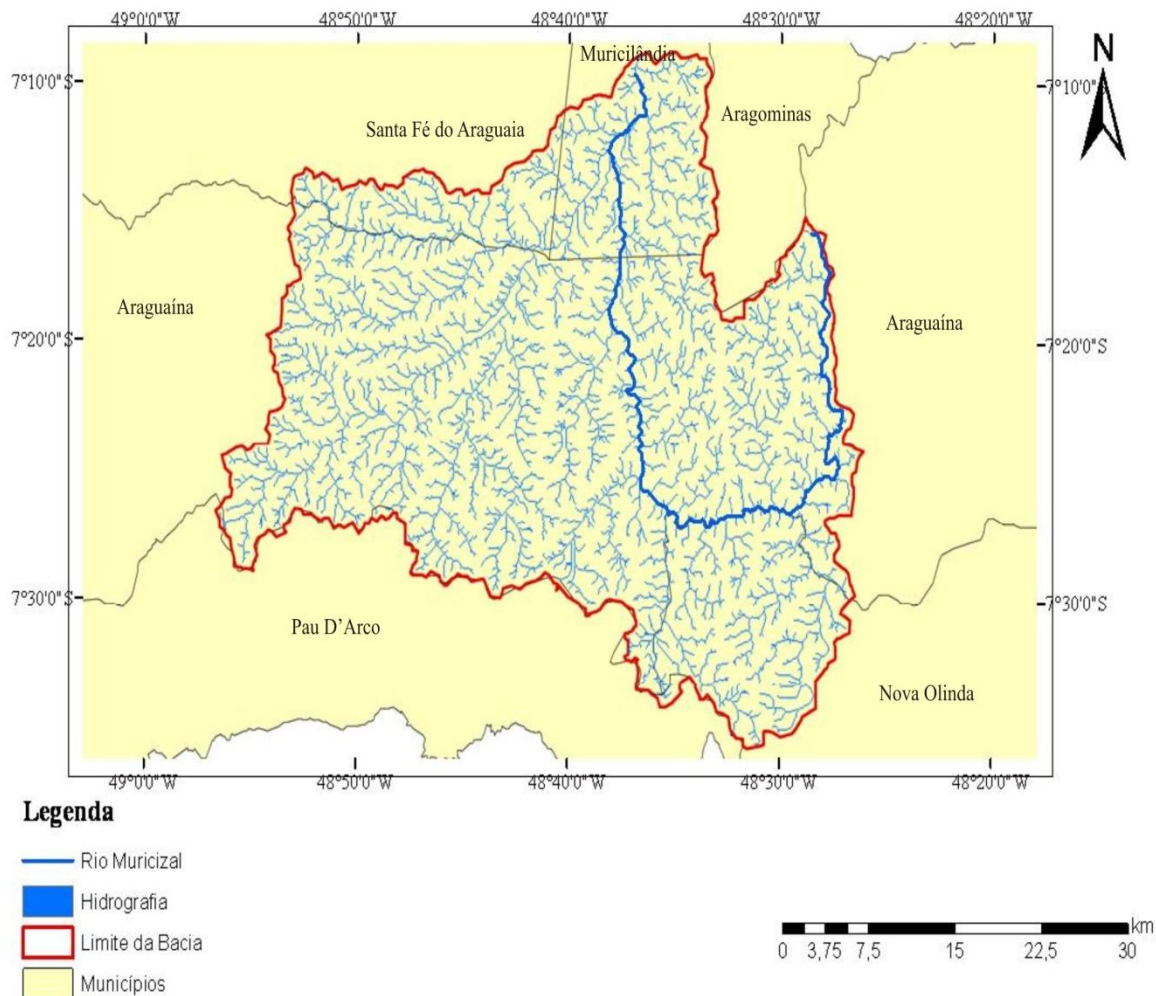


Figura 2. Municípios pertencentes à bacia do rio Muricizal.

Historicamente, a ocupação antrópica no norte do estado do Tocantins se intensificou na década de 1970, quando a exploração madeireira se desenvolveu associada à expansão da pecuária. Observa-se, via de regra, a desordenada exploração dos recursos vegetais para dar espaço às atividades agropecuárias, estabelecimento de aglomerados populacionais e demais formas de ocupação da terra. Ao longo dos anos, o Norte do Tocantins vem sendo submetido a um processo de ocupação, o qual não difere do restante da Amazônia Legal, e que tem gerado degradação ambiental relacionada a desmatamentos e exploração madeireira sem a adoção de técnicas adequadas e cumprimento da Legislação Ambiental. Este processo reduziu os estoques naturais de madeira e boa parte da diversidade das formações savânicas e florestais. A forma desordenada de manejo e gestão destes recursos constitui um traço representativo da cultura regional, o que é insustentável a médio e longo prazos.

3. MONITORAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O levantamento do uso do solo de uma determinada região é de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Desse modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso do solo, para que suas tendências possam ser quantificadas, espacializadas e analisadas [Rosa (1990)]. Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui uma técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra. As técnicas de sensoriamento remoto e de cartografia digital a cada dia vêm sendo mais utilizadas por diversos setores da sociedade, podendo-se citar: institutos de pesquisas, universidades, empresas públicas e privadas, dentre outras.

O período de monitoramento do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Muricizal foi de 1985 a 2005, sendo que a escolha do ano de 2005 deveu-se ao fato de que o mesmo representa o último ano em que a estação fluviométrica na bacia do rio Muricizal possui dados consistidos de vazão, segundo a base de dados da ANA [ANA (2008)]. Já o principal fator para a escolha do ano de 1985 decorre das características do tipo de sensor, já que a partir de 1984, o sensor Landsat 5 TM com a resolução espacial de 30 m entrou em operação e continua até hoje, porém nesta data não foi encontrada uma imagem com qualidade suficiente para a realização do estudo, assim foi adotado o ano de 1985.

Foram utilizadas 11 imagens da órbita/ponto 223/65 do sensor Landsat 5 TM, abrangendo os anos de 1985 a 2005, sendo as mesmas intercaladas bianualmente. A associação de bandas espectrais escolhida foi das bandas 3, 4 e 5 na composição RGB dos canais espectrais, pois segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), esta associação mostra mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa, indicado para mapeamento de usos da terra. As imagens foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) <http://www.dgi.inpe.br>.

Desta forma, o monitoramento do uso do solo na bacia do rio Muricizal contou com onze anos (1985, 1987, 1989, 1991, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003 e 2005). Procurou-se obter, ao longo do período selecionado, imagens para a mesma época do ano, preferencialmente no período mais seco, para que o estudo fosse realizado nas mesmas condições ambientais nos diferentes anos.

A listagem das imagens selecionadas para a elaboração dos mapas de uso do solo, contendo informações sobre ano, órbita/ponto e data da passagem do sensor é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Listagem das imagens do sensor Landsat TM utilizadas

Ano	Órbita/ponto	Data de passagem
1985	223/65	28/06/1985
1987	223/65	20/07/1987
1989	223/65	23/06/1989
1991	223/65	31/07/1991
1993	223/65	05/08/1993
1995	223/65	24/06/1995
1997	223/65	16/08/1997
1999	223/65	19/06/1999
2001	223/65	26/07/2001
2003	223/65	30/06/2003
2005	223/65	06/08/2005

3.1. Processamento digital das imagens

Estas imagens passaram por procedimentos de processamento digital utilizando o Sistema de Informação Geográfica SPRING 4.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo INPE, que compreende: registro de imagens, segmentação, definição de amostras e, finalmente, classificação digital, conforme os passos apresentados na Figura 3.

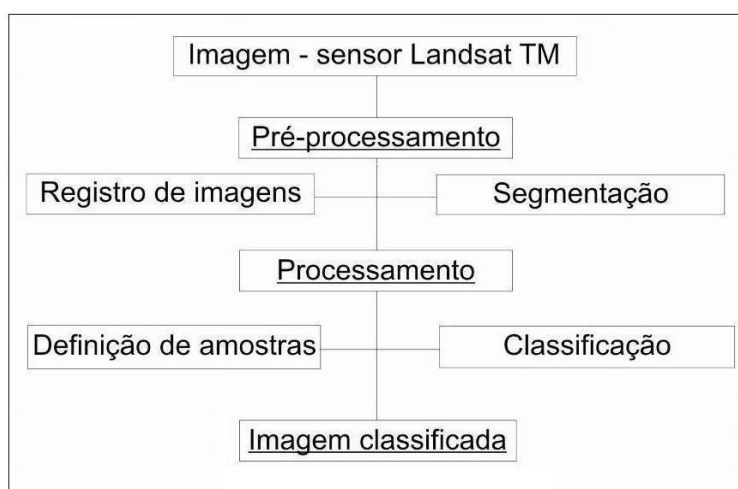


Figura 3. Organograma de processamento das imagens.

Na fase de pré-processamento o registro das imagens associa pontos de uma base cartográfica previamente mapeada (neste caso preferiu-se adotar a base de dados do Global Land Cover Facility, ou seja, o elipsóide WGS-84 e a projeção UTM), a locais de coincidência em localização na imagem, ou seja, a locais que fossem facilmente identificáveis na imagem, e a segmentação agrupa regiões de iguais características, principalmente espectrais e texturais.

Para este trabalho utilizou-se o segmentador instalado no Sistema de Informação Geográfica SPRING 4.3, onde foram testados diversos limiares e tamanhos de regiões, chegando a um desempenho satisfatório, tanto computacionalmente, quanto para a qualidade da classificação, com o limiar de 10 e tamanho de polígonos de 100 pixels.

Durante a fase de processamento, na definição de amostras são selecionadas diversas regiões sobre a imagem segmentada de acordo com as classes temáticas de uso do solo definidas para este estudo, que são: mata e pastagem. Na classificação automática adotou-se o classificador Bhattacharya do software em uso, onde foi adotado um limiar de 99,9%. Esta etapa é altamente dependente dos resultados de todas as outras etapas, ou seja, para uma boa classificação da imagem digital é necessário o cumprimento satisfatório das etapas anteriores.

Na Figura 4 e 5 estão representadas imagens segmentadas e classificadas respectivamente.



Figura 4. Imagem segmentada.

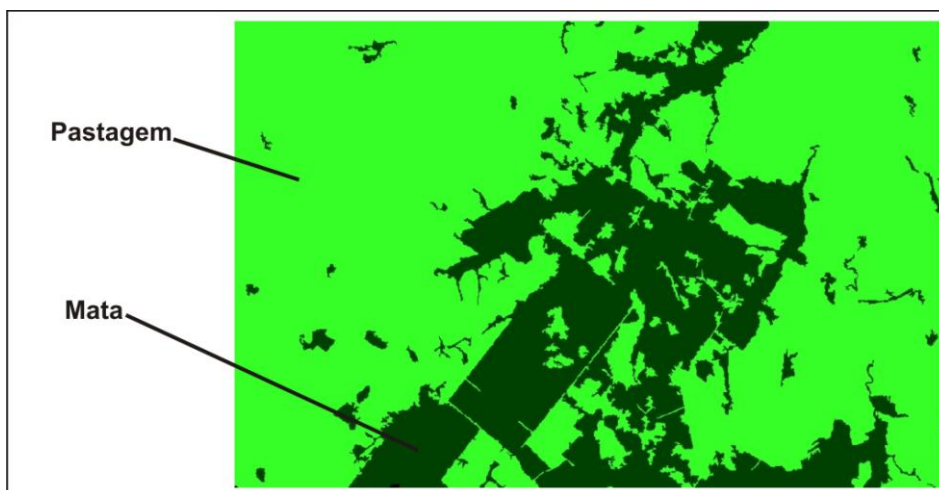


Figura 5. Imagens classificadas por regiões.

Após as classificações das imagens para extração das classes de uso do solo, foi então realizado o monitoramento do uso do solo para a bacia de drenagem da estação fluviométrica utilizando-se o software SPRING 4.3, ferramenta medida de classes, onde foram obtidas as áreas de cobertura de cada classe do uso solo.

3.2. Mudanças ocorridas no uso do solo

De uma maneira geral, o uso do solo na área de drenagem da estação fluviométrica localizada na bacia do rio Muricizal teve o comportamento conforme é visualizado no Quadro 2, em que são apresentados os valores, em km², das mudanças ocorridas no uso do solo e as diferenças percentuais para as áreas ocupadas pelos dois tipos de uso na área de drenagem da estação fluviométrica, no período de 1985 e 2005. Ressalta-se, no Quadro 2, a presença das cores azuis e vermelhas, sendo que a cor azul está associada à tendência de crescimento da variável de uso do solo ao longo do período analisado e a cor vermelha associada com tendências de redução das mesmas.

Quadro 2. Valores de áreas e diferenças (km²), variação percentual, significâncias e tendências observadas para o comportamento do uso do solo na área de drenagem da estação fluviométrica no período de 1985 e 2005

	Mata	Pastagem
1985	729,22	849,53
2005	292,07	1286,68
Diferença	-437,16	+437,16
Δ (%)	-60,0	+51,5
Significância	0,0001↓	0,0001↑

↑: Crescimento; ↓: Diminuição

A substituição da classe de uso do solo mata obteve um comportamento de redução para a área de drenagem da estação fluviométrica monitorada por este estudo, no período de 1985 a 2005, com uma significância de 0,0001%, ou seja, a mata sofreu uma drástica substituição por pastagem, evidenciado pela alta significância.

O aumento da área de cobertura da classe de uso do solo pastagem foi de 51,5%, contabilizando um crescimento de 437,16 km² para o período de 1985 a 2005. Esta informação retrata como a expansão da pecuária vem alterando significativamente a paisagem da região. As mudanças ocorridas bianualmente no uso do solo nesta bacia são visualizadas por meio das Figuras 6 e 7.

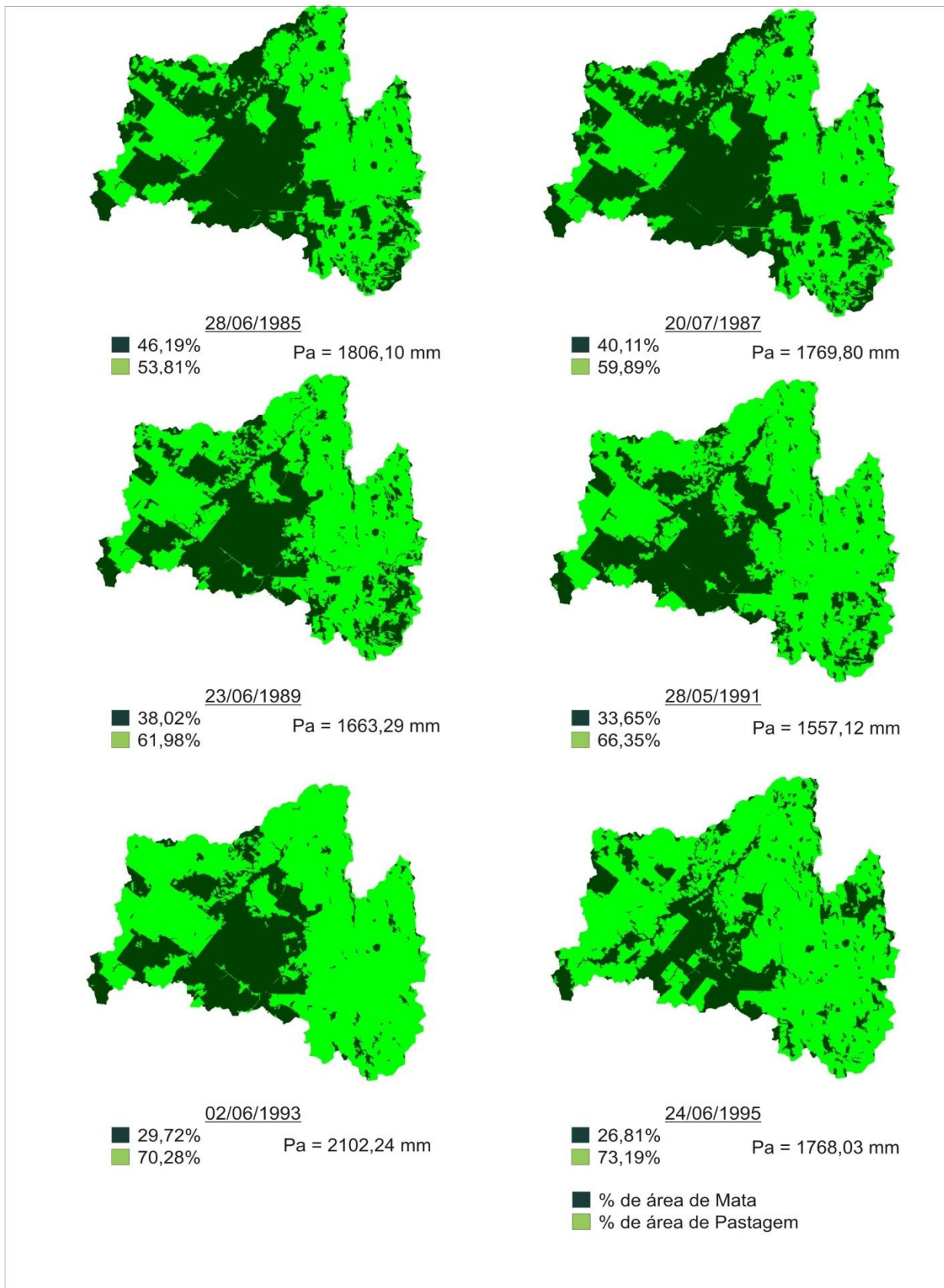


Figura 6. Mapas de classificação do solo realizados bianualmente.

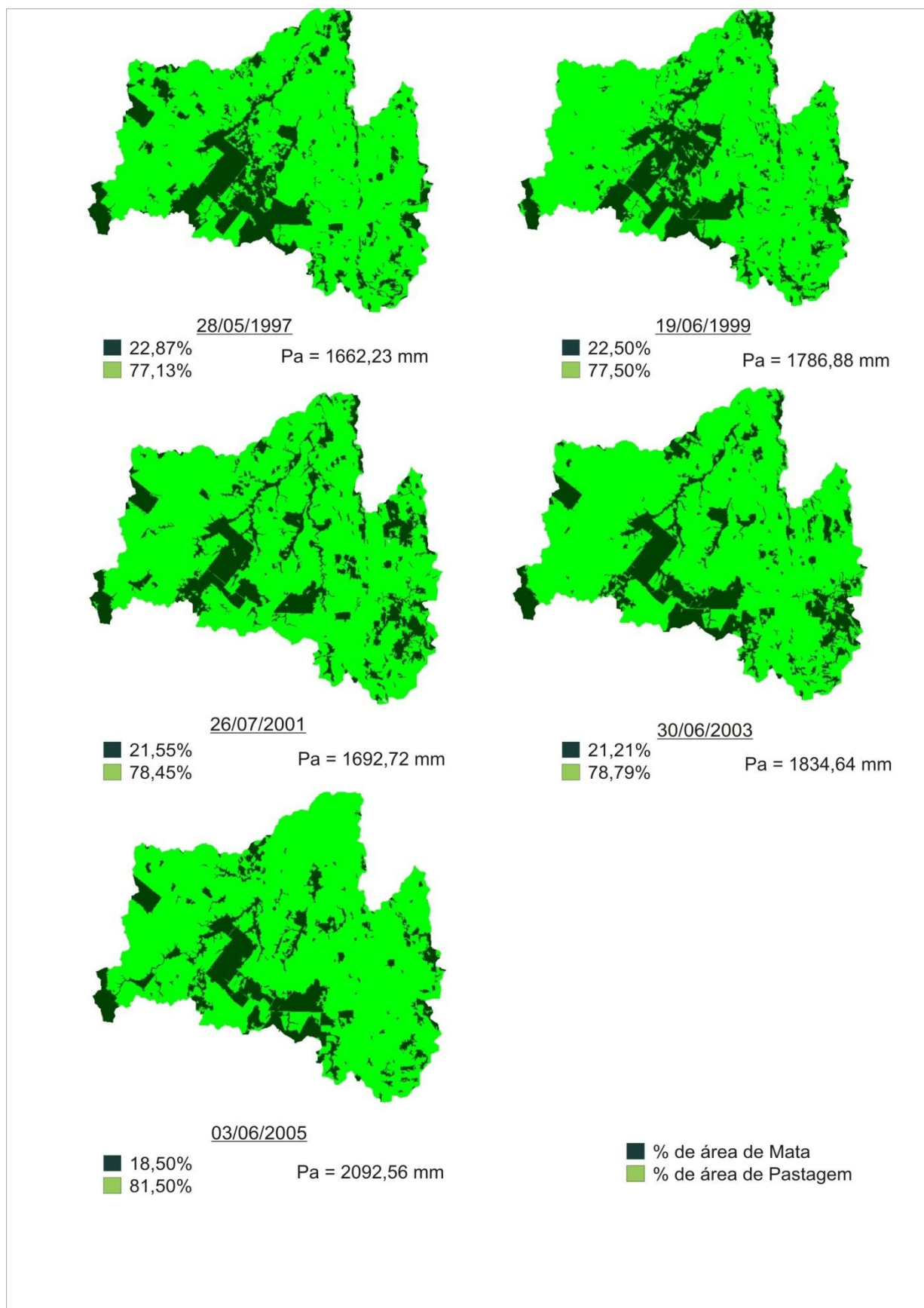


Figura 7. Continuação dos mapas de classificação do solo realizados bianualmente.

4. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Foram analisados os dados de uma estação fluviométrica e de 4 estações pluviométricas, obtidos no site HidroWeb da Agência Nacional de Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br>). O dados da estação fluviométrica e estações pluviométricas utilizadas e suas localizações na bacia encontram-se no Quadro 3 e Figura 8, respectivamente.

Quadro 3. Estações Fluviométrica e Pluviométricas utilizadas no projeto

Código	Estação	Tipo de estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
28150000	Muricilândia	Fluviométrica	-7,15444	-48,46972	-
00748002	Faz. Primavera	Pluviométrica	-7,55944	-48,42083	200
00748003	Muricilândia	Pluviométrica	-7,15444	-48,46972	-
00749000	Arapoema	Pluviométrica	-7,32167	-48,46972	215
00749001	Boa Vista do Araguaia	Pluviométrica	-7,32306	-49,22417	100

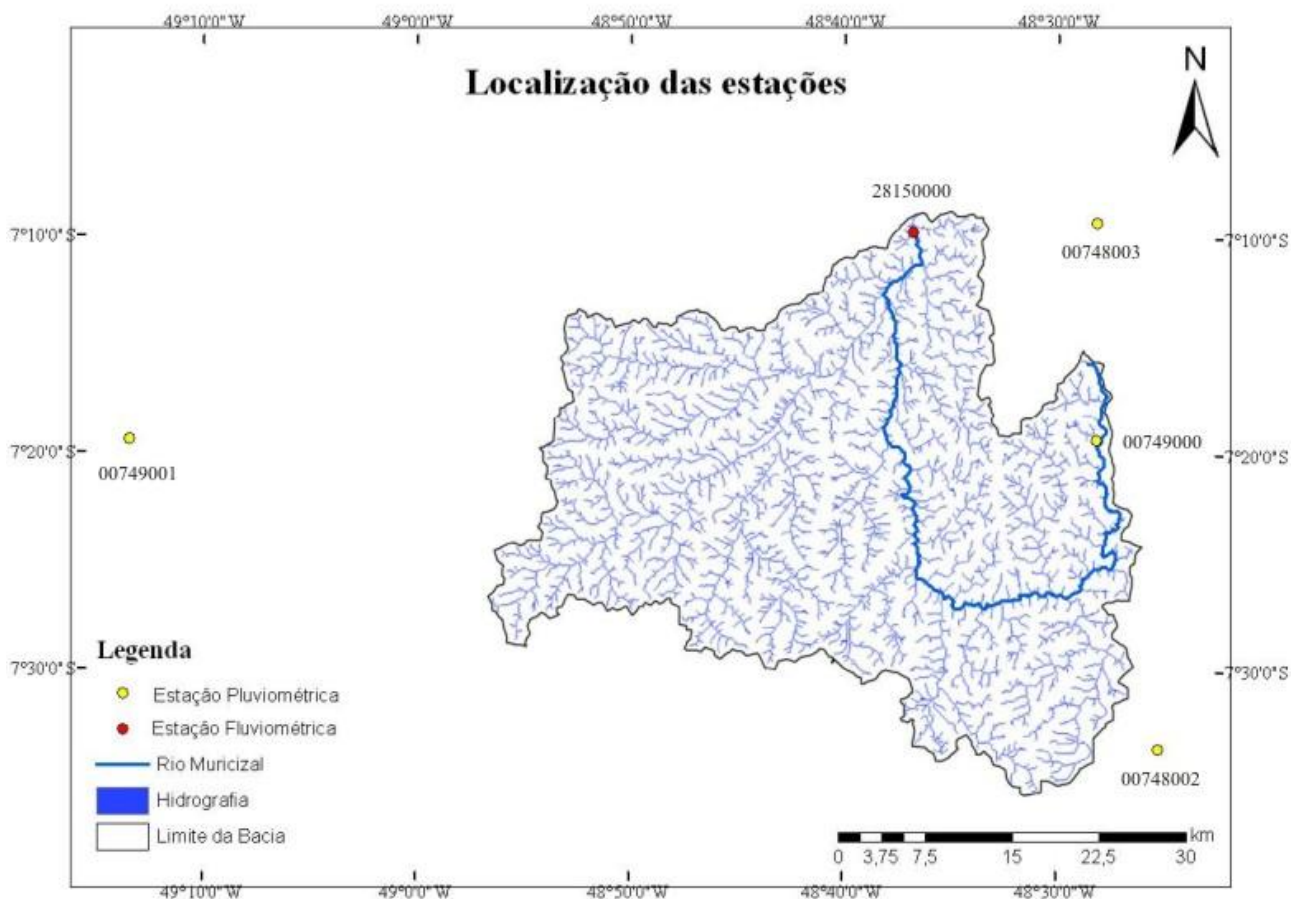


Figura 8. Localização da estação fluviométrica e das estações pluviométricas.

Com os dados hidrológicos, foram feitos testes de estacionariedade que verifica a identidade da média e da variância de dois sub-períodos distintos de uma série hidrológica através dos testes Student e Fisher, sendo que a série deve se ajustar à distribuição normal para aplicação dos testes [Tucci (2003)]. Esta análise tem como objetivo avaliar mudanças no comportamento do regime hidrológico registrado na série, que podem ser ocasionadas por diversos fatores, tais como a construção de reservatórios a montante da estação fluviométrica, retirada de água para utilização em atividades agrícolas através da irrigação e até mesmo mudanças no regime climático do local ao longo do tempo.

Para isto, foi utilizado o software PSF (Projeto São Francisco), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Organização dos Estados Americanos (OEA). Este software realiza testes de estacionariedade com base em dados estatísticos de homogeneidade de variâncias e desvio padrão, tanto para toda a série, quanto para partes da série. Os testes nas séries de vazões e precipitações apresentaram resultados de comportamento de séries estacionárias ao nível de 1% de probabilidade, ou seja, as séries não apresentaram alterações significativas de seu comportamento ao longo do tempo entre 1985 a 2005.

Sendo assim, obteve-se para a estação fluviométrica estudada, a vazão média (Q_{med}), a vazão máxima anual (Q_{max}), a vazão mínima de sete dias de duração (Q_7) e as vazões associadas às permanências de 90% e 95% do tempo (Q_{90} e Q_{95} , respectivamente), a cada dois anos da série histórica de 1985 a 2005.

Na análise da precipitação utilizou-se a precipitação total anual (P_a), no período de 1985 a 2005, para a área de drenagem da estação fluviométrica utilizada neste estudo. Para o cálculo das precipitações médias na área de drenagem da estação fluviométrica optou-se por utilizar o método proposto por Marques (2006), que utiliza o interpolador Inverse Distance Weighted (IDW) do módulo Spatial Analyst do ArcMap9.3® a fim de espacializar os totais pluviométricos de interesse, em toda a bacia do rio Muricizal. Posteriormente, operações automáticas na calculadora matricial produziram mapas temáticos com informações de precipitação média na área de drenagem de cada célula (90x90 m) da rede hidrográfica.

No Quadro 4 observam-se as significâncias, tendências e diferenças percentuais referentes às vazões e precipitações, juntamente com as médias dessas variáveis hidrológicas ao longo do período de 1985 a 2005, para a estação fluviométrica utilizada no estudo.

Quadro 4. Significância, tendências e diferenças percentuais observadas para vazões e precipitações na estação fluviométrica utilizada no período entre 1985 a 2005

	$Q_{\text{máx}}$	Q_{med}	Q_7	Q_{90}	Q_{95}	Pa
1985	90,0	26,3	7,6	12,8	11,5	1806,1
2005	154,0	34,3	5,1	8,6	7,7	2092,6
\bar{Q}	125,8	33,2	5,5	7,8	6,4	1815,2
Diferença	+64,0	+8,0	-2,5	-4,2	-3,8	+286,5
Δ (%)	+71,0	+30,4	-32,9	-33,0	-33,2	+15,9
Significância	1,3 ↑	36,1 ↑	26,2 ↓	27,3 ↓	43,3 ↓	33,8 ↑

↑: Crescimento; ↓: Diminuição

Verifica-se que a tendência obtida pela vazão máxima ($Q_{\text{máx}}$), na estação fluviométrica monitorada neste estudo, retrata um acréscimo de 71,0% ao longo do período em estudo, com elevada taxa de significância de 1,3%, conforme é visualizado no Quadro 4.

A vazão média obteve tendência de aumento ao longo do período analisado para a estação fluviométrica em estudo. Este resultado pode ser associado ao comportamento da tendência da variável hidrológica precipitação total anual (Pa), que também apresentou tendência de aumento para o mesmo período. Foi identificada a significância de 36,1% e acréscimo de 30,4% para a vazão média e significância de 33,8% e acréscimo de 15,9% para a precipitação anual, ou seja, o impacto de acréscimo da precipitação total anual (Pa), juntamente com aqueles advindos do uso do solo, aumentou a vazão média na estação, demonstrando resultados com elevada expressividade ao longo do período de 1985 a 2005.

As vazões mínimas (Q_7 , Q_{90} e Q_{95}) obtiveram tendências de redução para o período analisado para a área de drenagem da estação fluviométrica com significância de 26,2%, 27,3% e 43,3% para Q_7 , Q_{90} e Q_{95} , respectivamente. Estas reduções foram de 32,9% para Q_7 , de 33,0% para Q_{90} e de 33,2% para Q_{95} . Com base na análise das diferenças percentuais verifica-se que, de maneira geral, as vazões mínimas (Q_7 , Q_{90} e Q_{95}) obtiveram reduções aproximadas, o que mostra que estas vazões apresentaram um comportamento semelhante com relação à modificação do uso e ocupação do solo.

Neste contexto, observa-se que para as vazões estudadas, a significância e a diferença percentual da vazão máxima foram mais expressivas que para as vazões mínimas e média, refletindo um maior impacto de aumento da vazão máxima ao longo do período entre 1985 a 2005.

Com relação à precipitação total anual observa-se significância de 33,8% (Quadro 4), o que mostra que seu aumento possui uma boa expressividade ao longo do período, havendo assim, uma coerência quando relacionada com os dados de vazões média e máxima, ou seja, o aumento da

precipitação total anual certamente teve influência para que estas vazões acompanhassem este aumento, visto que, a precipitação é o principal meio de entrada de água nas bacias monitoradas.

5. ASSOCIAÇÃO ENTRE AS VAZÕES E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Através da análise qualitativa dos dados da estação fluviométrica foi feito o estudo da associação entre vazões e uso do solo. Esta análise visou associar, por meio de análise de tendências de comportamentos das variáveis de vazões, precipitações e uso do solo, a influência existente do uso do solo no comportamento das vazões.

Nesta etapa foram utilizadas séries temporais de vazões, precipitações e uso do solo na bacia de drenagem da estação fluviométrica. Para tal, foram feitos gráficos das séries temporais no período compreendido entre 1985 a 2005 e adicionadas suas linhas de tendências usando o software Microsoft Excel[®]. Além das tendências observadas através do comportamento das variáveis ao longo do tempo, foram obtidas as significâncias das mesmas para mostrar o quanto estas variações foram expressivas.

Em Estatística, um resultado é significativo se for improvável que tenha ocorrido por acaso, caso uma determinada hipótese nula seja verdadeira, mas não sendo improvável caso a hipótese base seja falsa. Tecnicamente, o valor da significância representa um índice decrescente da confiabilidade de um resultado. Quanto mais alto seu valor menos se pode acreditar que a relação observada entre as variáveis na amostra é um indicador confiável.

No Quadro 5 têm-se as significâncias e tendências das associações entre as classes de uso do solo e as variáveis hidrológicas utilizadas no estudo, na área de drenagem da estação fluviométrica Muricilândia.

Quadro 5. Significâncias e tendências das associações entre as modificações no uso do solo e o comportamento hidrológico

Significâncias (%) e Tendências (↑↓)					
	Q _{máx}	Q _{med}	Q ₇	Q ₉₀	Q ₉₅
Mata	5,4↓	29,5 ↑	26,9↑	14,7 ↑	21,4 ↑
Pastagem	5,4↑	29,5 ↓	26,9 ↓	14,7↓	21,4 ↓
Pa	58,8 ↑	8,4 ↑	28,5 ↓	45,8 ↓	36,7 ↓

↑: Crescimento; ↓: Diminuição

5.1. Vazões máximas

O comportamento observado ao longo do período de análise, compreendido entre 1985 a 2005, evidencia um acréscimo nas vazões máximas para a estação fluviométrica monitorada neste estudo. O comportamento de aumento da vazão máxima está associado à substituição das áreas de mata por áreas de pastagem, pois com a substituição da cobertura do solo por vegetação menos densa ocorre redução da eficiência na interceptação pela cobertura vegetal às ações das águas da chuva impossibilitando, com isto, maiores taxas de infiltração de água no solo e ocasionando maior escoamento superficial.

Com isto, as variáveis mata e pastagem associadas qualitativamente com as vazões máximas obtêm significâncias de 5,4% o que demonstra grande influência das classes de uso do solo no comportamento hidrológico das vazões máximas observadas para o período de 1985 a 2005.

Com relação a precipitação total anual (Pa), percebe-se que a vazão máxima não apresenta boa significância (58,8%). Isto pode ser explicado pelo fato de que vazão máxima não está intimamente ligada apenas à precipitação total anual. Uma série de outras características devem ser analisadas, principalmente a umidade antecedente do solo e a intensidade e duração da precipitação.

Deste modo, é evidente o controle das áreas de matas sobre a associação do regime de vazões máximas observadas na área de estudo, pois a maior significância está associada a esta variável ao longo do período analisado.

5.2. Vazões mínimas

No período de 1985 a 2005 o comportamento das tendências para todas as vazões mínimas (Q_7 , Q_{90} e Q_{95}) da estação fluviométrica avaliada, foi de redução (Quadro 4). Observa-se ainda que as significâncias das tendências para o período analisado foram de 26,2%, 27,3% e 43,3%, respectivamente para a Q_7 , Q_{90} e Q_{95} . Assim, constata-se reduções mais expressivas para as vazões mínimas Q_7 e Q_{90} .

O comportamento de redução das vazões mínimas está associado à substituição das áreas de mata por áreas de pastagem obtendo significâncias de 26,9%, 14,7% e 21,4% (Quadro 5) para a Q_7 , Q_{90} e Q_{95} respectivamente. Isso se deve à maior exposição do solo às ações das águas das chuvas com a diminuição da interceptação vegetal, aumentando assim o selamento e escoamento superficial e, conseqüentemente, reduzindo as taxas infiltração de água no solo e o abastecimento do aquífero subterrâneo, não alimentando desta forma as vazões em tempo de estiagem. As classes de uso do solo foram de maior representatividade para a Q_{90} , quando comparadas à Q_7 e Q_{95} com uma significância de 14,7%.

5.3. Vazões médias

No período de 1985 a 2005 o comportamento das tendências para as vazões médias da estação fluviométrica monitoradas foi de aumento. A significância de aumento das vazões médias foi de 36,1%, (Quadro 4). O comportamento de acréscimo das vazões médias foi acompanhado e está associado à tendência de aumento no comportamento da precipitação total anual (Pa), pois o comportamento da mesma também foi de acréscimo ao longo do período de análise para a área de drenagem da estação fluviométrica em estudo, apresentando significância de 33,8%.

Aliado a este fato, também contribui para o aumento das vazões média a substituição da área de cobertura da classe de uso do solo mata pela classe de uso do solo pastagem, com significância de 29,5%, devido a menores taxas de evapotranspiração e menor possibilidade de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento nas taxas de escoamento superficial.

Neste sentido, observa-se que qualitativamente a precipitação total anual e as classes de uso do solo associam-se com os comportamentos observados para as vazões médias da estação fluviométrica analisada.

6. CONCLUSÕES

Na análise das variáveis ao longo do período de 1985 a 2005 observou-se, que a classe de uso e ocupação do solo mata apresentou uma diminuição significativa, devido à sua substituição pela expansão das áreas de pastagem. Com relação ao comportamento das variáveis hidrológicas notou-se que as vazões média e máxima e a precipitação total anual apresentaram tendências de aumento no período estudado. Já as vazões mínimas (Q_7 , Q_{90} e Q_{95}) tiveram tendências de redução.

Na análise qualitativa, a modificação do uso e ocupação do solo foi mais expressiva para a vazão máxima, havendo um aumento significativo da mesma. Para a vazão média, notou-se um aumento expressivo, que está associado à variação da cobertura do solo e ao aumento da precipitação anual. Houve um decréscimo nas vazões mínimas associada à diminuição da área de mata.

Como se evidenciou que o desmatamento tem provocado alterações no regime de variação de vazões na Bacia do Rio Muricizal, deve ser implementado zoneamento de ocupação da área em estudo, para evitar problemas futuros relacionados com enchentes e/ou inundações nos períodos chuvosos ou escassez hídrica nos períodos de estiagem.

BIBLIOGRAFIA

ANA – Agência Nacional de Águas. (2008). *Sistema de Informações Hidrológicas - HidroWeb*. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 17 Ago. 2008.

BRASIL. (1997). *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. [S. l.]: MMA/ SRH.

COSTA, M. H., BOTTA, A. and CARDILLE, J. A. (2003). *Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia*. Journal of Hydrology.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2004). *SPRING - Apostila teórica do curso de Classificação de Imagens Digitais*. São José dos Campos: INPE.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. DGI. Divisão de Geração de Imagens. (2008). *Características técnicas de imagens dos sensores Landsat 5 TM e 7 ETM +*. Cachoeira Paulista: INPE/DGI. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br>>. Acesso em: 06 Out. 2008.

LATUF, M. O. (2007). *Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do Rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros*. Viçosa, MG: UFV/DEA, 116p.

MARQUES, F. A. (2006). *Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos*. Viçosa, MG: UFV, 112f. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MMA/SRH - Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Recursos Hídricos. (2006). *Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia*. Brasília – DF.

ROSA, R. (1990). *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Uberlândia: UFU.

TUCCI, C. E. M. (1998). *Modelos Hidrológicos*. Porto Alegre: Ed. UFRGS e ABRH.

TUCCI, C. E. M. (2003). Processos hidrológicos e os impactos do uso do solo. In: TUCCI, C. E. M. e BRAGA, B. (org.). *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. Porto Alegre: Ed. UFRGS e ABRH.