

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DE
RECURSOS RENOVÁVEIS**

MAÍSA DE NORONHA

**USO E COBERTURA DO SOLO NA CAPACIDADE POTENCIAL DE
ARMAZENAMENTO HÍDRICO EM MICROBACIAS**

**Sorocaba - SP
2017**

MAÍSA DE NORONHA

**USO E COBERTURA DO SOLO NA CAPACIDADE POTENCIAL DE
ARMAZENAMENTO HÍDRICO EM MICROBACIAS**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Avena Valente

Co-orientador: Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

**Sorocaba - SP
2017**

NORONHA, MAÍSA

USO E COBERTURA DO SOLO NA CAPACIDADE POTENCIAL DE
ARMAZENAMENTO HÍDRICO EM MICROBACIAS / MAÍSA
NORONHA. -- 2017.

46 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Roberta Avena Valente

Banca examinadora: José Mauro Santana da Silva, Kaline de Mello,
Roberta Avena Valente

Bibliografia

1. Método da Curva Número. 2. Armazenamento Hídrico. 3. Vazão. I.
Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

MAÍSA DE NORONHA

**USO E COBERTURA DO SOLO NA CAPACIDADE
POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO HÍDRICO EM
MICROBACIAS**

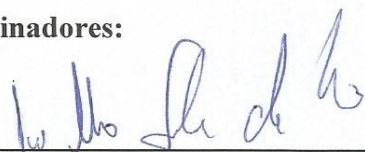
**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação para obtenção do título de
mestre em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.
Universidade Federal de São Carlos.
Sorocaba, 24 de março de 2017.**

Orientadora:

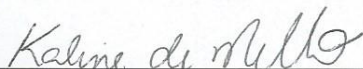


Prof. Dra. Roberta Aversa Valente
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar *Campus Sorocaba*

Examinadores:



Prof. Dr. José Mauro Santana da Silva
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar *Campus Sorocaba*



Dra. Kaline de Mello
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP

Dedico esse trabalho a minha mãe,
pela ajuda, força e incentivo;
A minha filha Bethânia,
pelo tempo que deixamos de estar juntas...

AGRADECIMENTOS

A Dra Roberta Aversa Valente, pela atenção, clareza de ideias, agilidade e mestria neste período de aprendizado.

Ao Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi, pelo vasto conhecimento, habilidade, destreza e paciência.

A Dra Kaline de Mello e Dr José Mauro Santana da Silva, pelas correções e direcionamento.

A Luciana Missae Kawamura, pela prontidão e auxílio nos serviços prestados aos pós graduandos.

Aos funcionários e amigos da biblioteca da UFSCAR campus Sorocaba, pela constante colaboração.

Ao Dr Thiago Menzete, coordenador da FAESB, pelo incentivo, confiança e profissionalismo.

A Ana Larissa Hansted, pela amizade e por compartilhar as tardes de estudo em Estatística.

A Mariana Marques, Patrícia Stasiaki, Thaianie Sousa e Maria Beatriz Monteiro, pela amizade, aprendizado e partilha de sonhos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Microbacias de estudo, no município de Piedade, no estado de São Paulo.....	20
Figura 2 A. Microbacia com maior área de floresta ombrófila densa; B. Microbacia com menor área de floresta e maior área de pastagem que a microbacia A	21
Figura 3 Microbacia com maior área de cobertura florestal (A) e microbacia com maior área de pastagem (B) com suas respectivas classes de uso e cobertura do solo	22
Figura 4 Solos predominantes: A. Latossolo vermelho amarelo; B. Latossolo podzólico.....	30
Figura 5. Classes hidrológicas das microbacias, no município de Piedade SP: A. microbacia com maior área de cobertura florestal e B. microbacia com maior área de pastagem.....	31
Figura 6. Comparativo entre parâmetros hidrológicos das microbacias. A Microbacia com maior área florestal; B. Microbacia com menor área florestal e maior área de pastagem que a microbacia A.....	34
Figura 7. Comportamento das variáveis hidrológicas precipitação (Pp) vazão para microbacia nas duas microbacias, sendo que Outubro ¹ corresponde ao ano de 2013 e Outubro ² ao ano de 2014.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Áreas e porcentagens das classes de uso e cobertura do solo.....	23
Tabela 2. Classes hidrológicas de solo das microbacias..	26
Tabela 3. Enquadramento das microbacias no método da curva número (CN) proporcional a área – Microbacia 1 com maior cobertura florestal; Microbacia 2 com maior área de pastagem	31
Tabela 4. Enquadramento das microbacias no método da curva número (CN) nas diferentes condições de umidade antecedente.....	32
Tabela 5. Parâmetros hidrológicos das microbacias	34
Tabela 6. Distribuição das vazões da microbacia com maior área de cobertura florestal (Q1), microbacia de maior área com pastagem (Q2), precipitações mensais (Pp) e média para o período	36

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Cobertura vegetal e armazenamento hídrico	13
2.2 Método dos números hidrológicos	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Área de estudo	20
3.2 Uso e cobertura do solo	22
3.3 Vazão e precipitação das microbacias	23
3.4 Aplicação do método da curva número	24
3.4.1 Classe de Solos	24
3.4.2 Média aritmética das feições	25
3.4.3 Umidade antecedente	26
3.4.4 Capacidade máxima de saturação da bacia (S)	27
3.4.5 Conteúdo de chuva abstraída ou encharcamento (Po)	28
3.4.6 Precipitação efetiva (Pe)	28
3.4.7 Perda máxima real (Pmax)	28
3.4.8 Coeficiente de escoamento superficial (CE)	29
3.5 Correlação	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Classe de solos	30
4.2 Parâmetros hidrológicos - curva número	32
4.2.1 Número de curva	32
4.2.2 Vazões	36
5. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

RESUMO

A cobertura florestal influencia no escoamento superficial, subsidiando a melhor infiltração da água da chuva do que outros usos do solo, interferindo positivamente na disponibilidade hídrica. Desta forma, as alterações na cobertura do solo, promovidas pelo uso não planejado do solo, culminam em problemas como a redução da infiltração. Neste contexto, o estudo teve por objetivo principal avaliar a capacidade potencial de armazenamento hídrico em duas microbacias pelo método da Curva Número (CN), comparando o escoamento superficial de duas microbacias, em função do uso e cobertura do solo. Para isto, verificou-se o comportamento hidrológico das microbacias por meio do CN, com ênfase no parâmetro de coeficiente de escoamento superficial (CE). Foram gerados parâmetros hidrológicos nas três condições de umidade antecedente e comparados os coeficientes de escoamento superficial (CE) entre as microbacias, analisando as vazões reais amostradas em um ano hidrológico. Os resultados indicam que a vazão varia em função da precipitação, porém os diferentes usos do solo interferem nas respostas hidrológicas das microbacias. Houve, assim, diferença na disponibilidade hídrica nas duas microbacias. A microbacia com maior porcentagem de cobertura florestal apresentou maiores valores de vazão amostradas, para o período de estudo. Houve diferença na disponibilidade hídrica nas duas microbacias, demonstrada por meio dos parâmetros hidrológicos levantados no método da curva número (CN) e, dos dados reais de vazão. A microbacia com menor porcentagem de cobertura florestal e maior área de pastagem apresentou maior valor na condição média de umidade (NII) e quando próximo da capacidade de campo (NIII).

Palavras-chave: curva número, vazão, grupos hidrológicos, armazenamento hídrico.

ABSTRACT

The forest cover influences on runoff, supporting the best water precipitation infiltration of rainwater than other land-uses and, it has interfered positively on the water availability. This way, the land-cover changes, which are caused by the unplanned use of soil have caused problems as the reduction in the surface water flow. In this context, the objective of this study was the evaluation of the water-storage potential capacity in watersheds, aiming at comparing the runoff in function of its land-use/land-cover. It was verified the hydrology watersheds through the Curve Number method, highlighting the runoff coefficient (RC) parameter. The hydrology parameters were produced in three humidity conditions, defining the relation between the RC and real flow rates, that were collected during one hydrology year. The result was the flow variation depending on the rain, however, it happened with the land-uses influencing differently in the watersheds hydrology. Thus, there were differences in the water availability for the watersheds and, that one with the larger amount of forest cover area presented larger flow for all hydrology year. The land-use/land-cover influenced in the water-storage and in the runoff response-time. The highest RC value was observed, for the watershed with the highest forest cover area, in the follow conditions: drought and dry, average humidity and, soil moisture value close to field capacity. The second watershed, that has lower area cover by forest than the first. Likewise, its flow was function of the rain and, the land-use/land-cover had influenced directly in the water-storage and in the runoff response-time

Keywords: Curve Number; water flow; hydrology groups, Geographic Information System.

1 INTRODUÇÃO

O escoamento superficial direto é o responsável pela ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, apresentando maior impacto direto e notabilidade para a população humana, animais terrestres e aquáticos. A redução das florestas e a modificação das características naturais das bacias hidrográficas, interfere no seu funcionamento hídrico, descaracterizando o ciclo hidrológico, aumentando os picos de vazões nas cheias, interferindo diretamente na quantidade e qualidade da água superficial e subterrânea das bacias hidrográficas (RIZZI, 2016).

O solo, com seu uso e cobertura, e a água encontram-se em interação constante, essa relação responde diretamente às mudanças e interferências antrópicas ou de origem natural, afetando o ecossistema como um todo. O aumento da impermeabilização do solo está diretamente ligado ao aumento do coeficiente de escoamento superficial e aumento da vazão de pico (RODRIGUE, 2013).

A conversão de florestas para culturas agrícolas e pastagens resulta na deterioração da qualidade da água. A remoção florestal e sua substituição por outro tipo de cobertura do solo afeta diretamente as trocas de energia e matéria que ocorrem na superfície terrestre (IPCC, 2007; CAVALLET; PAULA, 2008; CORTEZ, 2011; MARTINS, 2013; ROVANI et al., 2015; ANDRADE, 2016). As florestas possuem protagonismo em atividades relacionadas à proteção de bacias hidrográficas, o que justifica de forma significativa estudar as variações e alterações da paisagem causadas pela modificação no uso do solo e na cobertura vegetal (YU, 2004; CARVALHO, et al., 2010; PINHEIRO, et al., 2014; FIORENTIN et al., 2015).

O uso das ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem auxiliado trabalhos, subsidiando informações para o planejamento e tomada de decisão para a mitigação dos problemas hídricos e florestais. Utilizados para fornecer informações essenciais para análises de uso e cobertura do solo, fragmentação da paisagem, diagnósticos e gestão hídrica.

Um método importante para a análise das características hidrológicas das bacias hidrográficas que faz o uso do SIG em uma de suas etapas, possibilitando a obtenção de informações do comportamento do escoamento superficial em função da cobertura e do tipo de solo das bacias, é o método da Curva Número. Chamado também de Método dos Números Hidrológicos, foi desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solos (SCS) dos Estados Unidos, durante a década de 50, e

atualmente denominado Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS), sendo utilizado e adaptado em vários países do mundo (MELLO, 2003).

Para melhor estudo dos recursos hídricos em pequenas bacias, deve se fazer a utilização de dados confiáveis para a avaliação da disponibilidade hídrica no tempo e no espaço, podendo utilizar o método CN para estimar o escoamento superficial, associado a ferramentas de SIG, para a aplicação de modelos matemáticos relacionados à problemas hidrológicos. A classificação da cobertura e uso do solo é fundamental para a elaboração dos mapas e inferência das classes hidrológicas.

A disponibilidade de dados hidrológicos no Brasil é razoável para bacias maiores, contudo, é muito deficiente para as pequenas e médias (MELLEK, 2015). A maior parte das bacias hidrográficas localizam-se em áreas rurais e estão sob atividades como agricultura, pecuária, e preservação florestal, não apresentando monitoramento hidrológico, em especial, voltado a estudos ambientais e de gestão de recursos hídricos (SAGARA, 2001).

1.1 Objetivos

O estudo teve por objetivo principal avaliar a capacidade potencial de armazenamento hídrico em microbacias agrícolas, com diferentes porcentagens de cobertura florestal.

Os objetivos específicos foram:

- 1- Avaliar a influência do uso e cobertura do solo na capacidade potencial de armazenamento hídrico;
- 2- Verificar a relação entre o coeficiente de escoamento superficial (CE) pelo método dos números hidrológicos com as diferentes uso e cobertura do solo;
- 3- Comparar o escoamento superficial de duas microbacias, com diferentes porcentagens de cobertura florestal e pastagem, em função do uso e cobertura do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cobertura vegetal e armazenamento hídrico

A florestas nativas contribuem para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, porém a crescente expansão agrícola no Brasil ameaça a conservação dos ambientes naturais e o fornecimento dos serviços ecossistêmicos (BRITO et al., 2016). Muitas pesquisas apontam que decisões econômicas sobre o uso da terra vêm sendo tomadas com foco na proteção da vegetação das bacias hidrográficas para garantir o abastecimento público. Mais de um terço das maiores cidades da Terra captam, parcialmente ou totalmente, águas para abastecimento público de bacias protegidas por vegetação (REYES, 2010).

Mingoti e Vettorazzi (2011) demonstraram as relações existentes entre a qualidade da água produzida em áreas com diferentes proporções de cobertura florestal nativa, verificando o impacto positivo da preservação da vegetação e o efeito da cobertura florestal na redução da perda de solo e na capacidade potencial de armazenamento hídrico da microbacia. Em contrapartida, estudos realizados por Cicco (2013) indicaram que a regeneração natural da vegetação afetou a produção de água, ou seja, o aumento da evapotranspiração real provoca diminuição do deflúvio.

De acordo com Ellison et al. (2011) a cobertura vegetal está diretamente relacionada à disponibilidade hídrica, influenciando na precipitação efetiva (P_e), isto é, as árvores tendem a reduzir o escoamento superficial (E_s) em diferentes escalas, permitindo um maior armazenamento de água e disponibilidade hídrica. Por meio de P_e , a água da chuva pode ser fracionada antes de chegar ao solo, no processo denominado interceptação (I_t), atuando no escoamento superficial (E_s) de forma diferenciada (SALEMI et al., 2012).

A precipitação interna ou transprecipitação se dá pelas gotas que atravessam diretamente o dossel e pelo gotejamento proveniente da saturação das folhas, ramos e epífitas. A fração que atinge o piso florestal pelo fuste das árvores e dos arbustos; processo denominado escoamento pelo tronco (SOUSA, 2016).

A precipitação efetiva (P_e) permite, assim, melhores condições para a infiltração da água da chuva ao se comparar diferentes tipos de uso do solo (OLIVEIRA Jr e DIAS, 2005), visto que solos cobertos por vegetação protegem os

cursos d'água do assoreamento, reduzindo a perda de solo em distintas formas de relevo (MINGOTI e VETORAZZI, 2011).

Neary et al. (2009) apresentaram em seus estudos possíveis relações entre a quantidade de água produzida em uma bacia e sua cobertura vegetal, pois em solos com cobertura vegetal a capacidade de infiltração é maior e o escoamento é menor quando comparados a outros tipos de cobertura do solo. A cobertura florestal, por influenciar o mecanismo de entrada de água no solo, exerce importante função no balanço hídrico local (MOURA, et al. 2009).

A interceptação é aceita como um dos agentes reguladores do tempo de concentração em bacias hidrográficas, interferindo na velocidade de formação de escoamento superficial. Ela é definida como o tempo necessário para que a bacia contribua com a geração de deflúvio. (ARCOVA et al., 2003; THOMAZ, 2005).

Segundo Crockford e Richardson (2000); Shinzato et al. (2009); Mellek (2015), o processo de interceptação da chuva incidente em uma bacia hidrográfica é regulado por fatores relacionados à qualidade da vegetação, morfologia da planta, densidade de plantas por área, sazonalidade climática, vento, umidade antecedente, quantidade, duração e intensidade da chuva, bem como, espessura das gotas, intensidade, direção, duração do vento e temperatura atmosférica.

A expansão agrícola associada a falta de planejamento no território brasileiro alterou significativamente o espaço antes ocupado por cobertura nativa (MARTINS, 2001). A cobertura florestal original do Bioma Mata Atlântica foi reduzida a pequenos e isolados fragmentos (SILVA, 2013). Com as alterações no ambiente, promovidas pelo uso não sustentável e não planejado do solo, é comum observar em regiões agrícolas problemas como assoreamento, desbarrancamento de margens e redução da vazão em corpos d'água (SALEMI et al., 2011).

Os fatores mais comuns, que influenciam no processo de desbarrancamento de margens, e por consequência na disponibilidade hídrica, são os tipos de solos, a declividade, a precipitação, o uso e cobertura do solo e o substrato geológico (TOMINAGA et al., 2005; YALCIN, 2008; DAS et al., 2011; FEIZIZADEH et al., 2013; SILVEIRA et al., 2014)

A disponibilidade hídrica é essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma região, podendo ser entendida como a parcela da vazão que pode ser utilizada pela sociedade sem comprometer o ambiente aquático. A disponibilidade

hídrica de uma microbacia representa a integração dos efeitos da precipitação, geologia, morfologia e tipo e uso do solo da bacia (CRUZ & TUCCI, 2008).

A movimentação da água em diferentes compartimentos de uma bacia interfere sua qualidade, sendo que qualquer modificação causada na bacia hidrográfica pode influenciar significativamente no resultado final no ponto de monitoramento (ARCOVA & CICCIO, 1999).

A impermeabilização pode ser decorrente da presença de aglomerados urbanos e chácaras de lazer, as quais são consideradas por Santos e Bertotti (2009) como características importantes da área da bacia. O crescimento das áreas chácaras de lazer está diretamente relacionado com a retração das áreas de alta capacidade de armazenamento, uma vez que retiram a cobertura florestal para inserir em seu lugar áreas para o lazer, como campos, áreas de pastagem, entre outras.

Segundo Chiaranda (2002), as funções fundamentais da bacia hidrográfica passam por alterações e, quando a modificação do uso da terra é feita em uma área na bacia, podem ser observados impactos no comportamento do escoamento. Fengler et al (2015) apontam que urbanização e o desmatamento da vegetação natural foram os principais responsáveis pelas alterações na qualidade ambiental das microbacias.

Variáveis hidrológicas como precipitação, infiltração e o escoamento superficial desempenham funções interligadas no ciclo da água e seu monitoramento e quantificação assumem importância relevante em estudos voltados à gestão e a conservação dos recursos hídricos. Em bacias de drenagem carentes de dados hidrológicos que estão sujeitas a alterações no regime hídrico decorrentes de mudanças pelo uso e ocupação do solo há maior carência desse monitoramento (CARDOSO et al., 2006; RUHOFF, 2007).

O escoamento superficial é um importante processo associado à erosão hídrica e ocorre sobre cobertura do solo, influenciado pela declividade do terreno e tipo de solo, intensidade e duração das chuvas (FERREIRA, et al., 2007). O estudo do escoamento superficial permite subsidiar plano e metas sobre o comportamento das águas superficiais a partir de mudanças no uso e cobertura da terra, tais como, substituição de florestas por pastagem, ampliação de área com culturas agrícolas, mudanças nas espécies agrícolas, entre outras, antes mesmo destas trocas serem perpetradas na bacia. (BARRETO-NETO e SOUZA FILHO, 2003).

2.2 Método dos números hidrológicos

A quantificação do escoamento superficial é uma tarefa complexa e dependente de vários fatores, os quais são agregados a parâmetros ou variáveis em modelos de chuva-vazão. Quanto mais detalhado for o modelo mais difícil é sua aplicação, devido à necessidade de se conhecer e/ou obter de estudos experimentais os parâmetros para sua aplicação com certo grau de confiabilidade. Para aplicações em locais onde não se possa calibrar e validar os parâmetros hidrológicos, só é possível se houver registros de precipitação e de vazão, os quais são escassos no Brasil (SARTORI, et al. 2005; RIZZI, 2016).

Os modelos hidrológicos são usados como ferramentas de avaliação do potencial de rendimento de água em uma bacia hidrográfica, no planejamento de medidas de conservação do solo, na redução do assoreamento, prevendo riscos de inundações a jusante, permitindo sua utilização por diversos usuários (NETO et al., 2012).

O método da CN representa um parâmetro obtido em função da cobertura, do manejo e da classificação hidrológica do solo, conforme seu grupo hidrológico, usado para estimar o quanto de uma precipitação pode gerar escoamento superficial e aumento de deflúvio em pequenas bacias hidrográficas (MELLEK, 2015). Portanto, tal parâmetro, exerce grande influência na estimativa da precipitação efetiva (Pe), responsável pelo incremento na vazão direta dos rios (RIZZI, 2016).

O valor da CN baseia-se no conceito de que a lâmina de escoamento superficial produzida em um dado evento é uma função da altura total da lâmina precipitada e das abstrações iniciais, que representa as perdas que ocorrem, principalmente, devido à infiltração, à interceptação vegetal e à retenção em depressões do terreno (TYAGI et al., 2008).

Por meio do método da CN é possível estimar a partir de informações do tipo, uso e umidade antecedente do solo, o número da CN e, com este, qual parcela da precipitação resultará em escoamento superficial, ou chuva excedente. Conhecida a chuva excedente torna-se possível estimar a distribuição e o volume do escoamento superficial de uma determinada área de drenagem, baseando-se no hidrograma unitário adimensional regionalizado para pequenas bacias dos Estados Unidos (SARTORI, et al. 2005).

Os números de curva são o principal parâmetro do método da CN e para sua estimativa o Serviço de Conservação do Solo americano (SCS) elaborou uma tabela que combina os quatro grupos hidrológicos do solo com diversos tipos de uso e manejo do solo. Esses valores foram obtidos em pequenas bacias e parcelas experimentais nos Estados Unidos (SARTORI, et al. 2005). No Brasil uma das dificuldades para estimar o CN está relacionada com a classificação hidrológica do solo (CHS), pois existem solos que não se enquadram nas definições dos grupos hidrológicos do solo definidos para os Estados Unidos pelo SCS. Isso foi discutido por Sartori et al. (2005) que apresentaram uma proposta para a classificação hidrológica dos solos do Brasil.

Desta forma, os valores dos números hidrológicos são obtidos os usos e coberturas do solo em tabela padrão do Sistema de Conservação de Solos dos Estados Unidos, desenvolvidas para as condições de uso e cobertura do solo Norte Americanas, em conjunto com quatro grupos de solos classificados de acordo com a taxa de infiltração, textura e estrutura. (NRCS, 2007; LIMA et al., 2007). Segundo Neto et al. (2012), para alguns usos da terra e grupo de solo o valor CN não está disponível nos manuais, devendo ser estimado.

Modelos chuva-vazão preveem comportamentos de escoamento superficiais futuros, ocasionados por alterações de ocupação do solo sendo muito utilizados em países como o Brasil, que apresentam carência de dados fluviométricos em pequenas bacias, as quais se encontram em crescente processo de exploração (RIZZI, 2016).

Na China, alguns pesquisadores determinaram novos valores para CN para cada tipo de uso da terra, acreditando que os valores de CN dos Estados Unidos não poderiam ser exportados para outros países (ZHANG & ZHANG et al., 2004; GAO et al., 2006; WANG & HUANG, 2008). Estudos realizados em microbacias na Índia por Geetha et al. (2007), demonstraram necessário ajuste do método CN. Soulis e Valiantzas (2012) avaliando duas microbacias hidrográficas em Atenas, indicaram que para a determinação dos valores de CN, a partir dos dados de escoamento e precipitação, prevê escoamento superiores na maioria dos casos, porém seu uso mesmo assim é eficiente.

O método da CN passou a ser empregado com uma maior frequência nas últimas décadas no Brasil (MELLO et al., 2003; ALVES et al., 2011; NETO et al., 2012), sendo ajustado e calibrado para fins de otimização da CN, para manejo em diferentes regiões do país. Necessita-se, contudo, a calibração do método às condições

fisiográficas predominantes no Brasil, o que pode gerar um certo grau de subjetividade na determinação dos valores de CN (REYES, 2010).

A quantificação, da precipitação e do escoamento superficial em uma bacia, representa outro ponto relevante na utilização do método, por possibilitar a estimativa da precipitação efetiva. Para isso é utilizada dados de precipitação incidente (P_p), que podem ser medidos, diretamente, na região de estudo. Portanto, a quantificação da precipitação efetiva, é de grande valia para averiguar a precisão da precipitação estimada pelo Curva Número (MELLEK, 2015).

Realizar a estimativa do escoamento superficial é essencial para a verificar o risco da ocorrência de erosão em áreas agrícolas (YOUNG et al., 2002), tanto quanto para realizar estudos de impactos ambientais (SILVA et al., 2009).

Informações sobre volume do escoamento da água sobre a superfície do solo são essenciais para estudos relacionados ao manejo de solo e da água (PATHAK et al. 1989). Mensurar o volume do escoamento, a nível de campo, é oneroso e demanda tempo, portanto, uso de modelos matemáticos é uma alternativa para que se possa prever o escoamento superficial em uma determinada área de interesse, fazendo o uso de ferramentas do SIG, despendendo menor custo (MA et al., 1998).

De acordo com Câmara (2001), os SIG são ferramentas computacionais permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, torna ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos, possibilitando a aplicação de dados gerados para análise hídrica em microbacias através de modelos hidrológicos.

Vários estudos hidrológicos no Brasil, adotam o método de CN, para estimar o escoamento superficial da água, (CAO, 2011). Citado na literatura também como Método dos Números Hidrológicos é empregado na modelagem do escoamento superficial em bacias hidrográficas urbanas e rurais, através de modelos computacionais (ANDRADE et al., 2012).

Segundo Garen & Moore (2005) o método CN é uma das técnicas mais comuns e largamente utilizadas para estimativa de escoamento superficial incorporada a inúmeros modelos hidrológicos, obtendo popularidade graças à sua relativa facilidade de uso e por ter sido desenvolvido por uma agência altamente credenciada (PONCE, et al., 1996; MACHADO, 2002; MELLEK, 2015).

Lewis et al. (2000) mencionam que métodos como o CN, mesmo quando utilizados para as suas próprias condições fisiográficas, podem apresentar problemas

ao serem empregados em modelos hidrológicos que estimam escoamento superficial em sub bacias. Tassi et al. (2006) relatam que em uma situação de inexistência de dados para a determinação do parâmetro CN, o uso deste método adquire um caráter subjetivo com base nas informações disponíveis como mapas de uso e ocupação do solo, fotografias aéreas, imagens de satélite e outros.

Allasia e Villanueva (2007) determinaram a influência do erro na estimativa dos valores de CN sobre o custo de investimento de uma rede de macrodrenagem urbana, demonstrando que o parâmetro CN representa uma das mais importantes fontes de erros na estimativa das dimensões das redes de macrodrenagem urbana.

Em trabalho de pesquisa realizado por Carlesso et al. (2007) foi utilizado o Método de Curva Número para a estimar o escoamento superficial da água. Os autores relatam que, em média, o método CN superestimou o escoamento superficial acumulado em 34%. Para eles, este resultado deve-se ao fato de que o Curva Número, não considera os sistemas de manejo do solo, os quais, normalmente, são empregados como práticas agrícolas, particularmente, em áreas irrigadas. Concluem que a para a utilização, satisfatória, do Curva Número há a necessidade de ajustá-lo, considerando o manejo do solo.

Santos (2010) ao realizar pesquisa para determinar a estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos, utilizando o Curva Número, conclui que o método estimou valores inferiores em relação àqueles obtidos através dos métodos probabilísticos. A autora, relata que o método deveria ser utilizado com cautela.

Por meio de uma análise na literatura existente foi possível constatar algumas aplicações do método da Curva Número em bacias hidrográficas brasileiras, como os de Mellek (2015), em bacia vertente sob cobertura florestal, Neto et al. (2012), com sistemas urbanos de drenagem, Reyes (2010), em três sub-bacias do rio Carapá em função das mudanças da cobertura vegetal em três diferentes épocas, Baltokoski et al. (2010) em sub-bacias de Pato Branco/PR, Mantovani (2016), em bacia hidrográfica em Fervida em Colombo/PR, dentre outros.

O escoamento superficial estimado pelo método CN visa aproximação dos valores dos parâmetros hidrológicos reais, porém suas estimativas podem diferir do valor real, sendo sub ou superestimado em alguns casos. Alguns parâmetros do método CN, como o coeficiente de escoamento superficial (CE), podem auxiliar na avaliação da contribuição da água precipitada para o aumento da vazão dos rios.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

As microbacias de estudo estão localizadas no município de Piedade, no estado de São Paulo entre as coordenadas 7371000 a 7374000 UTM (N) e 254000 a 256400 UTM (E), com altitudes variando de 850 a 1.030 metros (Figura 1). Elas englobam as cabeceiras do rio Pirapora, que por sua vez, são afluentes do rio Sorocaba, responsável pelo abastecimento hídrico da população dos municípios de Salto de Pirapora, Piedade e Araçoiaba da Serra.

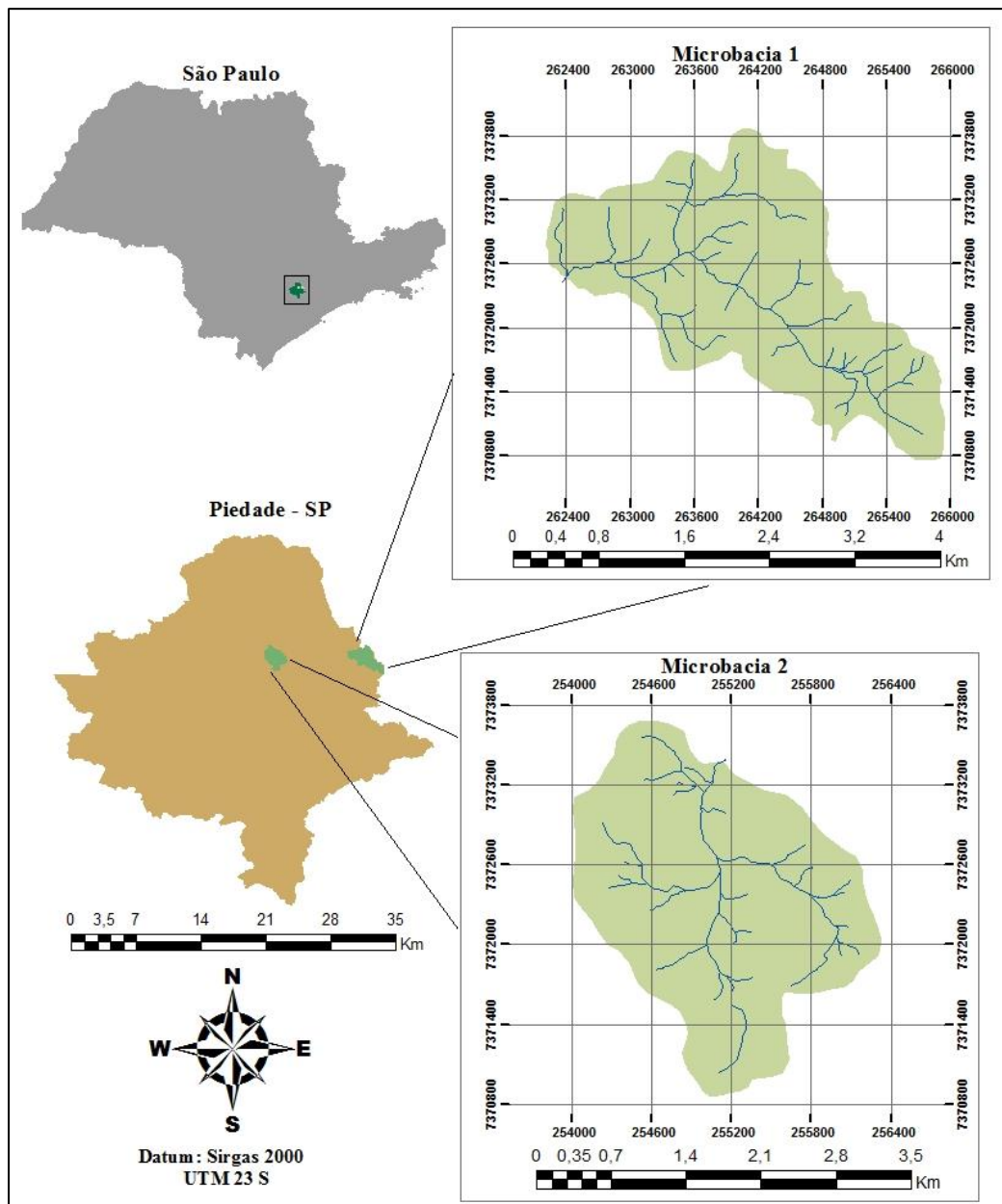


Figura 1 – Microbacias de estudo, no município de Piedade, estado de São Paulo.

Os solos da região são predominantemente dos tipos Podzólico (argissolo vermelho amarelo) e Latossolo Vermelho-Amarelo. O Podzólico apresenta características interessantes à agricultura por não apresentar Pedregosidade e com boa fertilidade natural distribuídos na porção inferior das encostas onde o relevo apresenta-se ondulado (8% a 20% de declive) ou forte-ondulado (20% a 45% de declive), porém propícios à erosão acima de 8% de declividade (EMBRAPA, 2016). O solo Latossolo Vermelho-Amarelo tende a sofrer menos erosão pelo fato de ocorrerem em declividades inferiores a 7% e apresentam boa aptidão agrícola por serem profundos, permeáveis, porosos e bem drenáveis (OLIVEIRA, 1999).

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante do município é classificado como Cwa, ou seja, temperado úmido, com inverno seco e verão quente, com precipitação média anual é de 1.354,7 mm, e a temperatura média diária nos meses mais quentes é de 25,7 °C e nos meses mais frios de 13,5°C (CEPAGRI, 2016).

Piedade localiza-se na sub-bacia do Baixo Sorocaba – Sarapuí/Pirapora-Tatuí, pertencendo a UGRH do Rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI-10). No centro-sudeste do estado de São Paulo é formada pela Bacia do rio Sorocaba e de outros tributários do rio Tietê, tendo como principais cursos os rios Tietê, Sorocaba, Ipanema, Sarapuí, Pirajibu e Tatuí, com vazão média para a bacia de 97,8 m³/s e mínima de 24,48 m³/s, com disponibilidade total de 39 m³/s e demanda de 9,72 m³/s (SMA/CPLA, 2013).

As microbacias de estudo, de acordo com Mello et al. (2017), são morfometricamente semelhante, ou seja, possuem tamanho, forma e declividade semelhante, e foram formadas por rios de quarta ordem, sendo uma com mais de 50% da área coberta por floresta ombrófila densa e outra com menos de 50% de floresta e com maior área de pastagem (Figura 2).

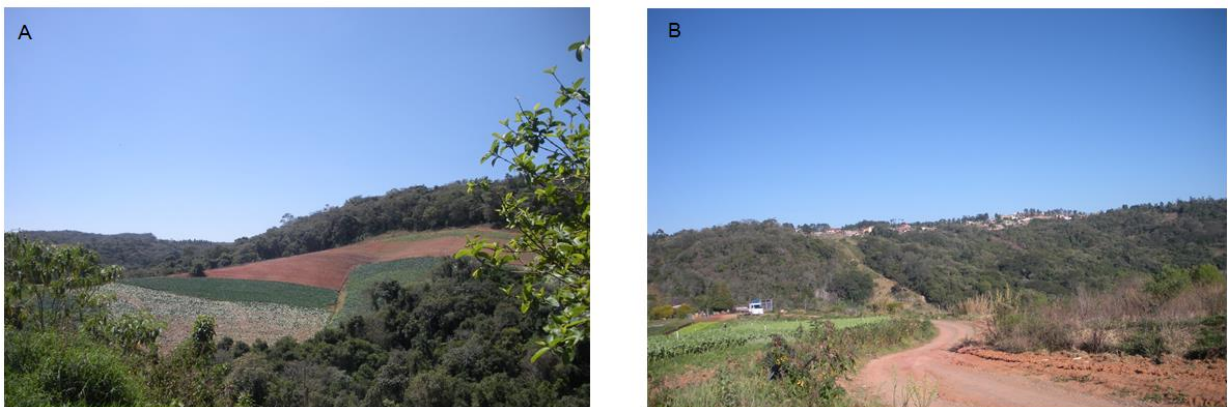


Figura 2 – A. Microbacia com maior área de floresta ombrófila densa; B. Microbacia com menor área de floresta e maior área de pastagem que a microbacia A.

Fonte das fotos: Mello,2014

A vegetação do município é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana ou Submontana (IBGE, 2012), sendo considerada floresta de transição entre a floresta atlântica de encosta e a Floresta Estacional Semidecidual do interior de São Paulo (OLIVEIRA-FILHO & FONTES 2000). Piedade é predominantemente agrícola, com domínio de culturas temporárias, apresenta uma população residente total de 52.143 e população rural de 28.383 habitantes (IBGE, 2010).

Em Piedade ocorre um processo crescente de mudança no uso do solo, demandando a necessidade de estudos que expliquem influência da cobertura vegetal na capacidade potencial de armazenamento hídrico.

3.2 Uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo utilizado neste estudo foi produzido por Mello (2017), na escala 1:8.000, por meio de uma classificação digital visual com base em imagens orbitais SPOT de composição colorida RGB, com resolução 2,5m, do ano de 2010.

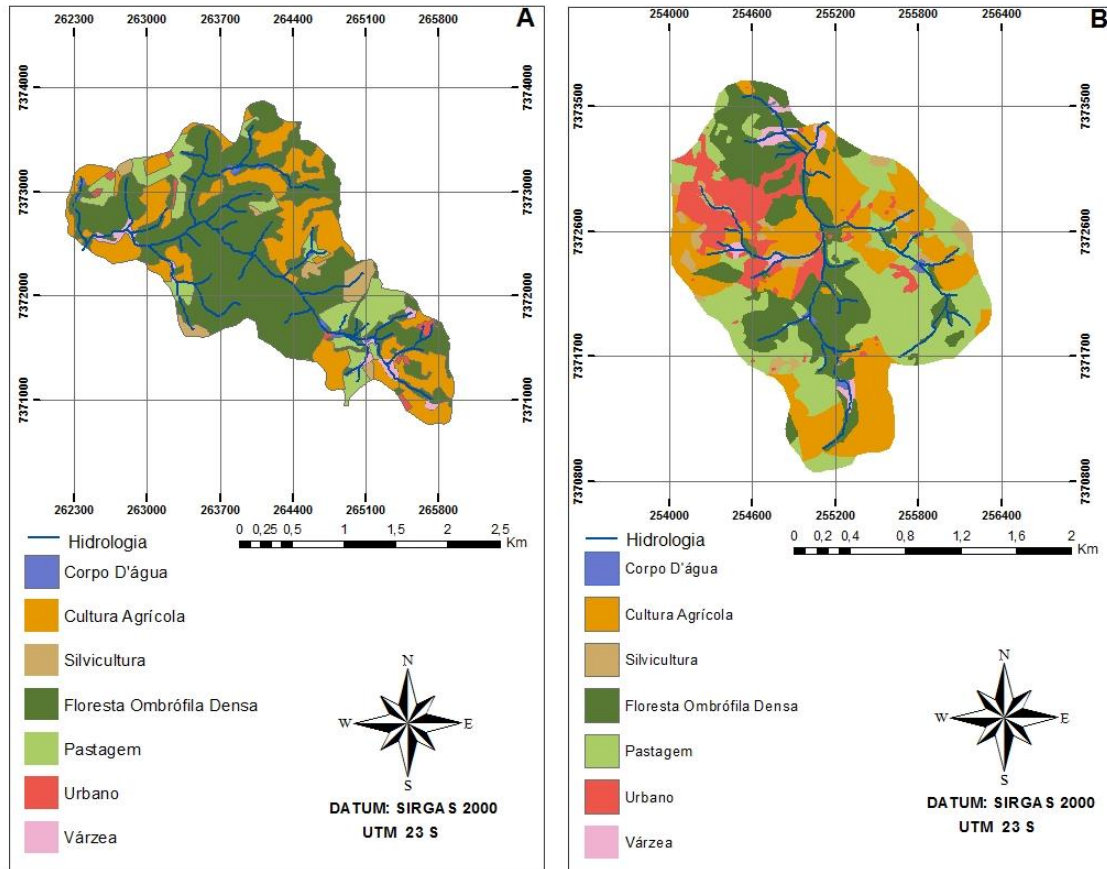


Figura 3 – Microbacia de estudo e suas classes de uso e cobertura do solo: (A) com maior área de cobertura florestal e (B) com maior área de pastagem . Fonte: Mello (2017).

As microbacias tem uso do solo predominante agrícola, no entanto a microbacia 1 apresenta 55,16% de sua área coberta por floresta ombrófila densa enquanto a microbacia 2 apresenta 25,17% do total da microbacia com essa cobertura (Tabela 1). A microbacia 2 destaca-se pela maior área de pastagem (27,96%) e a microbacia 1 apresenta 11,49% de pastagem. Outro destaque para a microbacia 2 é a presença de área urbana consolidada, representando 11,45% de toda a área da microbacia. A microbacia 1 por sua vez apresenta baixa ocupação urbana, com pouco mais de 1% da microbacia.

Tabela 1 – Áreas e porcentagens das classes de uso e cobertura do solo.

Uso e ocupação do solo	Microbacia 1		Microbacia 2	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Corpo D'água	2,76	0,50	2,1	0,54
Cultura agrícola	146,10	26,66	113,57	29,31
Silvicultura	18,00	3,28	14,25	3,68
Floresta Ombrófila Densa	302,29	55,16	97,54	25,17
Pastagem	62,96	11,49	108,34	27,96
Urbano	6,24	1,14	44,38	11,45
Várzea	9,71	1,77	7,35	1,90
TOTAL	548,06	100	387,53	100,00

Fonte: Mello (2017)

3.3 Vazão e precipitação das microbacias

Foram utilizados dados de vazão coletados por Mello (2017), durante o período de outubro de 2013 a outubro de 2014. O monitoramento da vazão foi feito com a utilização de um micromolinetete (marca Global Water, modelo 201). O aparelho mede a velocidade da corrente em pés por segundo.

Para o cálculo da vazão, foi necessária a medida da largura do rio com o auxílio de trena, e são obtidas medidas de velocidade e medidas de profundidade em subseções. Por serem cursos de água pequenos (até 60 cm de profundidade) foi obtida apenas uma medida vertical, a uma profundidade de 60% da profundidade total. O cálculo da vazão foi, assim, obtido pelo método de seção média (SANTOS, 2001),

calculando-se as vazões parciais para as subseções formadas entre as verticais. A partir do cálculo da área de cada subseção multiplicado pela velocidade, é obtida a vazão parcial.

A vazão total é, portanto, representada pela soma das vazões parciais. Neste estudo, registrou-se dois dados de vazão por mês, sendo um no início e outro no final. Em seguida, calculou-se o valor médio das vazões do mês.

Foram utilizados dados de precipitação diária e mensal, da estação pluviométrica da represa de Itupararanga durante o período de outubro/2013 a outubro/2014.

3.4 Aplicação do método da curva número (CN)

Para a aplicação do método CN nas duas microbacias foram necessários os dados de precipitação incidente na bacia (P_p), registrados durante 2013 e 2014, os dados de uso e cobertura do solo (Figura 3, Tabela 1) e a classificação dos solos em que estão inseridas as microbacias.

Com base nesses dados foram calculados diferentes componentes hidrológicos, a fim de determinar o escoamento superficial das bacias, de acordo com a metodologia do Serviço Nacional de Conservação dos Recursos Naturais (NRSC, 1972), os quais são apresentados a seguir.

3.4.1 Classes de solos

Uma predefinição do método de CN é o enquadramento do tipo de solos nos grupos hidrológicos A, B, C ou D, conforme as características de textura, profundidade e capacidade de drenagem do solo (RIZZI, 2016).

Segundo Mendes Filho et al. (2007) estes grupos hidrológicos foram estabelecidos de forma a classificar os solos de acordo com a suscetibilidade à erosão e à produção de escoamento, conforme suas propriedades hidrológicas e, independentemente do uso e cobertura e da declividade, que se tenha para a porção da paisagem.

Na classificação original, o CN designou os solos dos Estados Unidos nos quatro grupos (A, B, C e D), baseando-se na premissa de que os perfis de solo com características semelhantes, como espessura, textura, conteúdo de matéria orgânica,

estrutura e grau de expansão, respondem de forma semelhante a uma chuva de grande duração e intensidade considerável, ou seja, conforme a capacidade de infiltração e produção de escoamento, sendo a cada um deles atribuído uma letra (REYES,2010).

(a) Classe A: solos com alta capacidade de infiltração (baixo potencial de escoamento superficial), quando totalmente molhados, consistindo de camadas de areia e cascalhos profundos, de drenagem boa à excessiva. Apresentam pouco silte e argila. Tais solos apresentam alto índice de transmissão de água e possuem capacidade de infiltração (fc) de 7,6 a 11,4 mm/hora. Inclui-se nesta classe os solos arenosos profundos com pouco silte e argila.

(b) Classe B: solos com capacidade de infiltração moderada quando totalmente molhados, consistindo de solos de profundidade moderada a alta, drenagem moderada a alta, textura moderadamente fina a moderadamente grossa. Tais solos apresentam taxas moderadas de transmissão de água e a capacidade de infiltração (fc) é de 3,8 a 7,6 mm/hora. Inclui-se nesta classe os solos arenosos menos profundos do que A.

(c) Classe C: solos com baixa capacidade de infiltração quando totalmente molhados. Eles contêm camadas impermeáveis que impedem o movimento descendente da água, ou solos de textura moderadamente fina a fina, com boa percentagem de argila. Tais solos apresentam baixas taxas de transmissão de água, sendo a capacidade de infiltração (fc) de 1,3 a 3,8 mm/hora.

(d) Classe D: solos com capacidade de infiltração muito baixa (alto potencial de escoamento superficial) quando totalmente molhados. Estão nesta classe os solos argilosos com alto potencial de intumescimento, ou com lençol freático permanentemente superficial, ou com camada de impedimento superficial, ou solos rasos assentados sobre estrato impermeável. Tais solos apresentam taxa de transmissão de água muito baixa. Sua capacidade de infiltração (fc) é de 0 a 1,3 mm/hora (MOCKUS, 1972; TUCCI, 1993).

Foi considerado para o enquadramento no grupo hidrológico dos solos para as duas microbacias deste trabalho a proposta de classificação hidrológica para os perfis de solo dos grupos encontrados no Estado de São Paulo, elaborada por Sartori (2005).

3.4.2 Média aritmética das feições

Para as microbacias, primeiramente determinou-se a média aritmética das feições de acordo com o tipo de solo e/ou grau de infiltração de água no solo, ou seja, a média dos valores de CN, propostas por Tucci (1993).

A mata nativa enquadrou-se na categoria florestas densas de alta transpiração, ou seja, floresta ombrófila densa. Já para corpo hídrico e várzea atribuiu-se valor de CN igual a 100, considerando a capacidade de infiltração nula dessas coberturas do solo.

As microbacias foram enquadradas nas tipologias de uso e cobertura do solo e com seus correspondentes CN's, de acordo com a classificação de Tucci (1993), indicado na Tabela 2, através de classes hidrológicas propostas por Sartori (2005).

Tabela 2 – Classes hidrológicas de solo das microbacias.

Uso e ocupação do solo	Classe hidrológica	Microbacia 1	Microbacia 2
		Área (%)	Área (%)
Corpo D'água	D	0,50	0,54
Cultura agrícola	B	26,66	29,31
Silvicultura	A	3,28	3,68
Floresta Ombrófila Densa	A	55,16	25,17
Pastagem	B	11,49	27,96
Urbano	B	1,14	11,45
Várzea	D	1,77	1,90

3.4.3. Umidade antecedente (NI, NII e NIII)

Considerou-se no cálculo de CN a umidade antecedente em três situações:

- NI corresponde a solo seco sem, contudo, atingir o ponto de murcha permanente, obtido aplicando-se a seguinte equação:

$$NI = \frac{4,2 NII}{10 - 0,058.NII} \quad (1)$$

- NII corresponde a solo em situação normal de umidade ou de água disponível, em situação de não saturação (capacidade de campo) ou de estresse hídrico (ponto de murcha permanente).
- NIII corresponde a solo saturado ou próximo da saturação ou da capacidade de campo, aplicando-se a seguinte equação:

$$NIII = \frac{23 NII}{10+0,13.NII} \quad (2)$$

Foi calculado, assim, CN para as tipologias de uso e cobertura do solo correspondente com a respectiva classe hidrológica, e em seguida para o conjunto das áreas das microbacias avaliando a condições de umidade antecedente, utilizando-se a seguinte equação:

$$N = \frac{\sum Nixai}{A} \quad (3)$$

Sendo:

N = o número de curva média para cada tipologia ou bacia;

Ni = o número de curva da área de uso do solo relacionado à classe hidrológica A, B, C, D;

ai = a área de uso de cada tipologia;

A = a área total da bacia hidrográfica.

3.4.4 Capacidade máxima de saturação da bacia (S)

A capacidade máxima de saturação da bacia (S) é calculada com base no CN resultante, representa a capacidade máxima de armazenamento de água, a qual é influenciada pelo tipo de solo, pela umidade inicial antes da precipitação, pela vegetação que a sustenta e pelo tratamento e uso ou cobertura do solo. S representa o potencial máximo de retenção de água que tem o complexo solo-vegetação, dado pela equação (Tucci, 1993):

$$S = \frac{25400}{CN} - 20,5 \quad (4)$$

Conhecida a CN Média da bacia de cada situação de umidade do solo, é calculada a capacidade máxima de saturação “S” da bacia, já internalizada a tipologia de uso e as classes de solo.

3.4.5. Encharcamento (P_o)

O encharcamento (P_o) representa o limite máximo de umidade, a partir do qual começa o escoamento superficial. Ele representa, portanto, altura mínima de chuva necessária para se produzir o escoamento superficial.

No método CN, esta abstração, corresponde a 1/5 (ou 20% da capacidade máxima do potencial de retenção), sendo obtido pela equação:

$$P_o = \frac{5080}{CN} - 50,8 \quad (5)$$

3.4.6 Precipitação efetiva (P_e)

A precipitação efetiva (P_e) ou escoamento superficial real, corresponde ao escoamento que atinge o leito do rio como Vazão Direta (Q_d). Dado pela fórmula:

$$P_e = (P_p - 0,2 S)^2 \div (P_p + 0,8 S) \quad (6)$$

Sendo:

P_p - Precipitação Incidente na bacia hidrográfica.

3.4.7. Perdas máximas reais (P_{max})

As perdas reais máximas (P_{max}), que representam o conteúdo de água que permanece na bacia e, que posteriormente, podem servir como água disponível para os cultivos abastecer o lençol freático, através da percolação profunda, ou mesmo sofrer processo de evaporação.

É dada pela equação:

$$P_{max} = P_p - P_o - P_e \quad (7)$$

3.4.8 Coeficiente de escoamento superficial (CE)

O coeficiente de escoamento superficial (CE), representa o tempo que a água de escoamento superficial demanda para alcançar o leito do rio, que pode ser identificado no hidrograma de vazão (escoamento superficial, sub-superficial e precipitação que incide diretamente na superfície do canal do rio), considerado como escoamento direto (Qd). O volume do escoamento direto foi comparado com a precipitação incidente na bacia, expresso a seguir:

$$CE = \left(\frac{Pe}{Pp} \right) \quad (8)$$

Pe = o escoamento superficial real ou aporte específico da bacia que alcança o leito do rio e faz com que o nível do rio se eleve;

Pp = a precipitação incidente sobre a bacia, sendo comumente expresso em porcentagem (%).

3.5 Correlação entre Vazão e cobertura florestal

Para verificar se os dados de vazão, da microbacia com maior área coberta por florestas (Q1) e para a microbacia com maior área de pastagem (Q2), atendiam a uma distribuição normal, foi realizado o teste da normalidade de Shapiro Wilk.

Com a confirmação da normalidade dos dados, realizou-se o teste t de Student para comparar médias das vazões. Utilizou-se, também, a correlação de Pearson para analisar a correlação entre as vazões e a precipitação e entre as vazões e coeficientes de escoamento superficial (CE), utilizando a média de chuvas de 3 e 5 dias precedentes da medição da vazão. Para as análises estatísticas de dados foi utilizado o programa R Studio, versão 3.2.2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classes de solos

O enquadramento dos solos das microbacias foi feito de acordo com Sartori (2005). Seus atributos físicos foram enquadrados de acordo com o tipo de solo predominante em cada uso e ocupação das microbacias.

Para as duas microbacias estudadas predominaram os solos do tipo latossolo vermelho-amarelo, os quais pertencem às classes hidrológicas A e B, e tipo podzólico, relacionado à classe B (Figura 4).



Figura 4 – Solos predominantes: A. Latossolo vermelho amarelo; B. Latossolo podzólico.

Fonte das fotos: Mello (2014)

Lombardi Neto et al. (1992) propõem que para determinar as classes hidrológicas basta localizar a bacia sobre um mapa pedológico que nela ocorrem, tal classificação foi considerada no presente trabalho, possibilitando a produção do mapa de classes hidrológicas e capacidade de infiltração para as duas microbacias (Figura 5).

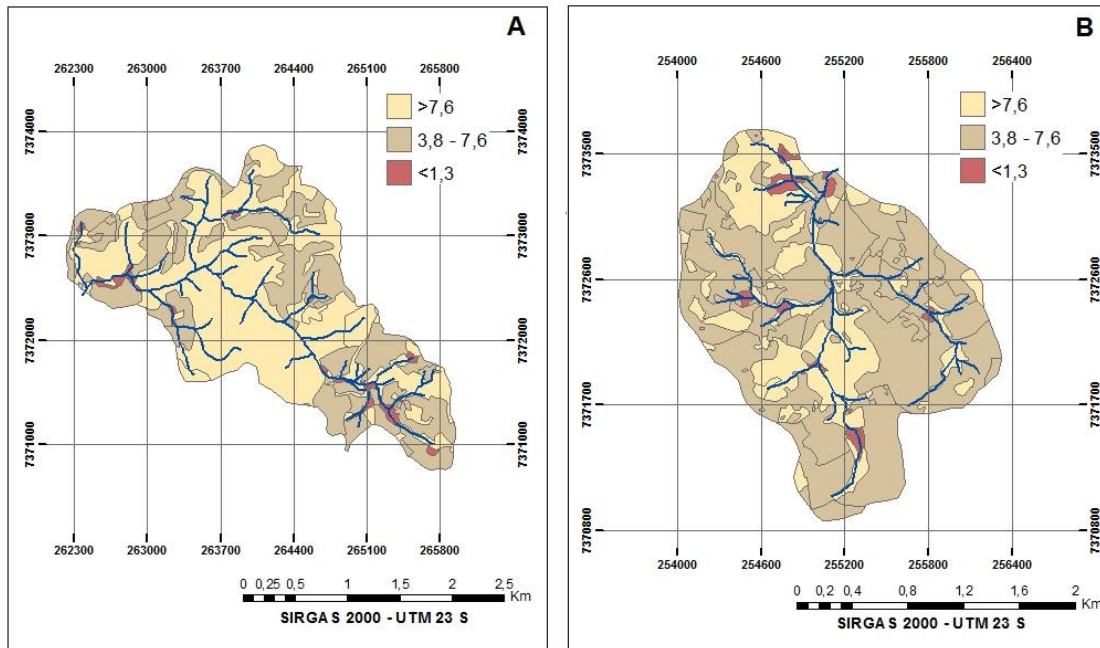


Figura 5 – Capacidade de infiltração das microbacias, no município de Piedade SP: (A) microbacia com maior área de cobertura florestal e (B) microbacia com maior área de pastagem.

4.2 Parâmetros hidrológicos

4.2.1 Curva Número (CN)

Os CN's resultantes do cruzamento das tipologias de uso e classes hidrológicas de solos para a determinação do valor médio da CN e o enquadramento das microbacias podem ser observados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Enquadramento das microbacias no método da curva número (CN) proporcional a área – Microbacia 1 com maior cobertura florestal; Microbacia 2 com maior área de pastagem.

Uso e cobertura do solo	Classe hidrológica	Microbacia 1		Microbacia 2	
		CN médio	Área (%)	CN médio	Área (%)
Floresta Ombrófila Densa	A	26,00	55,16	26,00	25,17
Eucalipto	A	46,00	3,28	46,00	3,68
Pastagem	B	59,00	11,49	59,00	27,96
Várzea	D	100,00	1,77	100,00	1,90
Cultura agrícola	B	69,00	26,66	69,00	29,31
Corpo D'água	D	100,00	0,50	100,00	0,54
Urbano	B	85,00	1,14	85,00	11,45
CN Médio		44,27	100,00	57,12	100,00

Tabela 4 – Enquadramento das microbacias no método da curva número (CN) nas diferentes condições de umidade antecedente.

Uso e cobertura do solo	NI (mm)	NII (mm)	NIII (mm)
Floresta Ombrófila Densa	12,86	26	44,69
Eucalipto	26,35	46	66,21
Pastagem	37,67	59	76,8
Várzea	100	100	100
Cultura agrícola	48,32	69	83,66
Corpo D'água	100	100	100
Urbano	70,41	85	92,87
CN médio Microbacia 1	25,01	44,27	64,62
CN médio Microbacia 2	35,88	57,12	75,4

A CN média da microbacia 1, que apresenta maior área coberta por floresta ombrófila densa, foi de 25,01 mm para condição seca (NI), 44,27 mm para condição normal (NII), e 64,62 mm para condição de solo saturado (NIII). Com este uso de solo, ou seja, 55,16 % coberto por floresta ombrófila densa, 3,28% por silvicultura, 11,49 % por pastagem, 26,66 % por culturas agrícolas, 1,14% por área urbana, e, com 2,27% por várzea/corpo hídrico.

As estimativas de curva número (CN) média da microbacia 2, que apresenta maior área de pastagem que a microbacia 1, com os valores de 35,88mm para condição seca (NI), 57,12 para condição normal (NII), e 75,40 para condição de solo saturado (NIII). Com o uso do solo apresentando 25,17% coberto por floresta ombrófila densa, 3,68% por silvicultura, 27,96 % por pastagem, 29,31 % por culturas agrícolas, 11,45% por área urbana, e, com 2,44% por várzea/corpo hídrico.

A microbacia 1 apresentou capacidade máxima de saturação (S) de 761,43 mm quando em situação de estiagem ou secos (NI), S de 319,75 mm em situação média de umidade (NII), e 139,04 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo.

A microbacia 2 apresentou capacidade de armazenar água, com S de 453,92 mm quando em situação de estiagem ou secos (NI), capacidade de saturação (S) de 190,65 mm em situação média de umidade (NII), e 82,89 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo, ou seja, a microbacia 1 apresentou maior capacidade de saturação (S) que a microbacia 2, devido ao menor valor CN.

A microbacia 1, com este uso e cobertura do solo, precisa de 152,29 mm quando em situação de estiagem ou secos (NI), de no mínimo 63,25 mm de chuva para produzir escoamento superficial em situação média de umidade (NII), e 27,81 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo (NIII).

A microbacia 2, para porcentagens diferentes de uso e cobertura, precisa de 90,78 mm quando em situação de estiagem ou secos (NI), de 38,13 mm de chuva para produzir escoamento superficial em situação média de umidade (NII), e 16,58 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo (NIII).

Com relação ao escoamento superficial real (Pe), para precipitação de 92 mm, a microbacia 1, nas condições atuais de uso e cobertura do solo, precisará de 5,18 mm quando em situação de estiagem ou seca (NI), em situação de normalidade em conteúdo médio de umidade (NII) precisará de 2,26 mm de chuva para produzir escoamento superficial, e de 20,27 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo (NIII), ou seja, a microbacia com maior cobertura florestal irá produzir menor escoamento superficial do que a microbacia com maior área de pastagem, para mesma precipitação incidente (Tabela 5).

Tal comparativo, para mesmas precipitações e condições diferentes de permeabilidade do solo/ pavimentação foram constatados por Junior & Miranda (2016), que realizaram a aplicação do método dos números hidrológicos para previsão do escoamento superficial real em bacia urbana.

Tabela 5 – Parâmetros hidrológicos das microbacias.

Parâmetros hidrológicos	Microbacia 1			Microbacia 2		
	NI	NII	NIII	NI	NII	NIII
Curva número médio da microbacia (CN)	25,01	44,27	64,62	35,88	57,12	75,40
Capacidade máxima de saturação (mm)	761,43	319,75	139,04	453,92	190,65	82,89
Conteúdo de chuva por abstração (mm)	152,29	63,95	27,81	90,78	38,13	16,58
Escoamento superficial real ou precip. efetiva (mm)	5,18	2,26	20,27	0,00	11,87	35,93
Perdas reais máximas (mm)	00,00	25,79	43,92	1,21	42,00	39,49
Coefficiente de escoamento superficial (%)	5,63	2,46	22,04	0,00	12,90	39,06

A microbacia 2, quando em situação de estiagem ou seca (NI), em situação de normalidade em conteúdo médio de umidade (NII) precisará de 11,87 mm de chuva para produzir escoamento superficial, e de 35,93 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo (NIII) (com precipitação de 92 mm).

A microbacia hidrográfica 1, em situação de normalidade em conteúdo de umidade, permitiria uma Pmax da ordem de 25,79 mm em situação média de umidade (NII) e 43,92 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo (NIII), com precipitação de 92 mm

A microbacia 2, em situação de normalidade em conteúdo de umidade, permitiria uma perda máxima real (Pmax) na ordem de 42,00 mm em situação média de umidade (NII), de 1,21 mm quando em situação de estiagem ou secos (NI) e 39,49 mm quando em estado de umidade próximo da saturação ou de capacidade de campo (NIII), para o mesmo índice de precipitação (92 mm), demonstrando que a microbacia 2, com menor porcentagem de cobertura florestal e maior área de pastagem que a microbacia 1, permitiria uma perda máxima de água maior, para diferentes condições de umidade antecedente do solo (Figura 6).

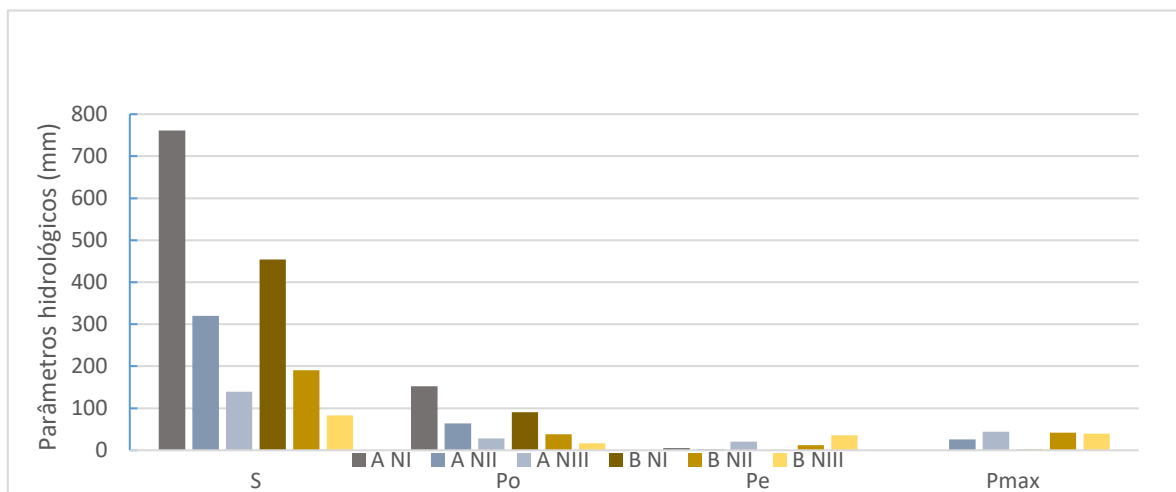


Figura 6 – Comparativo entre parâmetros hidrológicos das microbacias. A Microbacia com maior área florestal; B. Microbacia com menor área florestal e maior área de pastagem que a microbacia A.

A microbacia hidrográfica 2, apresentou maior coeficiente de escoamento superficial (CE) que a microbacia 1 em condição média de umidade (NII) e em estado de umidade próximo da capacidade de campo (NIII). A microbacia 1, apresentou maior CE que a microbacia 2 em situação de estiagem ou seca (NI), contabilizando 5,63 % para microbacia 1, para a situação de precipitação média de 92 mm. Isto representa

que a aportação específica da microbacia 1, que alcança o leito do rio e faz com que o nível do rio se eleve, é maior na microbacia com maior cobertura florestal para situações de estiagem e seca (NI) que na microbacia com menor cobertura florestal.

Para condição média de umidade (NII) e próximo a capacidade de campo (NIII) a aportação específica da microbacia 2, com menor cobertura florestal e maior área de pastagem, é maior que a microbacia 1, com maior cobertura florestal.

Os parâmetros estimados pelo método CN podem auxiliar na avaliação da contribuição da água precipitada para o aumento da vazão dos rios pelo CE, que para a microbacia com maior cobertura florestal nativa apresentou 2,46% e para a microbacia com maior área de pastagem um índice de 12,90%, ou seja a porcentagem de água precipitada contribuirá para o aumento da vazão. O parâmetro que melhor representa a o armazenamento de água nas microbacias é o S, que para a microbacia com maior cobertura florestal nativa foi de 319,75mm e a com maior cobertura de pastagem foi de 190,65mm.

Os comportamentos dos parâmetros hidrológicos das duas microbacias analisadas apresentam padrões similares a estudos realizados por Reyes (2010) em três sub-bacias do rio Capará nos anos 1985, 1999 e 2007, em que a sub-bacia com maior porcentagem de área florestada apresenta menores números hidrológicos, pela lógica da aplicação do método da curva número, maior capacidade de escoamento superficial (S), bem como menores coeficientes de escoamento superficiais (CE) para esses anos analisados.

Estudos apresentados por Bianchi (2012), na bacia do rio Canguiri, comprovam que o aumento nos valores de CN ao longo dos anos está relacionado à crescente urbanização na bacia, que está causando a impermeabilização do solo, afetando diretamente no escoamento direto (Pe), tal situação é observada com o aumento do escoamento direto aumenta em todos os parâmetros estudados: Tempo de Retorno (Tr), tempo de duração da chuva (td), nos anos trabalhados (1976, 1984 e 2009).

4.2.2 Vazões

As microbacias apresentam um padrão de vazão que acompanham a precipitação. Nos períodos de estiagem há menor fluxo de água e na época de chuvas maior vazão. A precipitação máxima observada foi no mês de fevereiro com 169 mm, e o mês mais seco foi o mês de junho, com precipitação de 27 mm (Tabela 6).

Comparando-se a média anual histórica de precipitação (CEPAGRI, 2016) com os dados de pluviosidade durante o período de outubro/2013 a outubro/2014, verifica-se que durante o período de estudo ocorreu estiagem, onde apenas o mês de fevereiro a precipitação se enquadrou na média anual histórica de precipitação ao comparar com os dados do período.

Tabela 6 – Distribuição das vazões da microbacia com maior área de cobertura florestal (Q1), microbacia de maior área com pastagem (Q2), precipitações mensais (Pp) e média para o período.

Meses	Vazão L/s		Pp (mm)
	Q1	Q2	
Outubro (2013)	34,89	15,02	106,5
Novembro	27,71	21,32	99
Dezembro	29,82	23,11	168
Janeiro	40,80	14,84	85
Fevereiro	42,46	27,77	169
Março	35,49	15,98	166,5
Abril	36,14	24,11	99,5
Maio	20,96	11,63	62,5
Junho	21,19	15,83	27
Julho	26,41	22,47	31
Agosto	24,48	18,98	44,5
Setembro	8,47	7,16	75
Outubro (2014)	18,33	16,08	62,5
Média	28,24	18,02	92

A precipitação anual de 2013 foi de 1278 mm e de 2014 foi de 1225 mm, enquanto que a média histórica é de 1354 mm. Os meses de junho e julho em especial apresentaram precipitação muito abaixo da média (27 e 31mm para o ano de 2014 e 58,9 e 46 mm para a média). A diminuição das chuvas no Estado de São Paulo desde o ano de 2012 interferiu para vazões baixas no período amostrado.

Com relação às curvas de vazões há uma queda na vazão de setembro para ambas as microbacias. A baixa precipitação dos meses de junho a agosto pode ter contribuído para a depleção de água. De modo geral, a tendência das curvas de

vazão, entre março e agosto é decrescente, o que é esperado em função da entrada da estação seca (Figura 7).

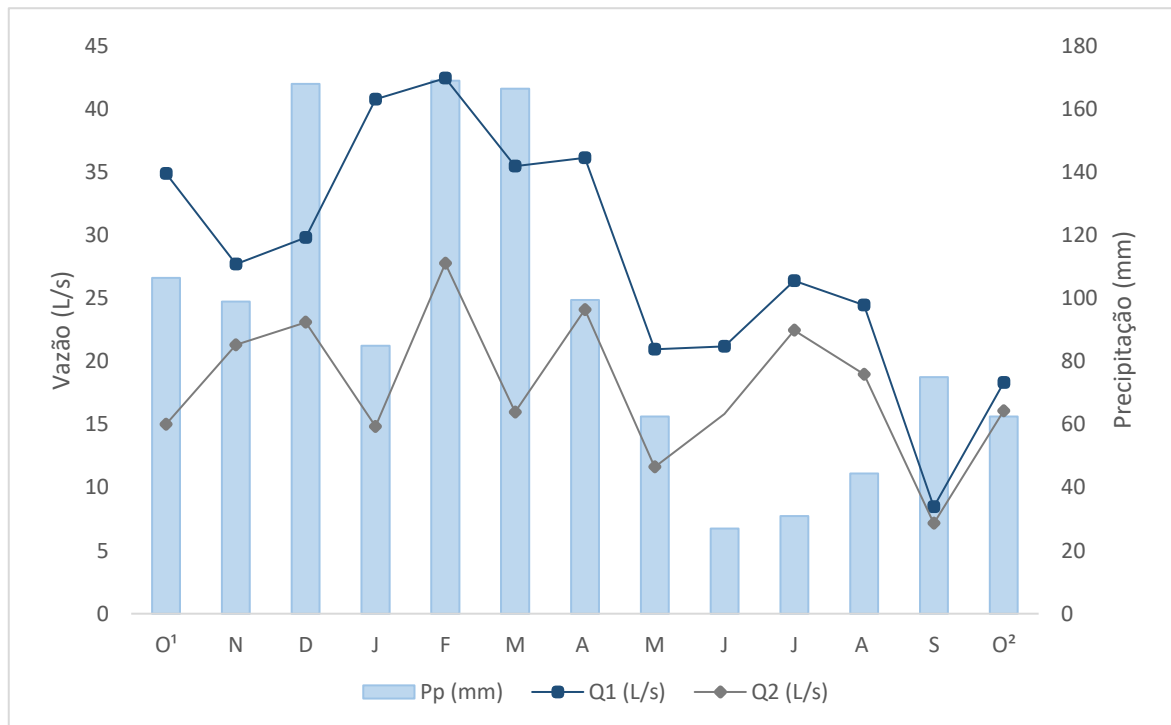


Figura 7 – Comportamento das variáveis hidrológicas precipitação (Pp) vazão para microbacia nas duas microbacias, sendo que Outubro¹ corresponde ao ano de 2013 e Outubro² ao ano de 2014.

As vazões variaram em função da precipitação, e responderam melhor à média de 3 dias anteriores do que 5 dias.

Os comportamentos das vazões no período analisado indicam que as microbacias apresentam tendências similares, porém, a microbacia 1, com maior área coberta por floresta ombrófila densa, apresenta maior escoamento superficial na maior parte do período estudado. A média das vazões da microbacia 1 é significativamente maior que da microbacia 2 que apresenta menor área florestal e maior área de pastagem do que a microbacia 1 (p -value < 0,001).

A microbacia 2 apresentou maior variação das vazões no período de chuva. Estudo realizado por Rodrigues et al. (2013) em microbacias no semiárido do Brasil evidenciaram que a microbacia sem cobertura florestal apresentou maiores picos de vazão em eventos de chuva, mantendo a média da lâmina d'água menor do que a bacia com cobertura de arbórea, destacando que a presença de vegetação rasteira pode contribuir para o processo de infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial em relação a solo exposto. A microbacia 2, além de apresentar maior área

de pastagem que a microbacia 1, apresenta gramíneas em área ripária, o que pode contribuir para a diminuição do escoamento superficial.

Com relação às curvas de vazões observa-se uma queda na vazão de setembro para ambas as microbacias. A baixa precipitação dos meses de junho a agosto pode ter contribuído para a depleção de água. De modo geral, a tendência das curvas de vazão, entre março e agosto é decrescente, o que é esperado em função da entrada da estação seca.

Estudo realizado por Vanzela et al. (2010) em uma microbacia em Marinópolis (SP) constatou que áreas ocupadas por matas e pastagens com menor intensidade favoreceram a disponibilidade e a qualidade da água na microbacia. A presença de área urbana consolidada e a menor porção de área florestada na microbacia com maior área de pastagem e menor área coberta por floresta pode ter contribuído para menores vazões observadas no período em relação à microbacia 1.

A variação da vazão, além da cobertura florestal, envolve outros atributos, tratando-se de um processo multivariado (RODRIGUES et al., 2013). Os tipos de uso do solo na microbacia, além da cobertura florestal, influenciam na resposta hidrológica.

Os parâmetros hidrológicos estimados pelo método CN indicaram que a microbacia com maior cobertura florestal nativa apresentou maiores valores de armazenamento de água no solo e menor coeficiente de escoamento superficial, firmando os valores reais de vazões, que foram maiores nas microbacias com maior área de florestas nativas.

A vazão é uma função da precipitação, porém o uso e cobertura do solo influenciam no armazenamento de água e tempo de resposta do escoamento superficial. Embora o método CN não afira os valores reais de vazão ele contribui fornecendo parâmetros importantes como o da capacidade máxima de saturação (S), que para este estudo indicou que a microbacia com maior cobertura florestal nativa, mesmo em períodos de estiagem, consegue armazenar mais água.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos:

- Houve diferença na disponibilidade hídrica nas duas microbacias, demonstrada por meio dos parâmetros hidrológicos levantados no método da curva número (CN) e através dos dados reais de vazão;
- A microbacia com maior área coberta por floresta ombrófila densa apresentou maiores valores de CN para a capacidade de armazenamento hídrico estimado que a microbacia com maior área de pastagem;
- O uso e cobertura do solo influenciam no armazenamento de água e tempo de resposta do escoamento superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLASIA, D. G.; VILLANUEVA, A. O. N. Custo da Incerteza na Macrodrenagem Urbana II: Influência do Erro na Estimativa do CN Sobre o Custo de Investimento da Rede. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 12. p. 79-90, 2007.
- ALMEIDA, J.; BRITTO, A. G. A utilização de indicadores ambientais como suporte ao planejamento e gestão de recursos hídricos: o caso da região autônoma dos Açores. III Congresso Iberico Sobre Gestão e Planificação da Água, Anais Sevilla, p.10, 2002.
- ALVES, D. B., SAUSEN, T. M., LACRUZ, M. S. P. Modelagem dinâmica do escoamento superficial na área urbana de Santa Maria – RS. Anais. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, INPE. p.5671-5678, 2011.
- ANDRADE, F. M. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio Una – Ibiúna/SP. Tese de mestrado – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), p. 58, 2016.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, n.56, p.125-134, 1999.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n.2, p.257-262, 2005.
- ATTANASIO, C. M. Plano de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrográfica na busca da sustentabilidade. Piracicaba. Tese de doutorado em recursos florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. p.106-119, 2004.
- BALTOKOSKI, V.; TAVARES, M. H. F.; MACHADO, R. E.; OLIVEIRA, M. P. Calibração de modelo para a simulação de vazão e de fósforo total nas sub-bacias dos rios conrado e pinheiro – Pato Branco (PR). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 34. p. 253-261, 2010.
- BARRETO-NETO, A. A.; FILHO, C. R. S. Modelagem dinâmica de escoamento superficial. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, INPE. p. 2427-2434, 2003.
- BIANCHI, R. C. Análise hidrológica do escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Canguiri, região metropolitana de Curitiba/PR. Tese de mestrado em engenharia florestal – UFPR. p.16-18, 2012.
- BIAS, E.S.; PIVELLO, L. ; GUEDES, S. C. ; ROCHA, K. C. . Análise da Eficiência da vegetação no controle do escoamento superficial: uma aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, DF. *Geociências* (São Paulo. Online), v. 31, p. 411-429, 2012.
- BRITO, E. M.; MELLO, K.; COSTA, D. R.; FARIA, L. C.; VALENTE, R. C. Geotecnologias aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo visando o planejamento ambiental. *Irriga*, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 577-590, julho - setembro, 2016.

BROOKS, K.N.; FFOLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M.; DEBANO, L.F. Hydrology and the management of watersheds. Ames: Iowa State University Press, 2003.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. p. 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 02 maio, 2016.

CAO, H.; VERVOORT, R. W.; DABNEY, S. M. Variação em números curva derivada a partir de dados trama de escoamento para Nova Gales do Sul (Austrália). Hydrological Processes, v. 25, p. 3774- 3789, 2011.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, Viçosa, v.30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARLESSO, R.; SPOHR, R. B.; ELTZ, F. L. B.; KNIES, A. E.; FIORIN, T. T. Estimativa do escoamento superficial no sul do Brasil: modelo modificado de Smith e número da curva (USDA-SCS). CEER. p. 1-15. 2007.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. Comparação entre o tempo de retorno da precipitação máxima e o tempo de retorno da vazão gerada pelo evento. In: AIDIS; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, AIDIS, 2006, p.1-8.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - UNICAMP. Clima dos Municípios Paulistas.

CHIARANDA, R. Usos da terra e avaliação da capacidade potencial de armazenamento de água da bacia do rio Cuiabá – MT. Tese de doutorado, UFPR. p. 361, 2002.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. Hidrología aplicada. Santa Fé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana. Colombia. P. 584, 1994.

CICCO, L.S. Evolução da regeneração natural de floresta ombrófila densa altomontana e a produção de água em microbacia experimental, Cunha – SP. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, 2013.

CROCKFORD, R. H.; RICHARDSON, D. P. Divisão de chuvas interceptadas: efeito do tipo de floresta, cobertura do solo e clima. Hydrological Processes, Spain. 14, p. 2903-2920, 2000.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.13, p.111-124, 2008.

ELLISON, D.; FUTTER, M. N.; BISHOP, K. On the forest cover–water yield debate: from demand- to supply-side thinking. Global Change Biology, v. 18, n.3, p.797-1196, 2011.

EMBRAPA. Agência de Informação tecnológica. Disponível em http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_97_10112005101957.html#topoPagina Acesso em dezembro/2016.

FÁZIO, J. R. How Trees Can Retain Stormwater Runoff. Tree City USA, Boletim n. 55, p. 1-8, 2012.

FENGLER, F. H.; MORAES, J. F. L.; RIBEIRO, A. I.; FILHO, A. P.; STORINO, M.; MEDEIROS, G. A. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013 R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.4, p.402-408, 2015.

FERNANDES, M. R. Vegetação ciliar no contexto de bacias hidrográficas. Simpósio mata ciliar. Ciências e tecnologia, Anais CEMIG/UFLA, Belo Horizonte. p. 217-223, 1999.

FERREIRA, D.S.; RIBEIRO, C.D.; CECÍLIO, R.A. XAVIER, A.C. Estimativa do escoamento superficial na bacia do Córrego João Pedro através de técnicas de geoprocessamento. Seminário de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o ciclo hidrológico. Taubaté, 07-09 Nov. p. 163-169, 2007.

FIORENTIN, L. D, et al. Quantificação e modelagem da biomassa e carbono da regeneração natural em área de floresta ombrófila mista. Revista Brasileira Biomas. São Paulo, v.33, n.2, 2015. p.251-267.

GAREN, D. C.; MOORE, D. S. Método da curva número na modelagem da qualidade da água: usos, abusos e direções futuras. Journal of the American Water Resources Association, Portland Oregon, v. 2, n. 41, p. 377-388, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 2012, p.271 (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).

JUNIOR, L. R. S.; MIRANDA, D. A. Análise de sensibilidade de parâmetros hidrológicos com a utilização de pavimentos intertravados em bacias urbanas – estudo de caso da bacia do Córrego do Leitão em Belo Horizonte/Minas Gerais. Revista Petra. v. 2, n. 1, p. 17-35, 2016

LEWIS, D.; SINGER, M.J.; TATE, K.W. Aplicação do método da Curva Número para microbacias na Califórnia. Journal of Soil and Water Conservation, Ankery, v. 53, n. 2, p. 226-30, 2000.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, Campinas, v. 51, n. 2, 1992, p.189-196.

MA, Q. L.; WAUCHOPE, R.D.; HOOK, J.E.; JOHNSON, A.W.; TRUMAN, C.C.; DOWLER, C.C.; GASCHO, G.J.; DAVIS, J.G.; SUMNER, H.R.; CHANDLER, L.D. GLEAMS. OPUS, E PRZM-2 predição do modelo versus escoamento medido na planície litoral. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 41, n.1, p. 77- 88, 1998.

- MANTOVANI, L. E. Aspectos hidrológicos e hidrogeológicos da bacia do rio Fervida, aquífero Carste, Colombo, Paraná. R. Ra'e Ga – Curitiba, v. 37, p. 190 - 206 , Ago/2016
- MARTINS, S.V. Recuperação de matas ciliares. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.
- MATTAR NETO, J.; KRÜGER, C. A.; DZIEDZIC, M. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. Eng. Sanit. Ambient. v. 14, p. 205 - 214, 2009.
- MELLEK, J. E. Análise hidrológica e aplicação do método de curva número em bacia vertente sob cobertura florestal. Tese de doutorado. Curitiba. UFPR. p.65-74, 2015.
- MELLO, K.; VALENTE, R.A. ; VETORAZZI, C.A. ; RANDHIR, T. . Impacto das florestas na qualidade da água em microbacias agrícolas no estado de São Paulo, Brasil. Conferência anual de recursos hídricos, Denver. Anais. v. 1, 2015.
- MENDES FILHO, W. M.; VENDRAME, I. F.; CARVALHO, R. G. Utilização de sistema de informações geográficas para o mapeamento do potencial de retenção de águas pluviais no município de São José dos Campos - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 3453 – 3460.
- MINGOTI, R.; VETORAZZI, C. A. Redução relativa da perda de solo anual em microbacias hidrográficas em função do relevo e da cobertura florestal. Revista Engenharia Agrícola, v.31, p.1202-1211, 2011.
- MOCKUS, V. Grupos Hidrológicos dos Solos. In: USDA-SCS. Manual Nacional de Engenharia Sessão 4, Capítulo 7, Hidrologia. 1972
- NEARY, D. G.; ICE, G. G.; JACHSON, C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. Forest Ecology and Management, v. 258, p. 2269-2281, 2009.
- NETO, J. R. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; PINHEIRO, E. A. R. Otimização do número de curva (cn-scs) para diferentes manejos na região semiárida, Ceará, Brasil. Irriga. Edição especial. p. 264-279, 2012.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. C. DE; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário a Mata Atlântica. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 1, p.9-15, 2005.
- OLIVEIRA, J. B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Instituto Agrônomo. Boletim Científico 45. Campinas, 1999.
- OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil, and the influence of climate. Biotropica, v. 32, p. 793–810, 2000.
- PATHAK, P., LARYEA, R.B., SUDII, R Modelo de escoamento superficial para micro bacias hidrográficas nos trópicos semi-áridos.. Transactions of the ASAE, cidade, v. 32, n. 5, p.1619-1624, 1989.

PINHEIRO, A.; ROSA, A.S. Comportamento hidrológico em bacias com floresta nativa e implantada no município de Caçador, SC. . Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, n. 4. p. 81-87, 2010;

REIS, L.V.S. Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 17-22, 2004.

REYES, C.D.R. Análise das características hidrológicas de três sub-bacias do rio carapá (canindeyú, paraguai) em função das mudanças da cobertura vegetal em três diferentes épocas. Tese de mestrado em engenharia florestal. Curitiba. UFPR. p.65-68; 101-107, 2010.

RIZZI, N. E. Hidrologia florestal e manejo de bacias hidrográficas. Apostila em formato digital (DVD). 2,8 Mb. Curitiba, 2016.

RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M.; MENDONÇA, L.A.R.; ARAÚJO, J.C.; PALÁCIO, H.A.Q.; ARAÚJO, E.M. Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n.3, p. 312-318, 2013.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP/FAPESP. 320p. p. 235-48, 2000.

RUHOFF, L. A. Modelagem dinâmica de escoamento superficial na Bacia Arroio Grande, RS. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE. p. 3529-3531, 2007.

SAGARA, F. T. Estudo hidrológico de um pequena bacia hidrográfica experimental no município de General Carneiro-PR, através de monitoramento e modelagem. Tese de mestrado. Curitiba. UFPR. p. 12, 2001.

SALEMI, L. F. GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; MORAES, J.M.; LIMA, W. P.; MARTINELLI, L.A. Aspectos hidrológicos da recuperação florestal de áreas de preservação permanente ao longo dos corpos de água. Revista do Instituto Florestal, v. 23, p. 69-80, 2011.

SALEMI, L. F.; GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; MORAES, J. M.; LIMA, W. P.; MARTINELLI, L. A. Vegetação ripária e produção de água: Síntese. Journal of Hydrology, p. 195-202, 2012.

SANTOS, A. F.; BERTOTTI, L. G. Avaliação socioambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno, São José dos Pinhais (PR). *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 5, p. 275 - 292, 2009.

SARTORI, A. Classificação hidrológica de solos Brasileiros para estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos parte I : classificação. RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.10, n. 4, p. 05-17, 2005.

SILVA, J.M.A.; PRUSKI, F.F.; RODRIGUES, L.N.; CECILIO, R.A. Modelo para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. Desenvolvimento e análise de sensibilidade. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 4, n. 1, p. 78-84, 2009

SILVA, R. B. G. Manejo hídrico sobre o desenvolvimento e a qualidade de mudas florestais nativas em ambientes protegidos. 2013. v, 119 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.

SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. Revista Arvore. V. 38, n.6, p.973-982, 2014.

SMA/CPLA. Secretaria do Meio Ambiente/ Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Conteúdo, tratamento e apresentação dos dados. p.172, 2013.

SOUSA, R. C.; RIZZI, N. E.; RANZINI, M.; ARCOVA, F. C. S.;CICCO, V.; SILVA, L. R.. Interceptação pluviométrica pelo dossel de floresta ombrófila mista alto-montana no parque estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 46, n. 2, p. 243 – 250, 2016.

TUCCI, C. E M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 5 n.1, p. 61-68, 2000.

TUCCI, C. E M. Modelos hidrológicos. 2. ed. Porto Alegre: ABRH-UFRGS, 2005.

TUCCI, C. E. M. Curvas de intensidade de precipitação – Duração e Frequência. Blog do Tucci: Recursos Hídricos e Meio Ambiente. p. 236, 2011.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: ABRH e EDUSP: Coleção Recursos Hídricos, v.4. 1993.

TUCCI, C.E.M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

VALENTE, O. F. Manejo de bacias hidrográficas. Ação Ambiental. V. 1, n. 3, p. 5-6, 1999.

VANZELA, L. S.; T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 55-64, 2010.

YOUNG, M. D. B.; GOWING, J. W.; WYSEURE, G. C. L.; HAITIBU, N. PARCHEDTHIRST: Desenvolvimento e validação de um modelo baseado em processos de captação de água da chuva. Agricultural Water Management, v. 55, n. 2, p. 121-140, 2002.