

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS

CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA

ÁLISSON CÉSAR RODRIGUES PEREIRA

**DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DAS NASCENTES E
CURSOS D'ÁGUA DE UMA MICROBACIA DO RIO SÃO NICOLAU, AFLUENTE
DO RIO DOCE**

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2018

ÁLISSON CÉSAR RODRIGUES PEREIRA

**DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DAS NASCENTES E
CURSOS D'ÁGUA DE UMA MICROBACIA DO RIO SÃO NICOLAU, AFLUENTE
DO RIO DOCE**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente.

Orientador: Me. Mateus Marques Bueno

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

P426d 2018 Pereira, Álisson César Rodrigues.

Diagnóstico e monitoramento hidrológico das nascentes e cursos d'água de uma microbacia do rio São Nicolau, afluente do rio Doce. / Álisson César Rodrigues Pereira. – 2018.
42f.; il

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Meio Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2018.

Orientador: Me. Mateus Marques Bueno

1. Nível do lençol freático. 2. Balanço hídrico;. 3. Uso e ocupação do solo.
I. Pereira, Álisson César Rodrigues. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 551.48

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
Campus São João Evangelista

Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

ÁLISSON CÉSAR RODRIGUES PEREIRA

**DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DAS NASCENTES E
CURSOS D'ÁGUA DE UMA MICROBACIA DO RIO SÃO NICOLAU,
AFLUENTE DO RIO DOCE**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de
Minas Gerais – Campus São João Evangelista
como exigência parcial para obtenção do título
de Especialista em Meio Ambiente.

Orientador: Me. Mateus Marques Bueno

Aprovada em 30 de novembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Me Mateus Marques Bueno
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

Prof. Me. Adelson da Fonseca Oliveira
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

Dra. Patrícia Lage
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

Aos meus pais Ari e Maria do Carmo

As minhas irmãs Ariana e Arilda

A todos os amantes e defensores dos recursos hídricos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela graça concedida.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais Campus São João Evangelista pelo apoio e estrutura fornecida. Gratidão aos inúmeros funcionários envolvidos nesse projeto, em especial a Patrícia Lage e Paulo Modesto, por incentivarem e apoiarem este trabalho.

Ao professor Me. Mateus Marques Bueno pela orientação, dedicação e incentivo em todas as atividades desse projeto.

Aos meus amigos, em especial Carlos Henrique pelo companheirismo, amizade, empenho e dedicação no auxílio nas etapas deste projeto, a Gabriel Lopes pela sua proatividade em contribuir.

A Sebastião, funcionário mais antigo do campus, pela sua disponibilidade e boa vontade em ajudar, com suas histórias sobre matas e cursos d'água existente no passado que instigaram minha curiosidade.

Agradecer aos amigos, funcionários e ex-funcionários dessa renomada instituição em especial a: Osmar, Zé Castilho, Nilson Mantovani, Altair (Pelé), Edson, Bruno Magno, Dimas, Adair, Geraldo Lage. Aos professores Ícaro Tourinho Alves e Adéliton da Fonseca de Oliveira nosso muito obrigado.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente com este trabalho.

RESUMO

A problemática da diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos é um assunto que gera muitas dúvidas e questionamentos. Desta forma, o acompanhamento hidrológico no tempo e no espaço se torna primordial, principalmente em microbacias localizadas em áreas de captação de grandes bacias hidrográficas. Neste sentido, buscou-se investigar as possíveis causas da diminuição da vazão de base e o número de nascentes em uma microbacia do rio São Nicolau, localizada no município de São João Evangelista, na zona de captação a bacia do rio Doce. Este diagnóstico foi feito através do levantamento topográfico, mapa de uso do solo, medição de precipitação, monitoramento da vazão de base e nível do lençol freático. Os resultados mostram que a maior parte da área de estudo apresenta relevo acentuado. Nas áreas planas, os usos preponderantes são pastagem ou uso alternativo do solo. Neste sentido, o fluxo preferencial da água precipitada é o escoamento superficial, que pode ser comprovado pela rápida resposta da vazão de base, no exutório da microbacia, e na variação da profundidade do lençol freático. Desta forma, conclui-se que a configuração do relevo, alinhado às condições de manejo e uso do solo são determinantes na perenização de cursos hídricos. Uma vez que a primeira condição é imutável, o uso do solo é o principal fator na produção de água.

Palavras chave: nível do freático; balanço hídrico; uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

The issue of diminishing the availability of water resources is a subject that generates many doubts and questions. In this way, time and space hydrological monitoring becomes essential, especially in microbasin located in catchment areas of large hydrographic basins. In this a, this main objective of this study was investigate the possible cause of the decrease of the base flow and the number of springs in a microbasin of the river São Nicolau, located in the municipality of São João Evangelista, in the catchment area of the river Doce basin. This survey was done through topographic survey, land use map, precipitation measurement, base flow monitoring and water table level. The results show that most of the study area are in marked relief. In flat areas, the predominant uses are pasture or alternative land use. In this sense, the preferential flow of the precipitated water is the surface flow; it is evidenced by the rapid response of the basin flow, the outflow of the microbasin, and the variation of the water table depth. In this way, we concluded that the configuration of the relief, aligned to the conditions of management and soil use are determinant in the perennial watercourses. Since the first condition is unchanged, land use is the main factor in water production.

Keywords: groundwater level; hydric balance; use and occupation of the soil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Nascentes	10
2.2	Microbacias, Sensibilidade Hidrológica e Controle do Fluxo Hídrico	11
2.3	Cobertura Vegetal e Perenização de Curso Hídrico	12
2.4	Monitoramento do Lençol Freático e sua Importância para a Conservação	13
2.5	Manejo do Solo e da Água em Sistemas Agrícolas.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Caracterização da Área Experimental e levantamentos de dados de precipitação	16
3.2	Levantamento de dados de precipitação para a microbacia	17
3.3	Levantamento Planialtimétrico da Microbacia, Determinação do Uso do Solo Atual, Locação de Pontos de Amostragem.....	18
3.4	Poços de Observação do Lençol Freático – Piezômetros.....	19
3.4.1	Confecção e instalação dos piezômetros	19
3.4.2	Leitura nos piezômetros	21
3.5	Vazão de Base da Nascente	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra, mesmo sendo conhecido como o planeta Água, possui somente 3% (três por cento) da água disponível para consumo, enquanto os 97% (noventa e sete por cento) restantes estão nos oceanos, constituindo-se de água salgada. Dos 3% (três por cento) de água doce existentes na Terra, 0,5% (meio por cento) está disponível nos corpos d'água doce, 2,3% encontram-se nos lençóis profundos e geleiras, 0,2% na atmosfera. (FREITAS; SANTOS, 1999).

Apesar da demanda mundial por água crescer constantemente, os suprimentos globais são limitados e sua disponibilidade vem se tornando um problema real para um número cada vez maior de países. O controle da disponibilidade e qualidade das águas, no Brasil, teve início com o chamado Código de Águas (decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934). Este código incorporava a concepção da época de sua edição, de que as águas deveriam ser controladas somente para efeitos de geração de energia, que de fato era o principal uso deste bem ambiental naquela época. Dessa forma, o controle existia apenas com relação à quantidade de água que era utilizada, para evitar conflitos de vizinhança, desvios indiscriminados de rios e outros cursos d'água, dentre outros (BRASIL, 1934).

Com a expansão agrícola e industrial, este recurso anteriormente abundante, passou a a ser fonte de preocupação e estudo. Deste modo, o código das águas incorporou, dentre outras medidas, o valor econômico das águas, possibilitando avanços significativos na gestão deste recurso. Este mesmo código criou também os usos preferenciais da água, sendo o primeiro o consumo humano, seguido de dessedentação animal.

No Brasil o setor de irrigação é o que possui a maior parcela de vazão outorgada (cerca de 47% do total) e a maior vazão consumida (69%) (BRASIL, 2009). Recentemente e principalmente em regiões de cabeceira, surgiram conflitos de uso, sendo que até mesmo o uso considerado prioritário fosse atingido, deixando cidades em estado de alerta e em casos extremos sem o abastecimento.

Desta forma, torna-se necessário o entendimento das unidades de planejamento de recursos hídricos, microbacias, para que políticas públicas sustentáveis de gestão sejam propostas e implementadas. A bacia hidrográfica é um sistema aberto cuja a área é delimitada por um divisor de águas. Borsato e Martoni (2004) ressaltam que toda bacia hidrográfica possui uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, que faz convergir os escoamentos para seção de exutório, seu único ponto de saída. Porto e Porto (2008) mencionam que, no exutório, estão presentes todas as respostas do meio em relação aos processos que atuam em

toda bacia. Os mesmos autores esclarecem que o que acontece no exutório é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que ali convergem.

Sobre as áreas da bacia hidrográfica se desenvolvem as atividades humanas, por isso todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Portanto, o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental permite relacionar os mecanismos de causa e efeito dentro do território (LIMA, 1989).

Visto que as bacias hidrográficas são compostas por microbacias, onde são encontradas as nascentes. Para entender o comportamento de uma nascente é necessário entender a dinâmica hídrica ao longo desta área. Assim, este estudo propõe um diagnóstico e monitoramento de uma microbacia, com presença de nascentes perenes e intermitentes, assim como a medição direta de vazão de base e profundidade do lençol freático com o objetivo de entender como os processos antrópicos influenciam a perenização deste sistema aberto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Nascentes

É considerado nascente um afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água, as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, devem ser preservadas no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros, previstos na Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Aquelas que não apresentam um raio 50 metros de mata nativa e ocupadas por pastagem ou agricultura são ditas nascentes perturbadas, apresentando baixo estado de conservação (MARMONTEL; RODRIGUES, 2015).

As nascentes apresentam importante papel ambiental: além de fornecerem água para os córregos e rios que abastecem uma cidade, são fonte de vida para flora e fauna e diversos organismos. Para que as nascentes continuem preservadas, é necessário cuidar de seu entorno, considerado legalmente como uma Área de Preservação Permanente.

Segundo Valentini e Gomes (2011) a infiltração de água no solo é fator fundamental se tratando de recursos hídricos, este interfere diretamente no abastecimento de nascentes. A bacia hidrográfica é considerada como uma unidade de produção de água onde, parte da água infiltrada recarrega o lençol freático. Por razões geológicas parte da água infiltrada no solo de uma bacia hidrográfica, é direcionada para um ponto específico denominado nascente.

Felipe e Magalhães Junior (2013) propõem que a nascente seja considerada como um sistema ambiental, onde o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente, de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem. Uma nascente abrange, portanto, os mais diversos processos hidrológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos resultando no afloramento da água dando origem a um curso d'água.

Ao monitorar as nascentes de uma microbacia hidrográfica é possível inferir sobre as práticas de manejo utilizadas, dizendo se as mesmas são as mais adequadas quando se trata da produção de água. Esta avaliação é possível observando fatores qualitativos e quantitativos das nascentes, como a vazão deste recurso hídrico ao longo do tempo. Deste modo, em um monitoramento hidrológico o conhecimento dos fatores que influenciam uma nascente se torna fundamental.

2.2 Microbacias, Sensibilidade Hidrológica e Controle do Fluxo Hídrico

As bacias hidrográficas são formadas a partir de canais que escoam a água de toda a área, a quantidade de água que a bacia irá receber depende do tamanho da área desta bacia e dos processos naturais como: precipitação, evaporação, infiltração e escoamento, as características referentes a topografia, vegetação, clima, uso e ocupação do solo, influenciam toda a dinâmica hídrica de uma bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Cazula e Mirandola (2010) a bacia hidrográfica apresenta ciclos hidrológicos bem definidos, envolvendo tanto regiões a montante quanto a jusante, assim como as águas subterrâneas e superficiais. De acordo, com estes autores o reconhecimento e caracterização desta unidade é de fácil percepção, visto, que qualquer ponto pertence a uma determinada bacia hidrográfica, sendo assim quando o problema central for a água a solução está ligada ao manejo e manutenção da bacia hidrográfica. Pode-se então considerar que os acontecimentos em uma bacia hidrográfica ocorrem de uma forma sistêmica, em que o balanço hídrico se dá pela entrada da água por meio da chuva e a saída pelo exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão ocorre pelos sistemas hídricos, a questão da escala a ser utilizada depende do problema a ser solucionado (PORTO; PORTO, 2008).

De acordo com Leonardo (2003), quando se opta por uma escala menor, as microbacias possuem características particulares, hidrológicamente apresentam uma grande sensibilidade tanto a chuva de grande intensidade e curta duração, quanto ao uso do solo. As alterações na quantidade e na qualidade da água do deflúvio, são detectadas com uma sensibilidade maior em microbacias quando comparadas com grandes bacias hidrográficas. O autor reforça que quando se analisa o regime de vazão ou outras variáveis hidrológicas, está se trabalhando na escala micro de análise, trata-se de avaliação *in loco*, mensurando assim os indicadores de qualidade e quantidade de água, e, a partir de análises e interpretações criteriosas, obtêm-se informações que retratam a saúde da microbacia hidrográfica.

Alguns atributos e indicadores que orientam o manejo sustentável em uma microbacia hidrográfica possuem relação direta com o regime de vazão e com a quantidade e qualidade de água. A resposta hidrológica de uma microbacia hidrográfica é transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo.

Segundo Tucci (1993), o princípio do método racional se baseia na igualdade entre, a precipitação intensa de projeto e a concentração na bacia, por determinado tempo, onde a duração é inversamente proporcional à intensidade, fato esse que ocorre em pequenas bacias

em situações crítica. O coeficiente de escoamento usado no método racional leva em consideração o tipo de ocupação, tempo de retorno, solo e a intensidade da precipitação.

A perenização de curso hídrico, via ponto de exsudação do lençol freático na superfície, depende de todos os processos que ocorrem a montante daquele ponto na bacia hidrográfica. A importância da floresta na manutenção dos serviços ambientais e conservação da microbacia hidrográfica são comprovadas por meio da regularidade na produção de água doce com qualidade e disponibilidade para a comunidade (RODRIGUES, 2011).

2.3 Cobertura Vegetal e Perenização de Curso Hídrico

A cobertura vegetal influencia grandemente na infiltração da água no solo, pois, o sistema radicular das plantas proporciona a criação de caminhos preferenciais para o movimento de água no solo, aumentando a capacidade de infiltração. Um solo com a presença de cobertura vegetal se torna mais eficiente na redução do impacto das gotas de água oriundas da chuva, além de proporcionar uma camada de matéria orgânica, que permite atividade dos microrganismos, insetos e animais. A ação da cobertura vegetal também está presente na redução do escoamento superficial, contribuindo no aumento do volume de água infiltrada (CARVALHO, 2008).

Segundo Rodrigues (2011) a água oriunda da chuva chegando no solo pode seguir dois caminhos distintos: a infiltração no perfil do solo podendo atingir e aumentar o nível do lençol freático, e/ou escoamento superficial, com possibilidade de ocorrência de enchentes e até mesmo erosão. A influência da floresta em promover condições favoráveis para produção de água e conservação da microbacia hidrográfica é confirmada analisando-se a estabilidade na produção de água e a qualidade dos recursos hídricos que abastecem uma comunidade.

De acordo com Oliveira Júnior e Dias (2005) existe uma ligação direta entre a dinâmica das nascentes e do lençol freático, se trata do manejo da vegetação. Conforme a prática adotada pode ocorrer a diminuição da infiltração na superfície sólida promovendo a formação de enxurradas, comprometendo a vazão das nascentes ou até mesmo o esgotamento de seus recursos hídricos. É perceptível, a diminuição dos fatores degradantes do solo em áreas contendo florestas, as mesmas atuam de maneira significativa no ciclo hidrológico, proporcionando melhores condições de infiltração da água da chuva.

Dentre as áreas que contribuem com o volume de água infiltrada em uma microbacia pode-se citar as zonas ripárias, essas, contribuem diretamente para o aumento da vazão

hídrica. A mata ciliar se apresenta como componente importante dessas zonas, degradando essas matas ocorrerá uma diminuição no armazenamento de água podendo afetar negativamente a vazão hídrica na microbacia no período de estiagem. Portanto, as zonas ripárias são fundamentais na manutenção hídrica, quando preservadas garantem condições favoráveis para a fauna, produção agrícola e abastecimento de água (VASCONCELOS, 2016).

Para Lima e Zakia (1998) somente os 30 metros de mata ciliar protegendo os cursos d'água, deixando de lado outras práticas de manejo ambiental, se torna insuficiente quando se trata da manutenção da integridade e estabilidade da microbacia. Segundo os autores deve-se adotar uma visão na escala micro, levando-se em consideração a própria superfície do solo, fator fundamental no processo hidrológico por apresentar ligação direta com a infiltração de água no solo.

Diante do exposto, percebe-se que a cobertura vegetal beneficia a perenização de um curso hídrico, pois, um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desnudo, logo uma maior permeabilidade acarreta em maior infiltração, gerando maiores volumes na recarga das águas subterrâneas podendo aumentar a vazão e a constância de um curso hídrico.

2.4 Monitoramento do Lençol Freático e sua Importância para a Conservação

A denominação de água subterrânea passou a compreender toda a água que ocorre abaixo da superfície de uma determinada área, a água subterrânea da zona de saturação do subsolo circula lentamente, atingindo velocidades da ordem de cm/dia sob ação do gradiente hidráulico. Uma parcela desse fluxo deságua na superfície dos terrenos, formando as fontes, olhos de água, abastece os poços e outras obras de captação. Outra parcela do fluxo de água subterrânea da zona saturada deságua nos rios, tornando-se perenes durante os períodos em que a precipitação atmosférica (chuva, neve, neblina) é relativamente escassa ou descarregam diretamente nos lagos e oceanos. A camada aquífera se comportava, efetivamente, como um sistema, com zona de recarga e zona de descarga, as quais se relacionam obedecendo a leis físicas e matemáticas (REBOUÇAS, 2006).

O Brasil possui um considerável volume de 112 trilhões de metros cúbicos de água em suas reservas subterrâneas, e a contribuição multianual média à descarga dos rios é da ordem de 2.400 km³ /ano (REBOUÇAS, 2006). Compondo o montante das águas subterrâneas estão

as águas oriundas do lençol freático, para quantificar e estimar a quantidade de água presente nessas regiões é preciso utilizar técnicas de monitoramento.

O monitoramento proporciona uma orientação científica e técnica sobre as práticas de utilização dos recursos naturais, a produção alinhada com o monitoramento propicia melhores resultados na sustentabilidade, além de subsidiar estudos sobre funcionamento hidrológico de microbacias, o monitoramento hidrológico orienta o manejo ao nível de propriedade agrícola. Já é comprovado que a determinação da saúde de uma microbacia através de técnicas de monitoramento se torna muito mais eficiente, visto que, por meio destas é possível determinar indicadores de qualidade, quantidade de água (deflúvio) e o regime de vazão, sendo esses, indicadores de fundamental importância no manejo adotado na microbacia (LEONARDO, 2003). Lima e Zakia (1997) ressaltam que por meio do monitoramento de alguma propriedade da água superficial ou subsuperficial pode-se dizer se na microbacia está ocorrendo o bom ou mau uso da terra.

Rodrigues (2011) verificou que a cobertura vegetal retém grande parte da água oriunda de precipitação, infiltração, drenagem vertical e percolação. Estes são os caminhos percorridos pela água, ao atingir o nível freático o que promove o aumento do fluxo de base e da vazão além disso o autor concluiu que o fluxo de base e o armazenamento de água em ambiente com vegetação foi superior quando comparado com ambiente a céu aberto.

A recarga natural do lençol freático resulta-se da quantidade de chuva e da estabilidade hídrica entre escoamento superficial, escoamento de base e a evapotranspiração. A vazão que ocorre em uma microbacia é o resultado da soma do escoamento superficial, do fluxo de base e da precipitação direta no escoamento de drenagem (RODRIGUES, 2011). A vazão é produto dos processos hidrológicos ocorridos em uma microbacia, é medida pela unidade litros por segundos l/s ou m³/s, vazão tal que transpõem o vertedor desta microbacia.

2.5 Manejo do Solo e da Água em Sistemas Agrícolas

O setor agrícola se apresenta como o maior consumidor de água, ao nível mundial a agricultura exibe um consumo de aproximadamente 70% de toda água derivada de rios, lagos e aquíferos subterrâneos, além do autoconsumo dos recursos hídricos, as práticas de agricultura e pecuária quando aplicadas de forma equivocada contribuem negativamente no ciclo hidrológico, principalmente em relação à compactação do solo, promovida pelo tráfego

exagerado de máquina e/ou animais, produzindo assim uma camada que reduz a capacidade de infiltração do solo (CARVALHO, 2008).

Os eventos de entrada de água pela superfície, o tipo, perfil e a capacidade de campo de um solo definem o comportamento da infiltração e do escoamento superficial, em um solo com camada superficial compactada a água penetra com maior dificuldade, condições essas desfavoráveis para a percolação hídrica nos perfis do solo. (BALBINOT et al., 2008).

2.6 Geoprocessamento e imagens de satélites

Segundo Campos (2004), o sensoriamento remoto e o geoprocessamento são técnicas fundamentais para registros do uso da terra ao decorrer dos anos, as imagens de satélite são de extrema importância e apresentam uma utilidade ímpar, pois, a utilização destas possibilita a avaliação de mudanças na paisagem ao longo do tempo, sendo possível registrar a cobertura vegetal em cada período. As imagens orbitais podem ser citadas como exemplos de técnicas de observação do espaço por meio de satélites artificiais, auxiliando em uma compreensão mais eficiente do espaço geográfico e conseqüentemente do relevo (SILVA, 2010).

O geoprocessamento permite um suporte a diferentes áreas de aplicação, permitindo a construção de indicadores baseados em análises geográficas, com o referido sistema é possível coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados, tal tecnologia tem sido utilizada de forma crescente na gestão dos recursos hídricos (PINHEIRO, 2009). Com o avanço das tecnologias os satélites são hoje uma realidade, a cada dia as imagens geradas apresentam maiores detalhes e melhor resolução, permitindo uma análise da superfície terrestre, gerando informações seguras sobre produção agrícolas para fomentar diversos setores envolvidos com o agronegócio (SILVA, 2011).

A topografia busca estabelecer e representar a forma, a dimensão e a posição relativa de uma porção restrita da superfície terrestre, esta técnica visa projetar sobre um plano horizontal as particularidades notáveis, naturais ou artificiais do terreno, para este fim utilizam-se de equipamentos como o teodolito e estações totais (PERINI et al., 2011). Os dados topográficos são fonte de muitas variáveis importantes e frequentemente solicitadas nas análises ambientais aplicadas a microbacias, os Modelos Digitais do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Elevação (MDE) são constantemente utilizados em tais análises (VALERIANO, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área Experimental e levantamentos de dados de precipitação

A bacia hidrográfica do rio Doce é dividida em sete unidades ou regiões hidrográficas. Dentre estas, destaca-se a Unidade de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH DO4: Bacia Hidrográfica do Rio Suaçuí, inserida totalmente no Estado de Minas Gerais. Esta ocupa uma área de 21.555 km², constituindo-se na maior unidade da bacia do rio Doce em termos de área, apresenta uma população em torno de 591 mil pessoas, composta por 48 municípios dentre eles São João Evangelista (CBH-Suaçuí, 2013).

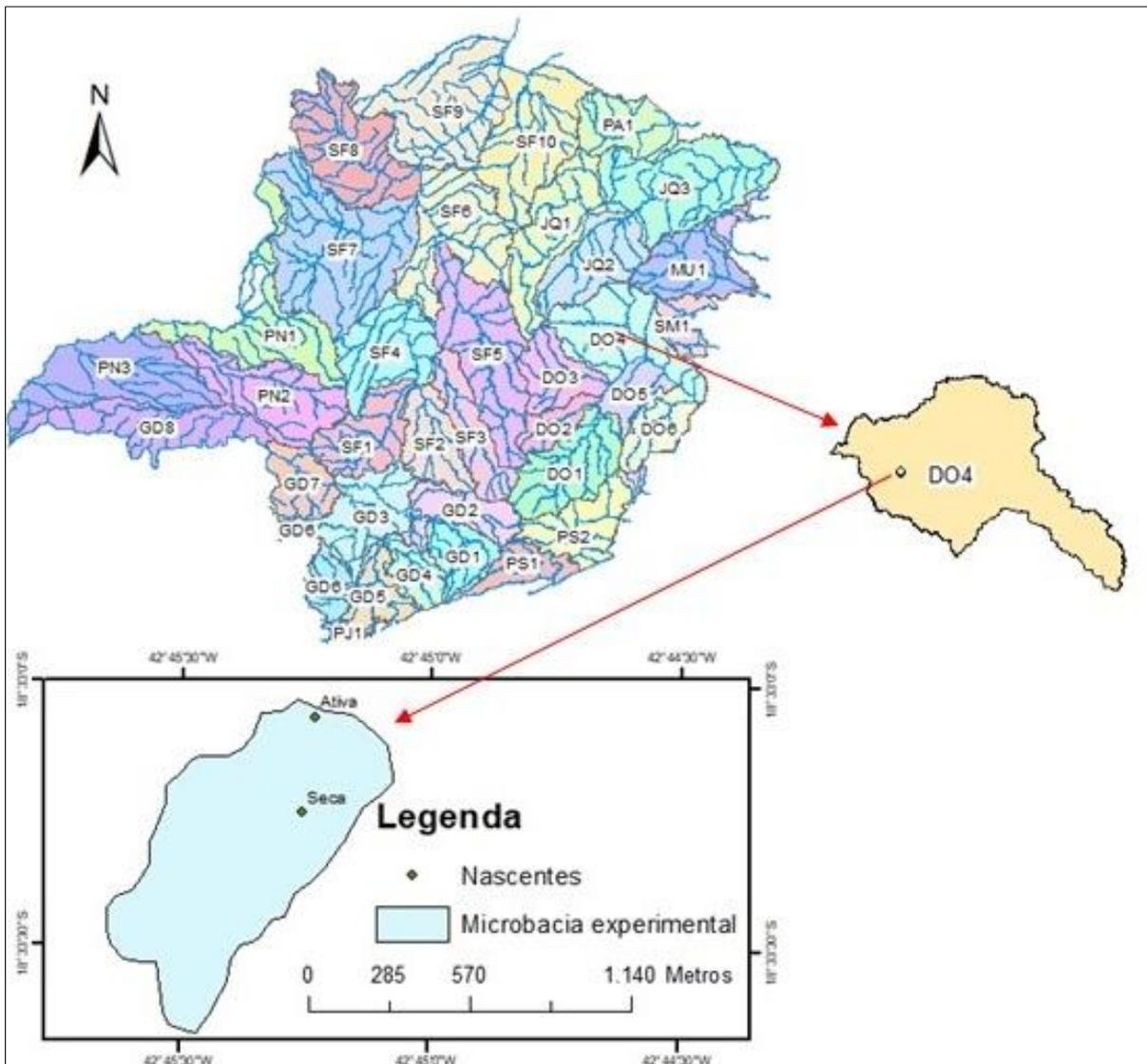
O rio Suaçuí nasce no município de Serra Azul de Minas, no Parque Estadual do Pico do Itambé, no maciço rochoso da Serra do Espinhaço, com o nome de rio Vermelho. Ao encontrar-se com os rios Turvo Grande e Cocais, no município de Paulistas, recebe o nome de rio Suaçuí Grande, desaguando no rio Doce situado no município de Governador Valadares. Com 300 km de extensão, o rio Suaçuí Grande é um dos principais afluentes do rio Doce, na sua margem esquerda (CBH-Suaçuí, 2013).

Ao decorrer de seu percurso o rio Suaçuí Grande recebe a contribuição hídrica de inúmeras microbacias dentre elas a microbacia foco deste estudo, localizada no Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São João Evangelista, MG, inserido às coordenadas 18° 32' 46" S; 42° 45' 35" W, altitude de 692 m e clima da região tipo Cwa segundo a classificação internacional de Köppen (ALVARES et al., 2013).

A microbacia contribui como área de recarga para abastecer nascentes e córregos que deságuam no rio São João e posteriormente no rio São Nicolau afluente do rio Suaçuí Grande. Mesmo apresentando pequena extensão, o rio São Nicolau é o principal corpo hídrico da cidade, pois, é onde há captação de água pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), que abastece toda população da cidade de São João Evangelista. Neste mesmo rio é realizada a captação de água para abastecer o Instituto Federal Campus São João Evangelista, e inúmeras propriedades rurais localizadas ao entorno do rio.

A microbacia em estudo possui uma área estimada de 55,98 ha delimitada pelo seu divisor de águas, nesta mesma área encontram-se alocados os seguintes setores de produção agropecuária do campus: bovinocultura, caprinocultura, horticultura e viveiro de mudas. Neste contexto buscou-se a série histórica da localidade, que é apresentada na sequência. Este estudo propõe um levantamento histórico da área, afim de obter informações sobre a perenidade das nascentes, após o início das intervenções antrópicas. A Figura 1, na sequência,

representa as UPGRH do estado de Minas Gerais, destacando a UPGRH-D04, a microbacia experimental e as nascentes.



Figuras 1 – Localização da área de estudo, com destaque para a microbacia da horticultura, localizada no Campus do IFMG, em São João Evangelista, MG.

3.2 Levantamento de dados de precipitação para a microbacia

A estação meteorológica oficial mais perto da microbacia é a estação automática A533 localizada no município de Guanhães-MG, nas seguintes coordenadas, latitude: -18.786842° , longitude: -42.942921° e altitude: 853 metros. A estação é de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) órgão federal da administração direta do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para este estudo foi adquirido os dados entre o período de 2011 a 2018. A série histórica foi fornecida pelo banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP).

A segunda fonte de dados de precipitação foi obtida através de um pluviômetro instalado no sítio Tataíra situada nas proximidades da rodovia federal BR 120. O local apresenta latitude: 18°31'46"S, longitude: 42° 44' 13" W e altitude 765 m. O pluviômetro é de responsabilidade de Roberto Carlos Alves professor do IFMG Campus São João Evangelista.

3.3 Levantamento Planialtimétrico da Microbacia, Determinação do Uso do Solo Atual, Locação de Pontos de Amostragem

Os levantamentos aerofotogramétrico e geodésico foram realizados na microbacia com o intuito de se obter informações atuais do uso e cobertura do solo. Para realização do levantamento aéreo utilizou-se um drone MavicPro fabricante DJI, que dispõe de uma câmera de 12MP e autonomia de voo de 27 minutos segundo manual do fabricante. A obtenção de dados foi feita através da plataforma android ou IOS com os aplicativos DJI Go 4 e DroneDeploy.

Em seguida, configurou-se o plano de voo utilizando o DroneDeploy, aplicativo intuitivo que permite ao usuário configurar a altura de voo, bem como o tamanho do pixel desejado, além da edição das linhas de voo, conforme sua necessidade. Após a configuração do dronedeploy, todo o levantamento em campo foi realizado automaticamente. Posteriormente, elaborou-se o mosaico da região sobrevoada, por meio de um processo em nuvem do DroneDeploy. O mosaico de imagens georreferenciadas.

O levantamento topográfico foi realizado através da estação total Pentax (precisão de 5 segundos). Foram coletadas as cotas dos piezômetros e nascente, posteriormente realizou-se a amarração da poligonal, utilizando o GPS Geodésico Hiper V, fabricante Topcon, modo RTK (*Real Time Kinematic*) (Precisão Horizontal H: 5mm+0,5 ppm e precisão vertical V:10mm+0,8ppm) em tempo real.

O processamento digital, a partir das informações georreferenciadas, foi feito utilizando-se o software ArcGiz, com intuito de obter os mapas temáticos georreferenciados. Estes foram utilizados, juntamente com as informações de profundidade do lençol freático, na obtenção dos diagramas de variação do fluxo hídrico.

Após a delimitação do perímetro da microbacia e locação das nascentes e pontos de observação do nível do lençol freático, foi realizado o mapeamento do uso atual do solo. A partir do mosaico aerofotogramétrico e do modelo digital de elevação delimitou-se o uso, sempre com conferências de campo. As ferramentas utilizadas neste processamento foram: polygon editor, vertices editor e category, respectivamente.

3.4 Poços de Observação do Lençol Freático – Piezômetros

As observações do lençol freático foram realizadas entre os meses de fevereiro e agosto de 2018, totalizando um período de 6 meses. O método de campo utilizado foi o furo com trado (poço), onde instalou-se três piezômetros, os mesmos foram instalados nas proximidades das áreas onde se localizavam as lagoas. A perfuração dos poços ocorreu com o auxílio de uma cavadeira e de um trado manual de 200 mm de diâmetro (Figura 2) até atingir o nível do lençol freático.

Segundo o Programa de Pesquisa em Biodiversidade - PPBio (2012), o instrumento mais simples e conhecido na área da geotécnica para o monitoramento do lençol d'água são os piezômetros, utilizados para identificar o nível do lençol freático e sua relação com os parâmetros físico-químicos. Em situações específicas é necessário a utilização de tubo de PVC com diâmetro maior, permitindo a perfuração no seu interior.

A perfuração dos poços foi realizada no período chuvoso, entretanto, houve uma perfuração de 1m além do nível do lençol freático. Este procedimento garantiu que, no período de seca fosse possível realizar as medições.

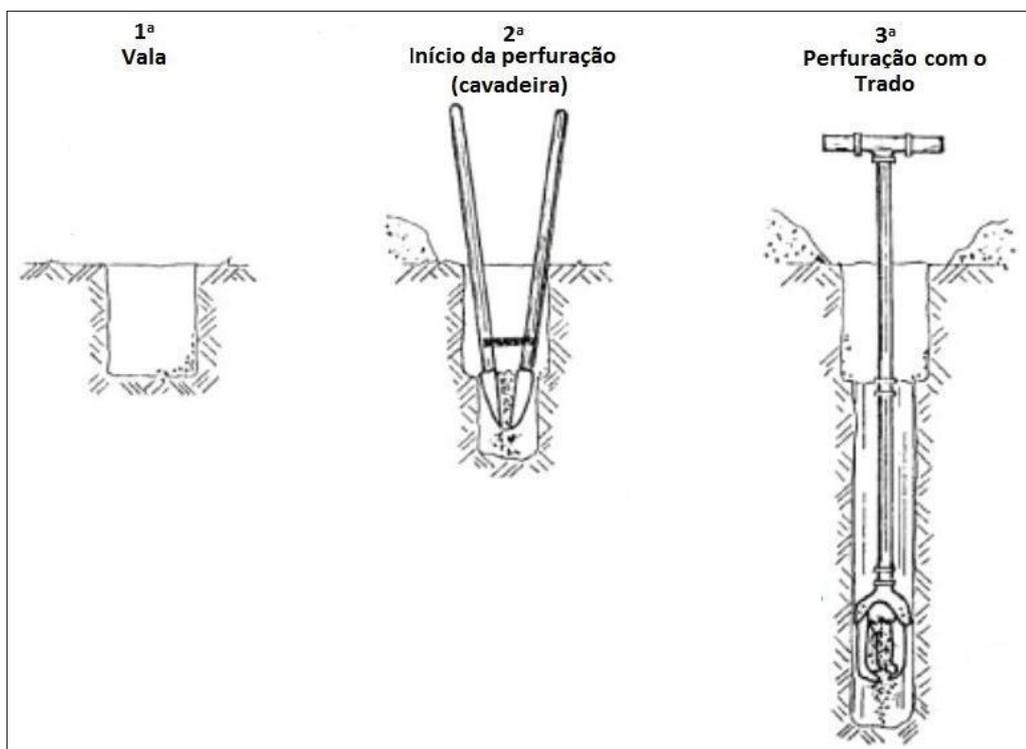


Figura 2 - Etapas para a perfuração com trado manual. Fonte: Adaptado de Simão (2015).

3.4.1 Confecção e instalação dos piezômetros

O piezômetro é composto basicamente de um tubo de PVC de 200 cm de diâmetro (Figura 3). Na porção inferior do tubo (0 a 150 cm), com auxílio de uma furadeira foram realizadas perfurações de 1 cm de diâmetro e espaçamento de 10 cm entre furos em toda sua circunferência, para permitir a entrada e saída da água. A extremidade inferior do piezômetro foi revestida por uma malha fina de poliéster, para evitar entupimento dos orifícios do filtro, esta malha foi envolvida por uma braçadeira e a extremidade inferior presa por um nó.

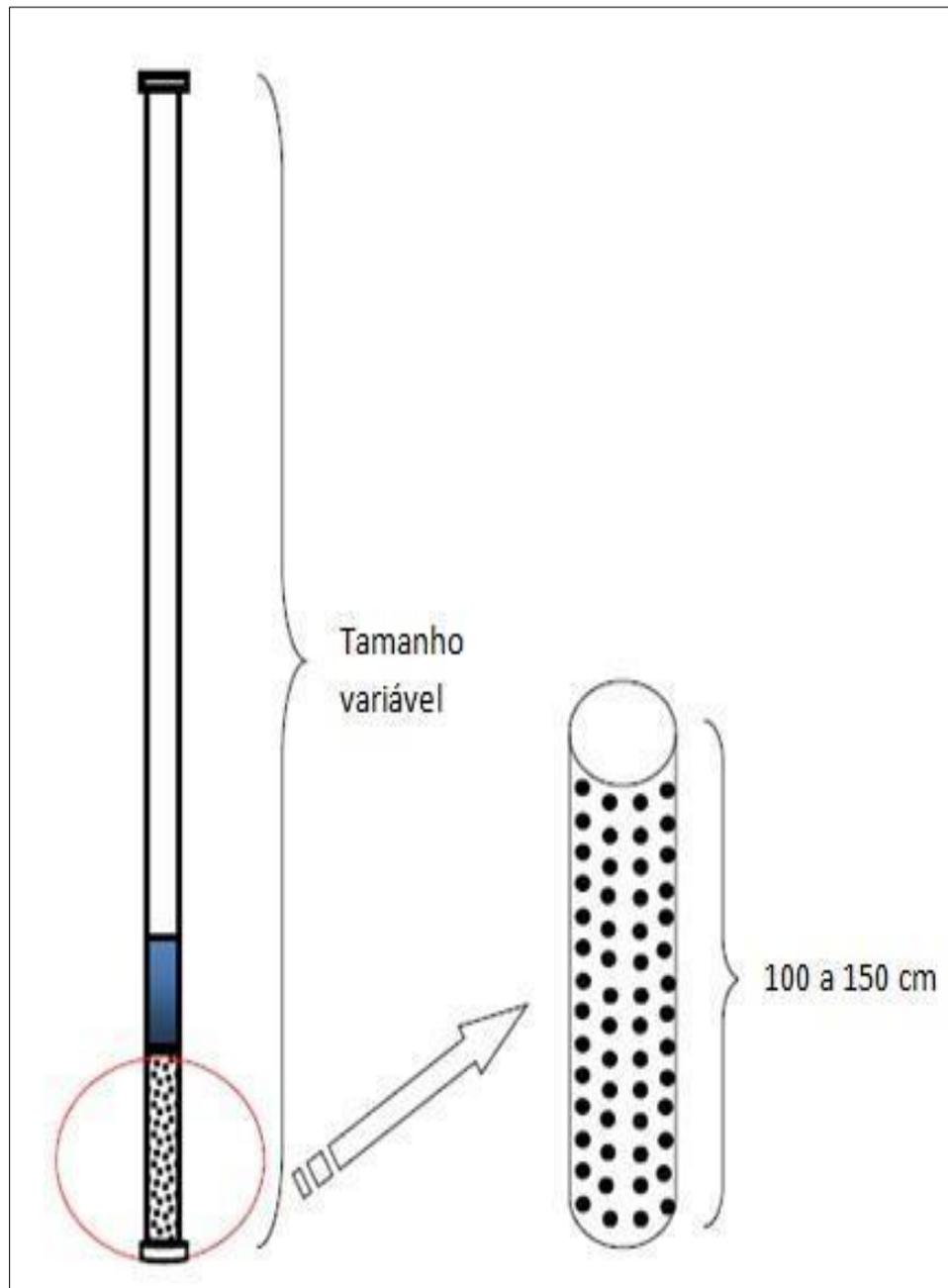


Figura 3 -Desenho esquemático de um piezômetro. Detalhe da porção perfurada do tubo que recobre o poço, chamada de “filtro”. Fonte: Adaptado (PPBio,2012).

Nos locais previamente selecionados, inseriu-se a extremidade inferior do piezômetro no poço até atingir o fundo, permaneceu acima do nível do solo aproximadamente 50 cm do piezômetro. Com o objetivo de impedir a infiltração da água pela lateral do tubo instalado, revestiu-se a superfície do solo com 1m² de filme plástico no entorno do equipamento. Depois de instalado, vedou-se a parte superior do piezômetro para evitar a entrada de água da chuva ou resíduos indesejáveis. O esquema final do piezômetro pode ser visto a seguir (Figura 4).

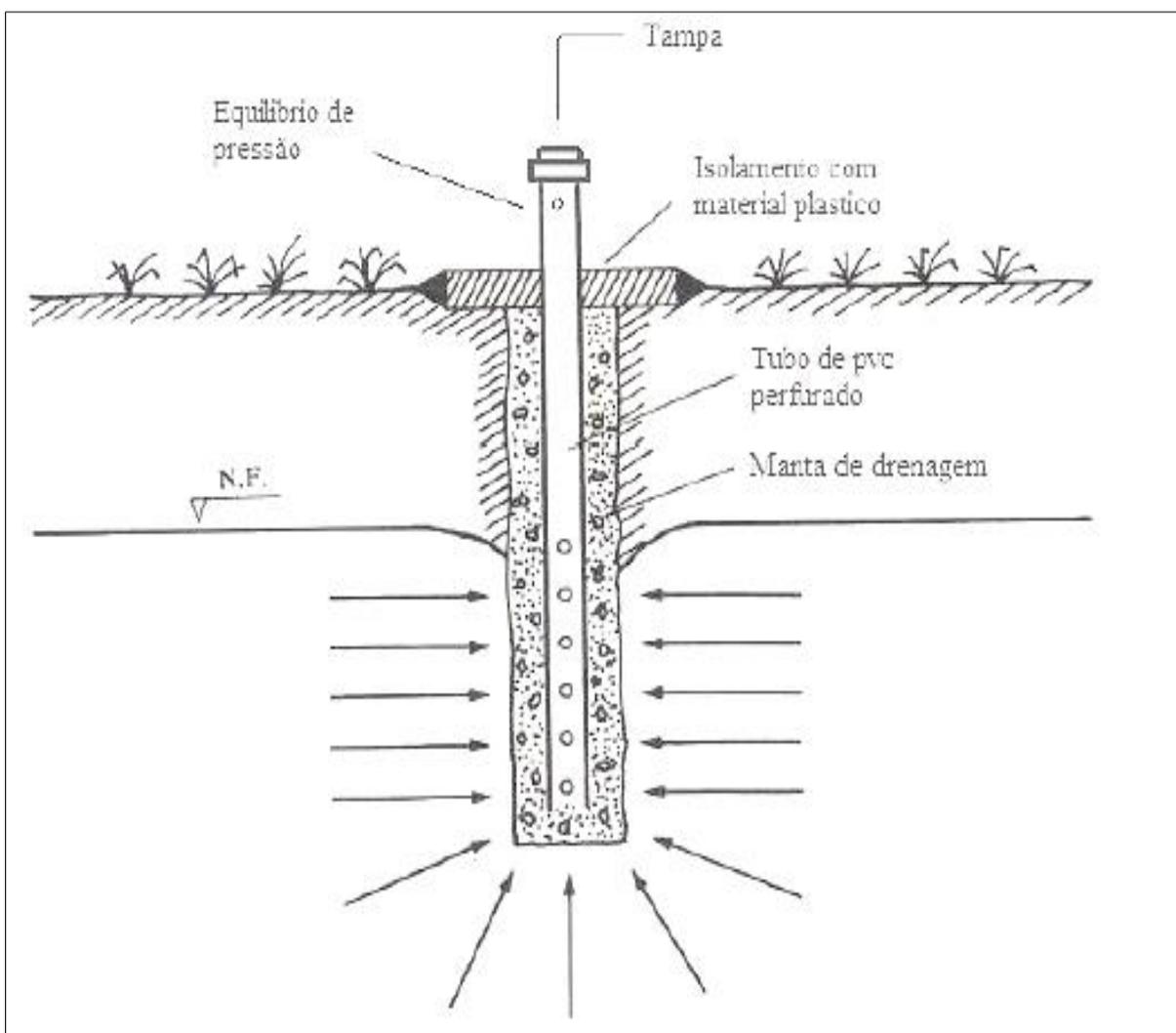


Figura 4 - Esquema do modelo de poço de observação instalado. Fonte: (CRUCIANI, 1987).

3.4.2 Leitura nos piezômetros

Foram realizadas leituras semanais por um período de 27 semanas. A profundidade do lençol foi medida com o auxílio de uma barra de cano pvc Ø 25 mm, de 6 m de comprimento, que serviu como régua de leitura. Ao introduzir a barra de cano no poço efetuava-se a

marcação devido o material ser opaco (Figura 5). A diferença entre o comprimento e a seção marcada representava a profundidade naquele instante.

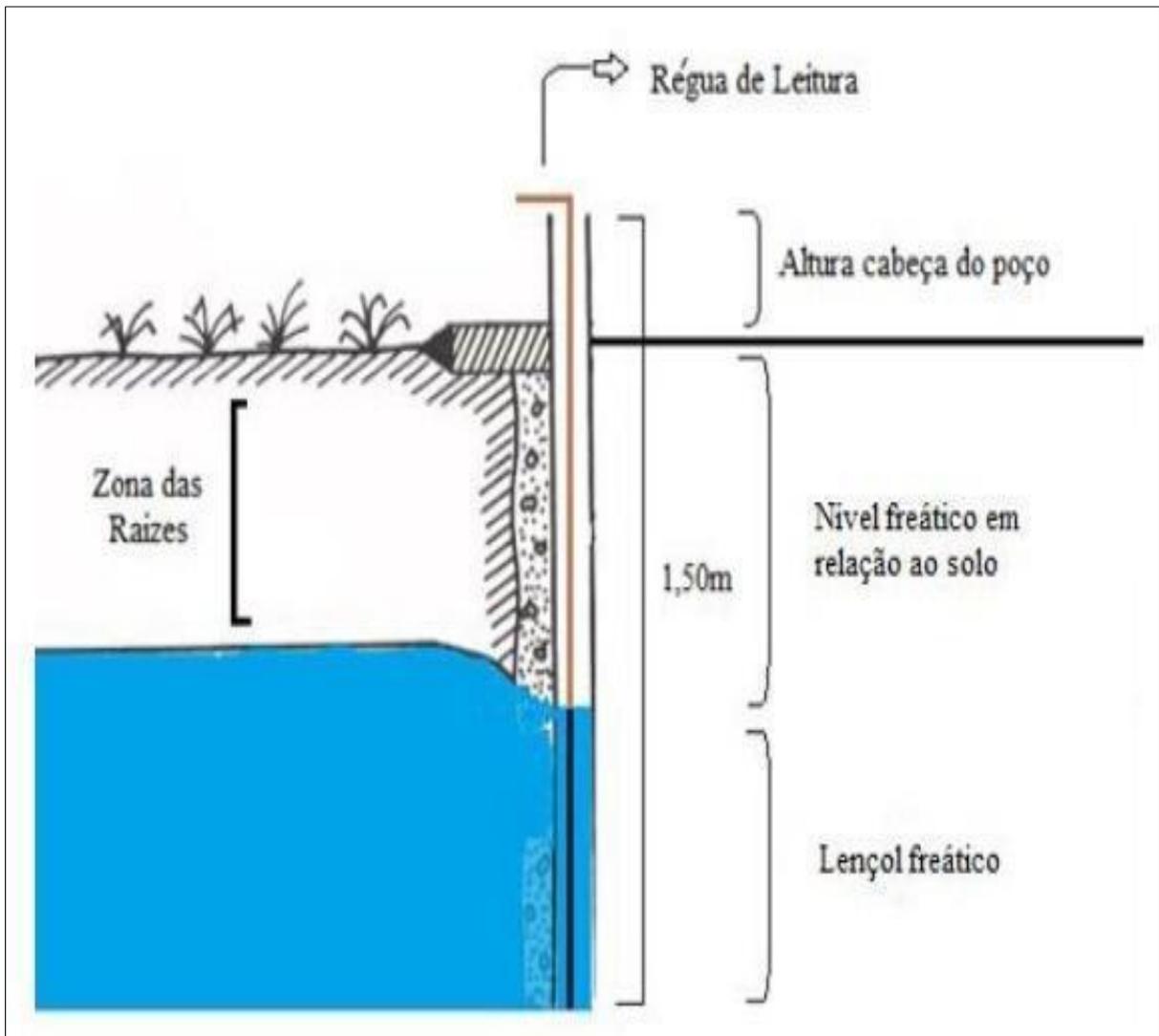


Figura 5 – Esquema do piezômetro instalado, com detalhe para a medida da profundidade do lençol freático. Fonte: (NIERO, 2011).

3.5 Vazão de Base da Nascente

Após a delimitação da microbacia foi feito o estudo de vazão escoada máxima. Este estudo considerou o período de retorno de 10 anos e o uso do solo atual. O valor de chuva de projeto foi obtido por meio de série histórica, localizado em Guanhões, a 31,82 km (em linha reta) da microbacia. Este resultado foi utilizado na delimitação de um vertedouro construído e instalado (Figura 6) no exutório da microbacia.



Figura 6 – Vertedouro construído (A) e instalado (B) . Fonte: O autor.

O vertedouro se mostrou superestimado, mediu-se a vazão utilizando-se o método direto, segundo Carvalho et al., (2007), esse consiste na determinação do tempo necessário para encher um determinado recipiente de volume conhecido. Realizou-se pelo menos três medições do tempo e calculou-se a média do tempo. Como a nascente em questão apresentava uma pequena vazão o método foi aplicado. Foram utilizados para a determinada atividade os seguintes materiais: cano (PVC) Ø 100 mm, recipiente conhecido (balde 12 L). Com o uso da foice o local apropriado foi limpo e construído um dique para elevação do nível da água (Figura 7). Com o auxílio de uma enxada o dique foi construído de forma transversal ao pequeno curso d'água, altura essa superior a do recipiente que seria utilizado. O tubo foi inserido no dique no ato de sua construção. A compactação do dique foi feita em toda a sua extensão para evitar vazamentos.

Após a instalação do tubo esperou-se a estabilização da vazão. O recipiente foi colocado sob a bica d'água e simultaneamente o cronômetro foi acionado, no momento em que o recipiente estava cheio o cronômetro foi parado. Foram feitas as anotações de 3 tempos diferentes e posteriormente calculado o tempo médio de enchimento. A vazão foi calculada dividindo-se o volume do recipiente pelo tempo médio de enchimento.

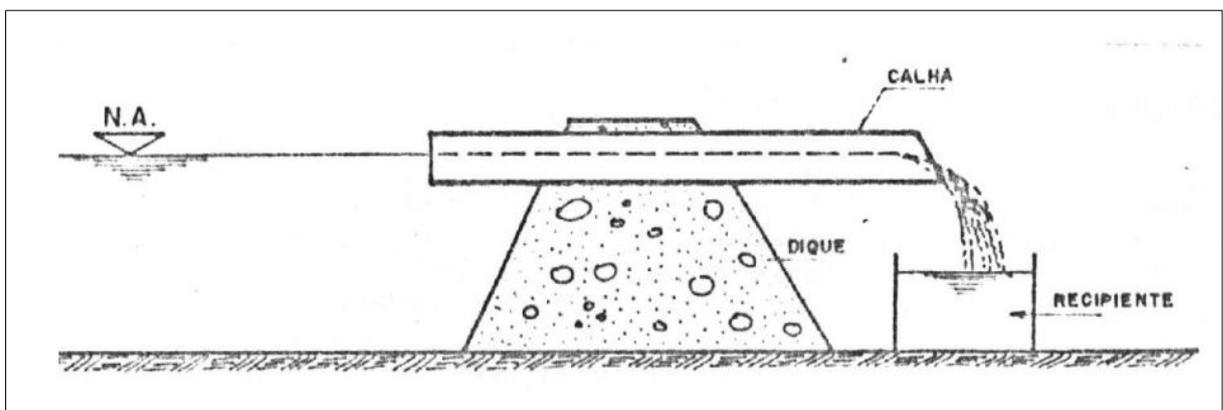


Figura 7 - Ilustração do método direto. Fonte: (CARVALHO et al., 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa do levantamento histórico da área verificou-se que, a cerca de 10 anos, existia três lagoas perenes na microbacia (Figura 8 e 9), que juntas totalizavam uma lâmina d'água de aproximadamente 3.900 m² de extensão. Atualmente, as lagoas 1 e 2 se encontram praticamente secas, enquanto que a lagoa 3 apresentou volume de água apenas em período de chuva, que vai de outubro a março. Segundo depoimentos de funcionários do IFMG, Campus São João Evangelista, este fato tem-se agravado nos últimos anos.



Figura 8- Micro bacia da nascente do rio São Nicolau em São João Evangelista, MG. Fonte: Google Earth, datada de 20/06/2010, modificado pelo autor.



Figura 9 – Lagoas localizadas na microbacia do rio São Nicolau em São João Evangelista, MG, no ano de 2010. Fonte: Google Earth, datada de 20/06/2010, modificado pelo autor.

Através do levantamento planialtimétrico foi possível redesenhar a microbacia experimental (Figura 10), assim como determinar a localização das nascentes e dos piezômetros instalados. A variação de cota topográfica da área de estudo é de 125 m, variando de 812,5 a 687,5 m. As áreas de recargas situam-se em pequenas áreas planas no topo dos morros, sendo a paisagem dominada por áreas de transmissão e afloramento. Esta dinâmica fluvial é dominante na região, onde há variações de feições côncavas e convexas, mas que há predominância de zonas de transmissão em relação à captação.

As nascentes 1 a 3 estão localizadas nas cotas $18^{\circ}33'26.26''S$ e $42^{\circ}45'33.16''O$, $18^{\circ}33'13.87''S$ e $42^{\circ}45'14.32''O$ e $18^{\circ}33'5.41''S$ e $42^{\circ}45'14.42''O$, respectivamente. Os piezômetros 1 e 2 foram instalados nas cotas $18^{\circ}33'7.27''S$ e $42^{\circ}45'13.92''O$ e $18^{\circ}33'13.87''S$ e $42^{\circ}45'14.32''O$. A nascente 1 está localizada na maior cota relativa entre os objetos de estudo, dentro do canal de drenagem principal. Este canal sofreu alterações ao longo do tempo, mas ainda é possível verificar seus sulcos originais, principalmente no tom verde escuro, que representa locais de canalização de fluxos hídricos. A nascente 2 está localizada em uma linha secundária, que se juntava ao sulco principal, no ponto mais baixo de onde se situava a lagoa 2. Ambas estas nascentes estão imediatamente a jusante de feições côncavas, como era de se esperar. A nascente 3 está na menor cota, dentro da linha principal e conta com quase toda a microbacia como área de recarga (Figura 10).

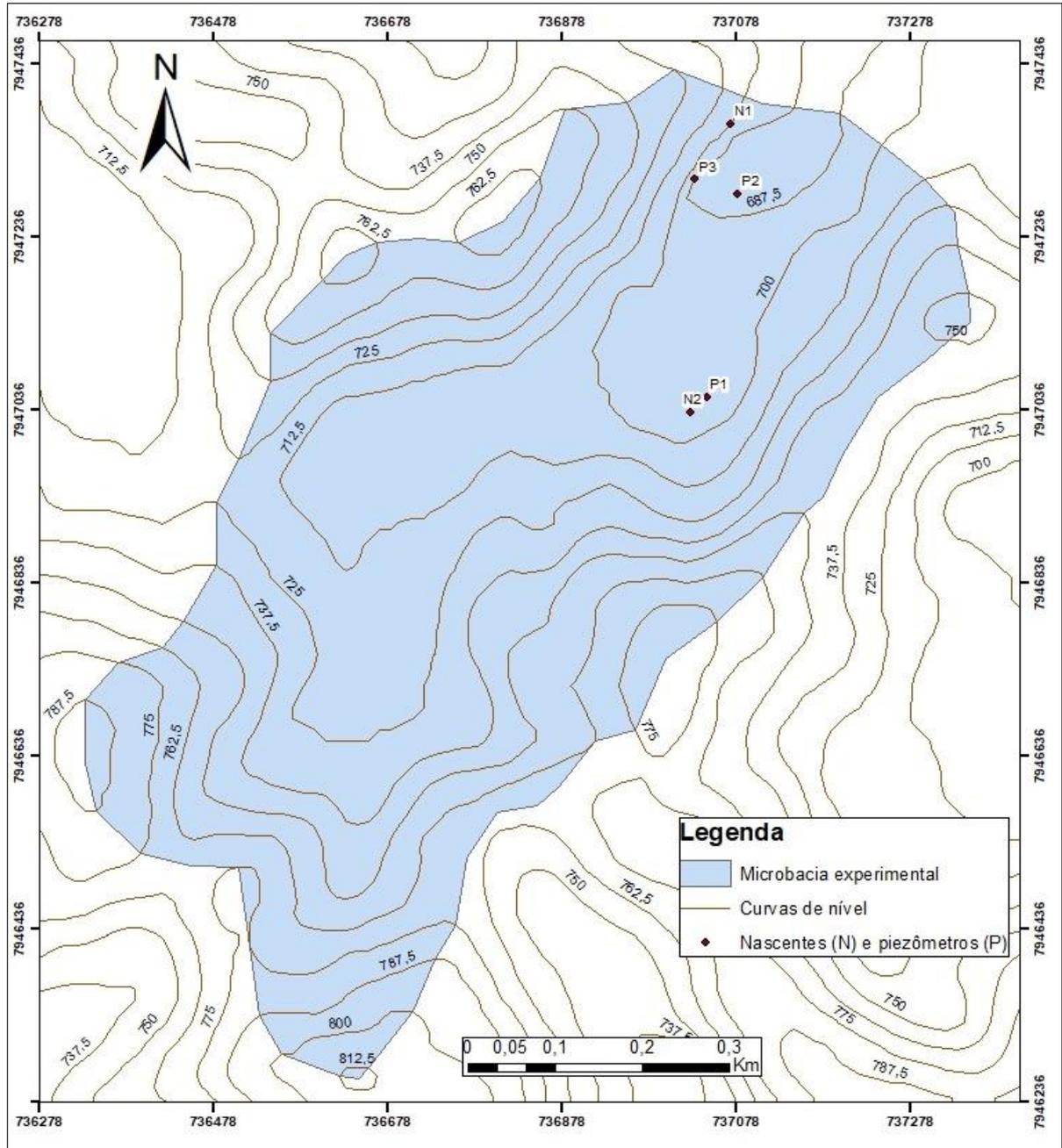


Figura 10. Delimitação da microbacia experimental, curvas de nível e localização das nascentes e dos piezômetros.

Neste sentido, verifica-se menor sensibilidade hidrológica às nascentes 1 e 2, quando comparado à 3. Para que possamos verificar melhor esta interação, fez-se necessário um estudo sobre o comportamento da precipitação na microbacia. Desta forma, inventariou-se as estações pluviométricas da região. Para o uso do pluviômetro instalado na fazenda Tataíra, nas proximidades da microbacia, por não ser uma fonte de dados oficial, tornou-se necessário a realização de um estudo comparativo com a precipitação mensurada pela estação

meteorológica do INMET A533. As figuras 12 a 15 mostram os dados para os 7 últimos anos agrícolas para os valores de precipitação das estações mencionadas.

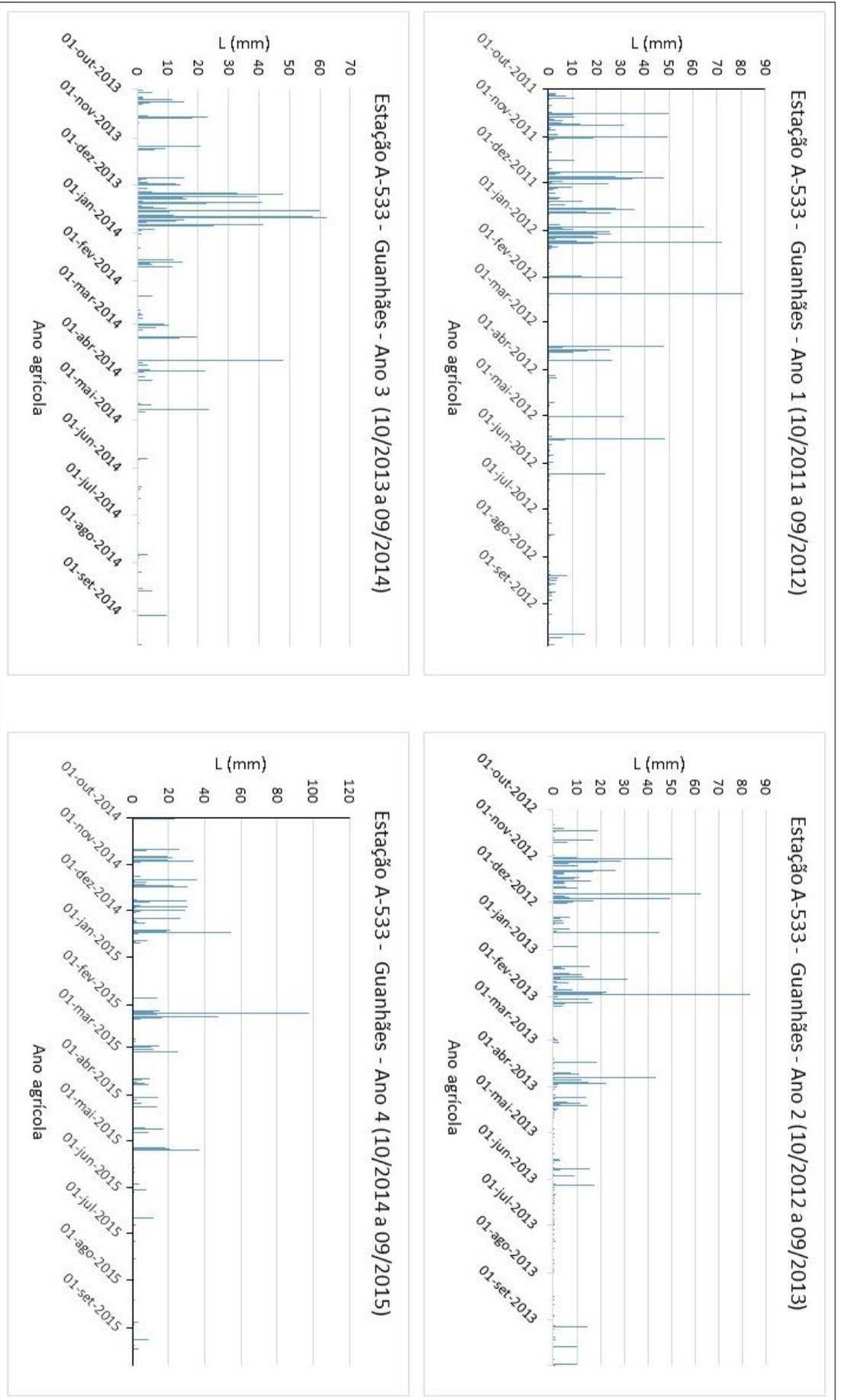


Figura 12 – Valores de precipitação mensurados na estação meteorológica A-533 de outubro de 2011 a setembro de 2015, localizado no município de Guanhães – MG, à 31,82 km (Fonte: Google Earth) da área experimental.

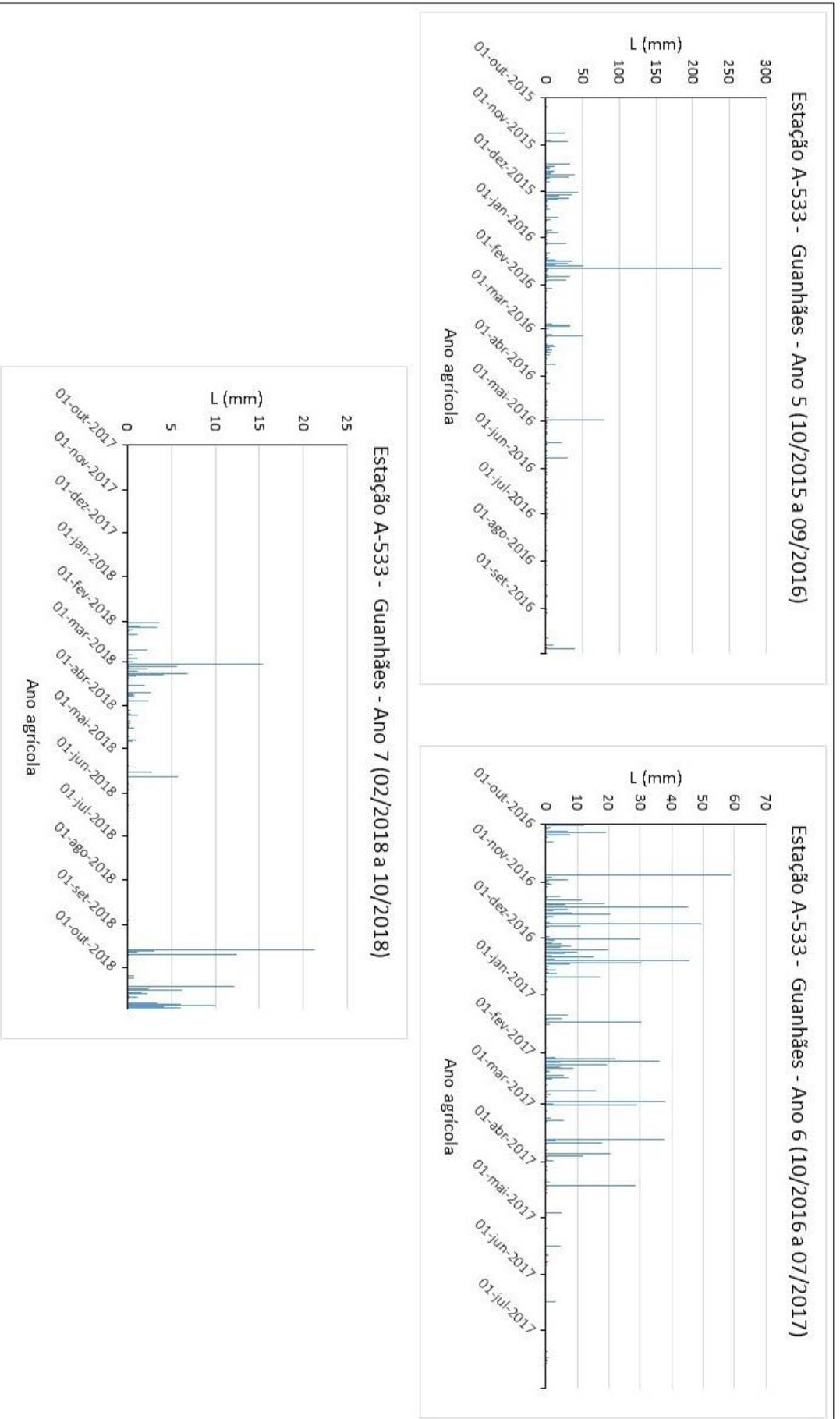


Figura 13 – Valores de precipitação mensurados na estação meteorológica A-533 de outubro de 2015 a setembro de 2018, localizado no município de Guanhães – MG, à 31,82 km (Fonte: Google Earth) da área experimental.

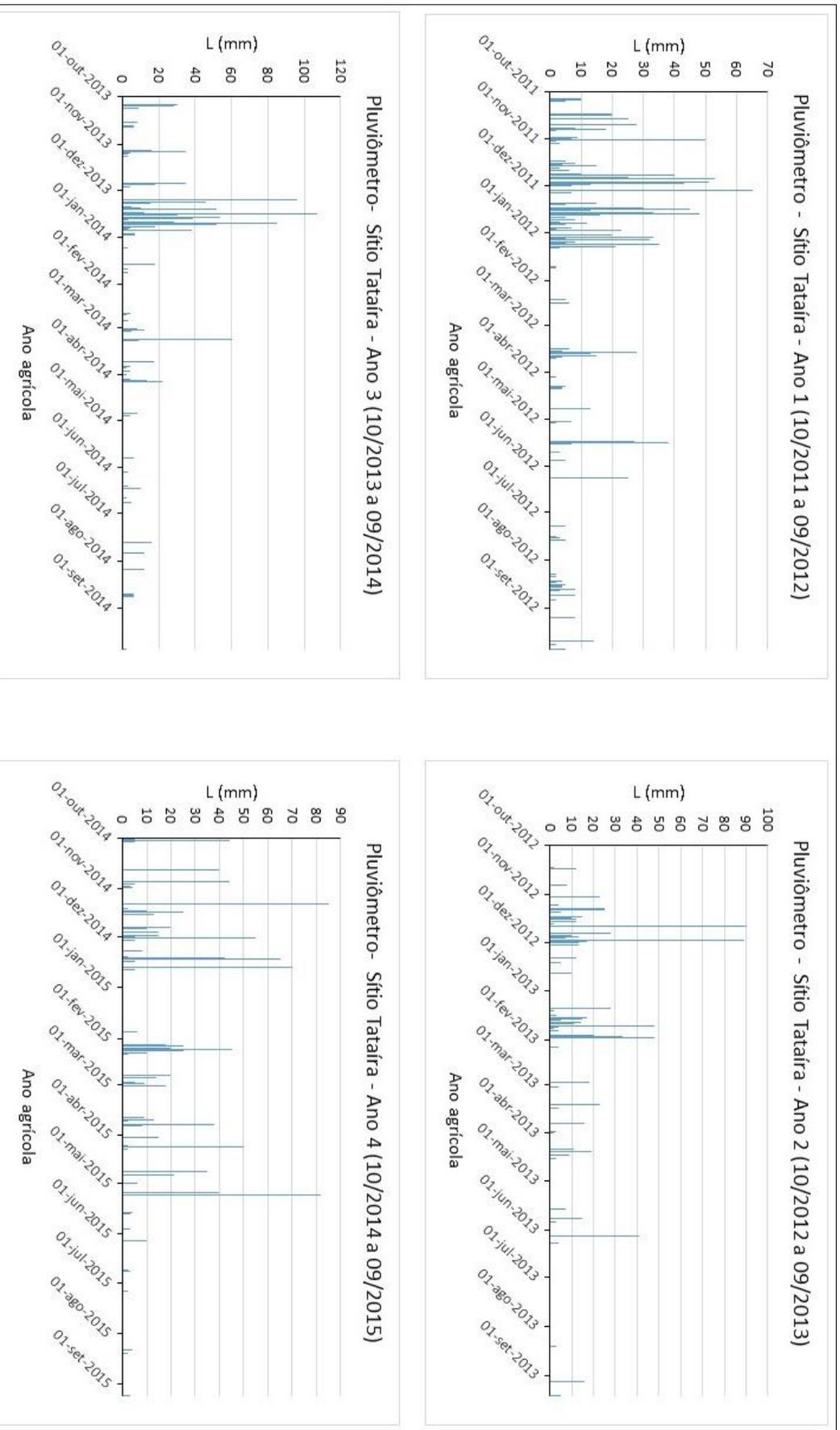


Figura 14 – Valores de precipitação mensurados no Sítio Tataira, localizado a 3,09 km (Fonte: Google Earth) da área experimental, para os anos agrícolas de outubro de 2011 a setembro 2015.

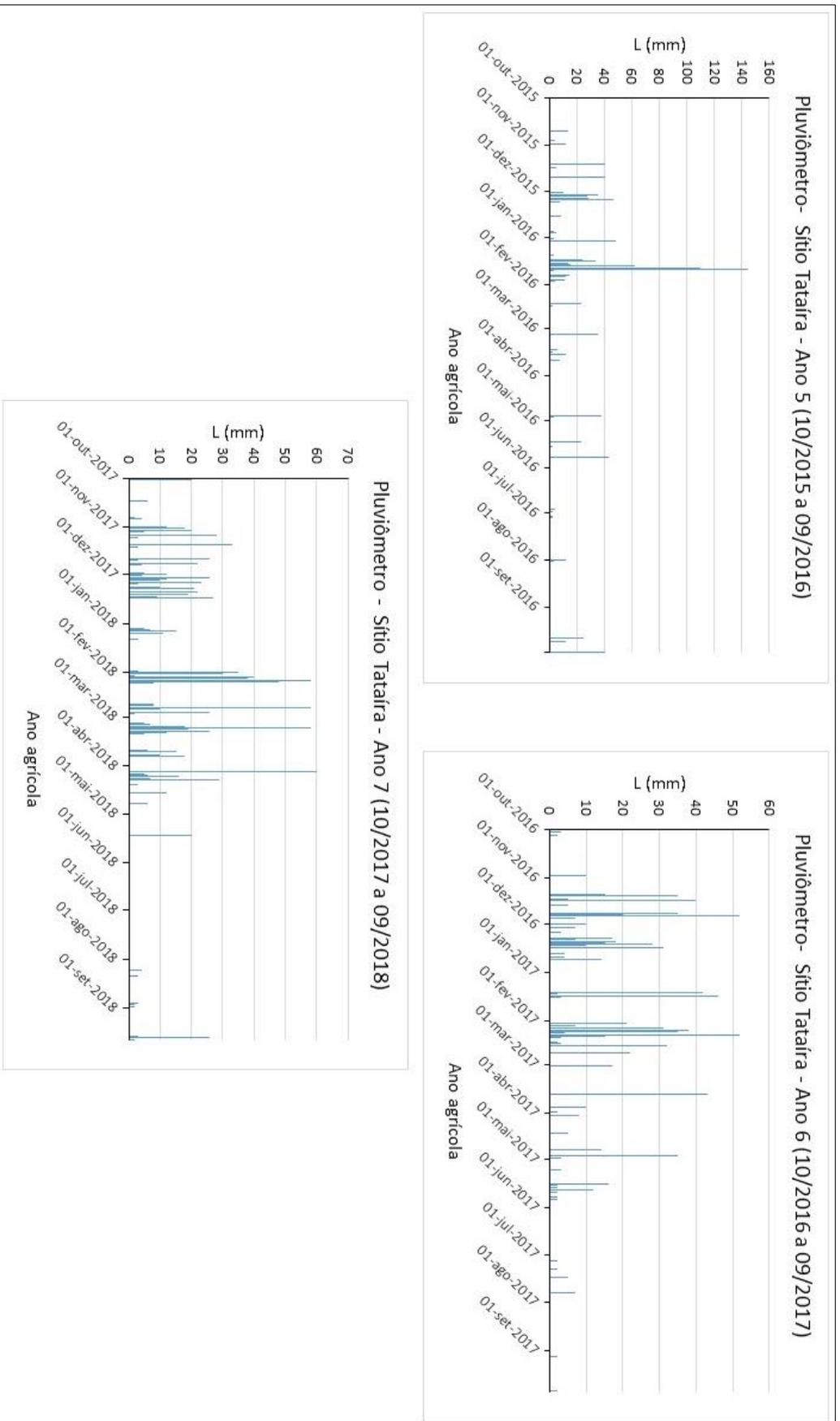


Figura 15 – Valores de precipitação mensurados no Sítio Tataíra, localizado a 3,09 km (Fonte: Google Earth) da área experimental, para os anos agrícolas de outubro de 2011 a setembro 2018.

Verifica-se que há correlação entre os valores máximos precipitados, apresentando coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,72. Já os valores médios há uma superestimação, com a lâmina mensurada precipitada na fazenda Tataíra de 50 % (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores máximos e médios de precipitação na estação A-533 e Fazenda Tataíra.

Ano	Lâmina precipitada (L) em mm/d			
	Estação A-533		Fazenda Tataíra	
	Máxima	Média	Máxima	Média
1	80,8	9,3	65,0	13,3
2	83,2	7,2	90,0	15,4
3	62,4	7,6	107,0	17,4
4	97,8	7,8	85,0	18,5
5	239,6	9,5	145,0	21,2
6	59,0	7,8	52,0	14,7
7	21,2	1,3	60,0	15,4

Entretanto, ao se comparar a distribuição temporal da média mensal observa-se uma correlação entre as fontes de dados (Figura 16), semelhança também verificada entre os meses de junho a agosto, períodos esses referentes a estiagem onde ocorre a insuficiência de precipitação pluviométrica.

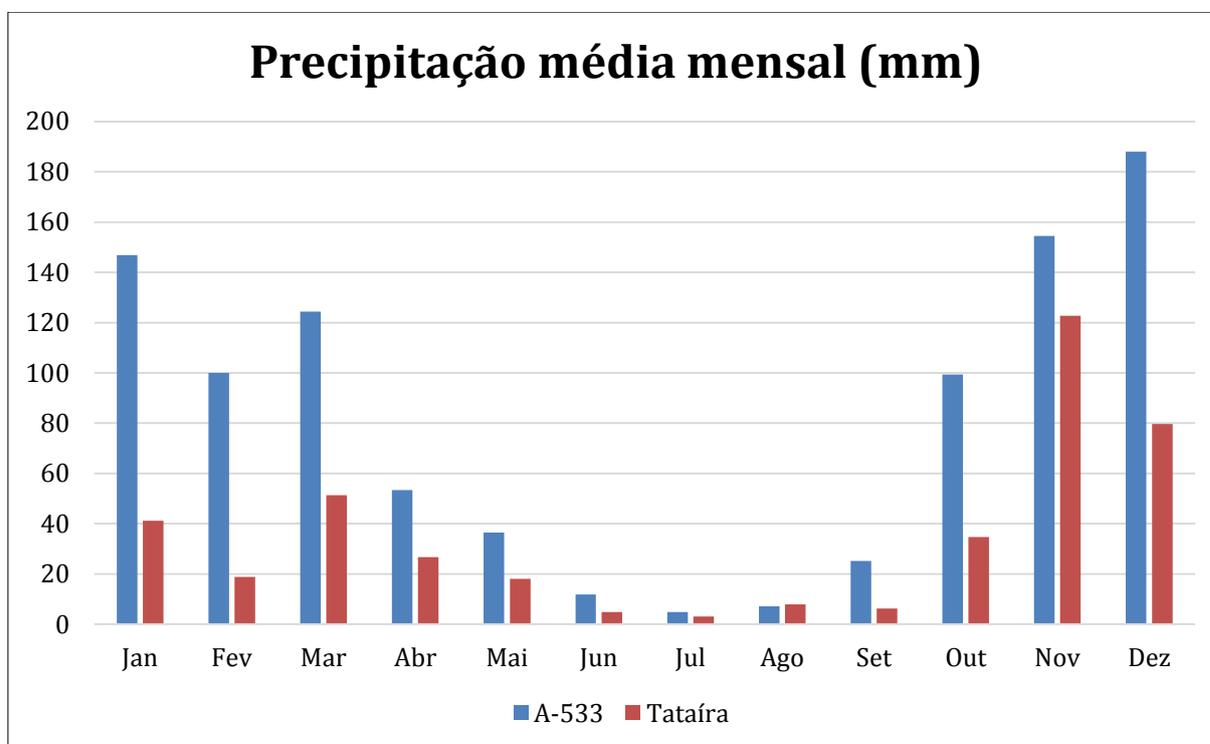


Figura 16 – Gráfico dos valores médios mensais de precipitação mensurados na Estação Meteorológica A-533 e mensurados na fazenda Tataíra, entre os anos 2011 a 2017. Fonte: o autor.

Desta forma, para cálculo de escoamento superficial máximo (Método Racional, citado por TUCCI, 1993), foi selecionado os valores de lâminas provenientes da fazenda Tataíra, principalmente pela sua localização e compatibilidade. Assim, calculou-se o valor escoado e infiltrado, utilizado o mapa de uso do solo (Figura 17 e tabela 2) e declividade, proveniente do Modelo Digital de Elevação - MDE.

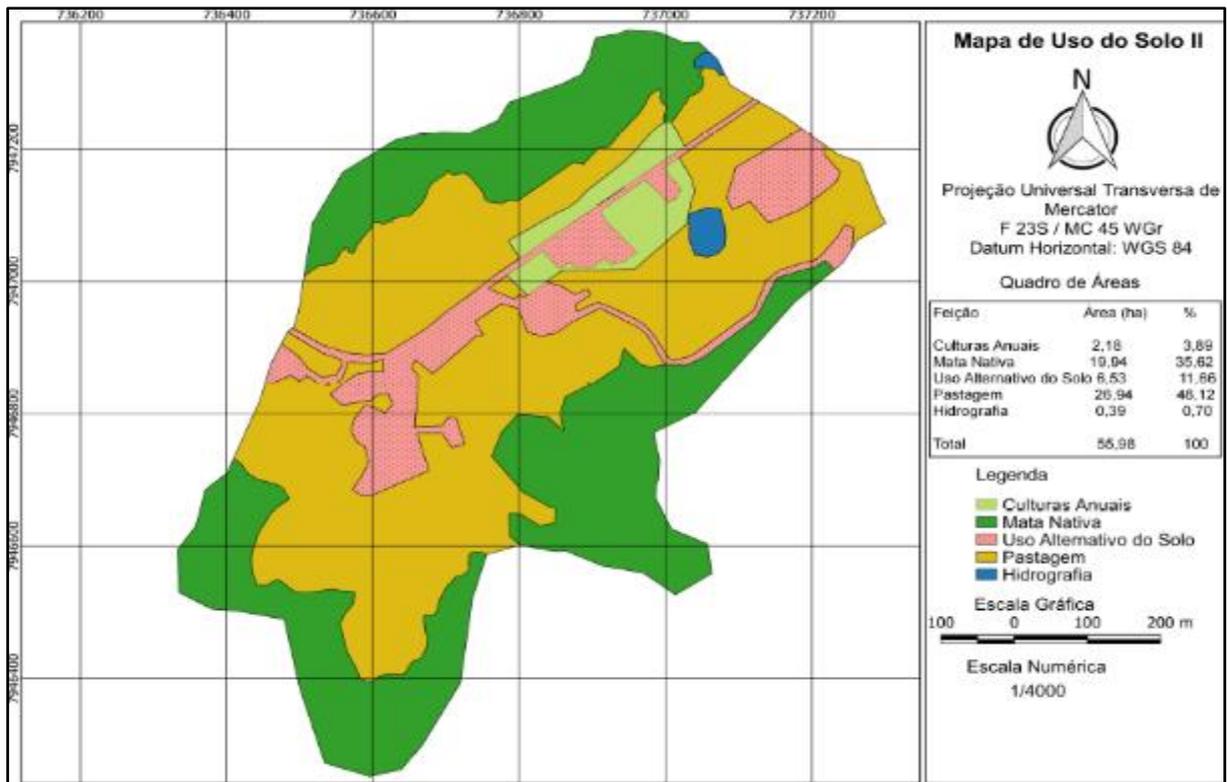


Figura 17 – mapa de uso e ocupação do solo da microbacia da horticultura.

Tabela 2 – tabela de área do uso do solo para a microbacia e classe de declividade, conforme classificação proposta pela Embrapa, 1997.

Feição	Área (ha)	Porcentagem (%)	Declividade*
Culturas Anuais	2,18	3,89	Suave-ondulado
Mata Nativa	19,94	35,62	Montanhoso
Uso Alternativo do Solo	6,53	11,66	Suave-ondulado
Pastagem	20,94	48,12	Ondulado e forte ondulado
Hidrografia	0,39	0,7	Não se aplica
Total	36,87	100	

A vazão média máxima escoada superficialmente (ES, em mm) e lâmina média máxima infiltrada (I, em mm) para microbacia (Figura 18), considerando os diversos usos e formações de relevo, mostra que após o período de seca praticamente todo o volume

precipitado é convertido em escoamento, contribuindo para a redução da perenização das nascentes.

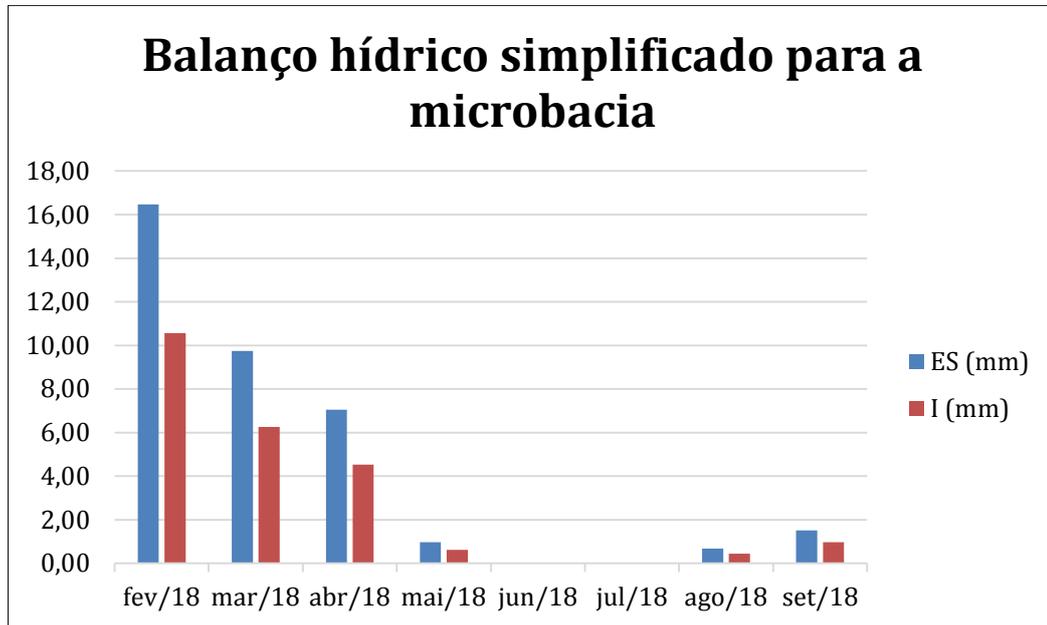


Figura 18 – Vazão média máxima escoada superficialmente (ES) e lâmina média máxima infiltrada (I) na microbacia, considerando os diversos usos e formações de relevo. Fonte: o autor.

Da mesma forma, o resultado do monitoramento da vazão de base associada à nascente 1 (Figura 19) mostra a rápida resposta, no que tange a diminuição da vazão após as precipitações. Considerando que na microbacia houve a inserção de uma estrada, que verte parte do escoamento para fora da área da microbacia, considera-se que estes valores estão subestimados.

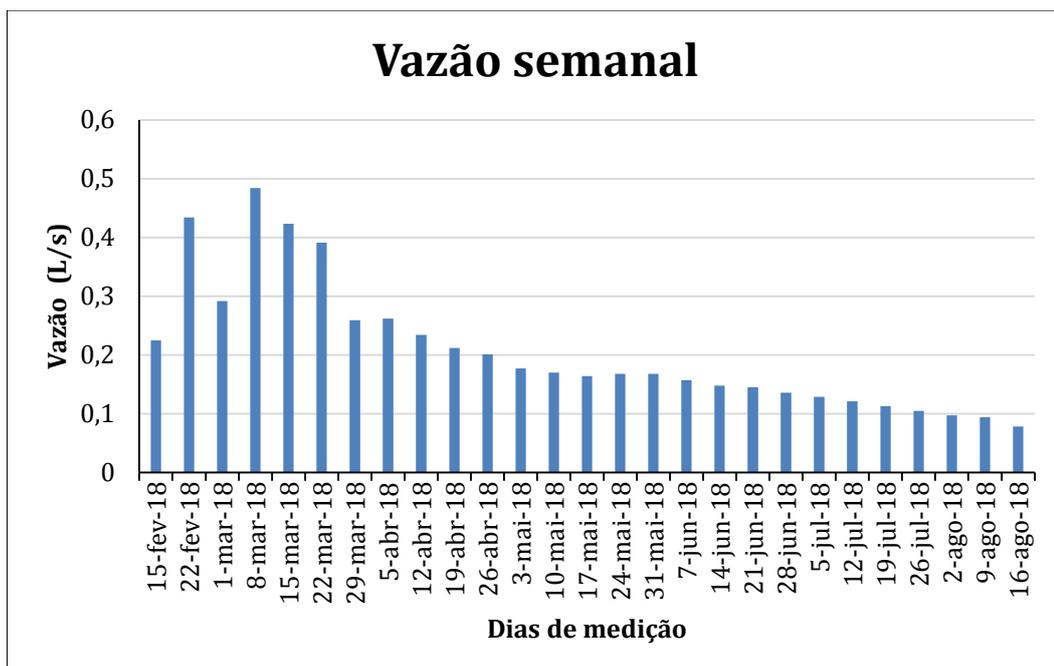


Figura 19 – Valores referentes às medições da vazão da nascente 1.

Essa rápida resposta de vazão indica baixo valor de permeabilidade do solo na microbacia. Borges et al. (2005) em experimento encontrou valores médios de permeabilidade de acordo com a cobertura vegetal, sendo identificado $94,81 \text{ mm h}^{-1}$ em floresta, $72,11 \text{ mm h}^{-1}$ em eucalipto, $36,01 \text{ mm h}^{-1}$ em agricultura (cana-de-açúcar), e $8,99 \text{ mm h}^{-1}$ em pastagem.

Sendo assim a maior permeabilidade para os solos se encontra na vegetação floresta (mata nativa), o que provavelmente irá proporcionar maior infiltração acarretando maiores volumes na recarga do lençol freático, aumentando assim a vazão de um dado curso d'água. Estes resultados colaboram para o fato de que, o manejo juntamente com a configuração do relevo interfere diretamente na perenização do sistema hídrico, conforme se observa na variação da profundidade do lençol freático (Figura 20).

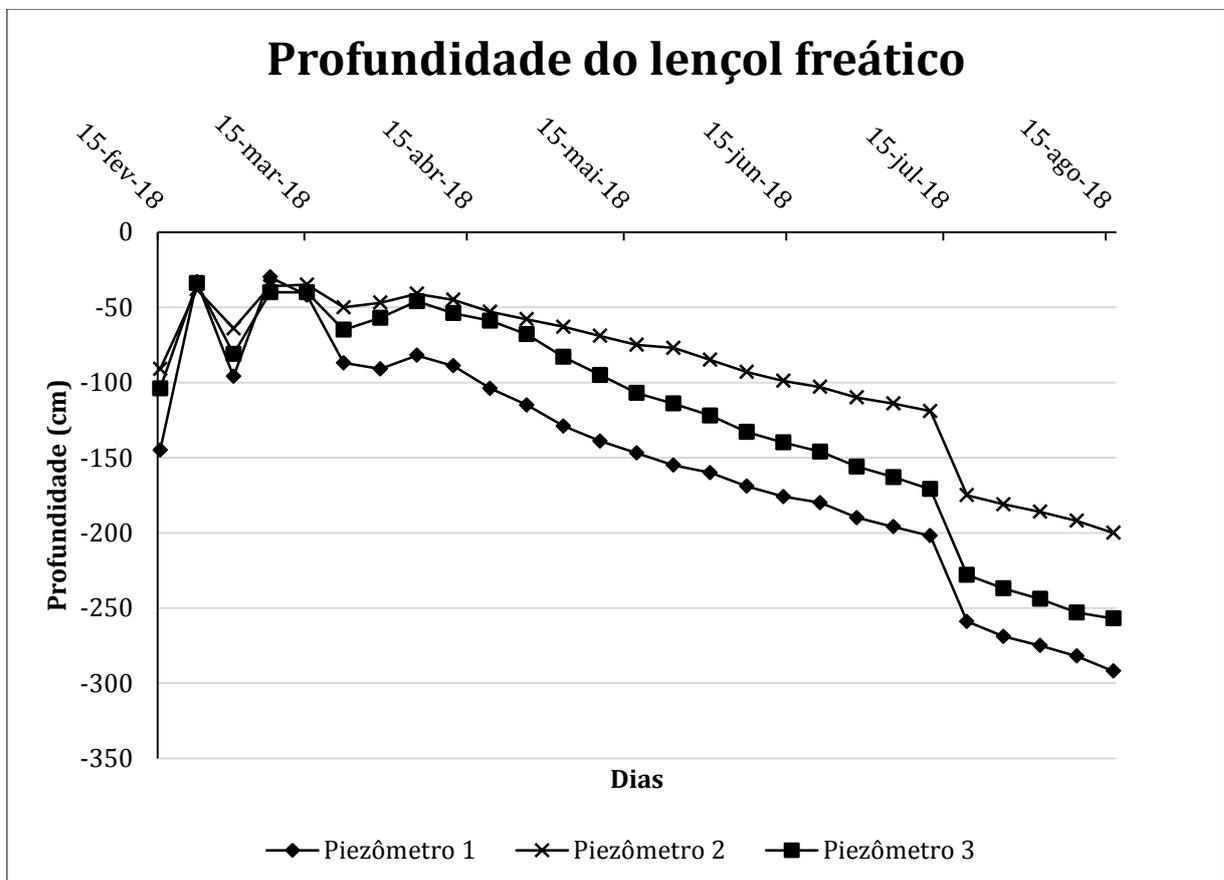


Figura 20 – Gráfico com os valores medidos de profundidade do lençol freático em 3 diferentes pontos localizados na microbacia.

Ao se observar os dados de precipitação mensal do ano agrícola entre 2017 a 2018 pode-se perceber maior pluviosidade nos meses fevereiro e março de 2018 (figura 16), esse fato explica os maiores volumes da vazão encontrados justamente nos referidos meses (Figura 19). É possível estabelecer uma relação inversa entre a diminuição da vazão ao decorrer dos meses, e uma maior distância no nível do lençol freático em relação ao solo, fato esse que

pode ser observado nos três piezômetros instalados (Figura 20). Esse acontecimento mostra a conexão entre o lençol freático e a nascente, segundo Valente e Gomes (2011), quando suas vazões oscilam muito entre períodos chuvosos e de estiagem, estamos diante de nascentes mantidas por lençóis freáticos. As mantidas por lençóis artesianos tendem a apresentar, maiores uniformidades de vazões ao longo do tempo.

5 CONCLUSÕES

Os valores de precipitação mensurados na fazenda Tataíra são representativos para a microbacia em estudo, devido à proximidade das áreas.

A configuração do relevo, alinhado às condições de manejo e uso do solo são determinantes na perenização de cursos hídricos.

As nascentes localizadas do ponto mais a montante do exutório da microbacia podem ter secado devido às interferências físicas e ao manejo do solo praticado. Já na nascente do exutório, tais interferências não afetaram a dinâmica subterrânea do escoamento devido a profundidade do lençol freático. Por outro lado, o uso do solo pode estar contribuindo para a diminuição da sua vazão de base.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., de MORAES, G., LEONARDO, J., SPAROVEK, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711-728.
- BALBINOT, R. et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, Pr, v. 4, n. 1, p.131-149, 2008.
- BORGES, M. J; PISSARRA, T. C. T.; VALERI, S. V OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retençãode água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, p. 93-103, 2005.
- BORSATO, F.; MARTONI, Astrid Meira. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas (2009). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília, DF. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 28/02/2018.
- BRASIL, DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934. **Código de Águas**, Rio de Janeiro, RJ 10 de jul de 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2012.
- CAMPOS, S.; ARAÚJO JÚNIOR, A. A.; BARROS, Z. X. D.; et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, botucatu - sp. **Engenharia Agrícola**, Jaboricabal, v. 24, n. 2, p.431-435, maio 2004.
- CARVALHO, D. F.; MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. **Apostila irrigação e drenagem**. 2007. Disponível em:<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/L>. Acesso em: Acesso em: 29 set. 2018.
- CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.
- CAZULA, L. P.; MIRANDOLA, P. H. BACIA HIDROGRÁFICA – CONCEITOS E IMPORTÂNCIA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP - Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Lagoas - MS, n. 12, p.1-24, nov. 2010.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Suaçuí CBH-Suaçuí, 2013. Disponível em: <<http://www.cbhsuacui.org.br/a-bacia>>. Acesso em 07 de Agosto de 2018.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura.** 4ª Edição. São Paulo: Nobel, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p, 1997.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p.70-81, 06 jun. 2013. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/viewFile/583/453>>. Acesso em: 18 set. 2018.

FREITAS, M. A.V.; SANTOS, A.H.M. **Perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos.** O Estado das Águas no Brasil. Brasília 1999. SIH/ANEEL, MMA, SRH. 336 p. ICAParte1.pdf>. Acesso em: 5 outubro 2018.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio passo céu, região oeste do estado do Paraná.** 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Florestais, Com Opção em Conservação de Ecossistemas Florestais. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba, 2003.

LIMA, W. de P. Função hidrológica da mata ciliar. **Simpósio sobre mata ciliar**, v. 1, p. 25-42, 1989.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, M. J. B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 31, p. 53-64, 1998.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Avaliação qualitativa de nascentes com diferentes coberturas do solo e conservação da vegetação em seu entorno no córrego Pimenta. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 53-59, 2015.

MMA (Ministério de Meio Ambiente). **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** Documento base de referência-minuta. Revisão. Secretaria Nacional dos Recursos Hídricos e Agência Nacional das Águas. Brasília, DF, 2003. Disponível em <http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5textos/20Plano%20Nacional14_04_03.pdf>. Acesso em: 9 set. 2018.

NIERO, R. Z. **Acompanhamento do nível freático e determinação da condutividade hídrica do solo na fazenda experimental da ressacada cca - UFSC.** 2011. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C. de; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.9-15, fev. 2005.

PERINI, A. B.; FURASTE, R. E. **Mapeamento Cadastral e Geração de Banco de Dados Geográfico da Escola Superior de Educação Física e Densificação da rede Geodésica da UFRGS – RS/BR** Porto Alegre: UFRGS, 2011.

PINHEIRO, M. R. C.; WERNECK, B. R.; OLIVEIRA, A. F.; MOTÉ, F.; MARÇAL, M. S.; SILVA, J. A. F.; FERREIRA, M. I. P. Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Rio de Janeiro, v. 0, n. 0, p.4247-4254, abr. 2009.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.43-60, 2008.

Programa de Pesquisa em Biodiversidade - (PPBio). (2012). **Protocolo de instalação de piezômetros em locais com nível freático pouco profundo (áreas sazonalmente encharcadas)**. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo_instalacao_piezometro.pdf. Acesso em 07 agosto de 2018.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação - 3 ed. - São Paulo; **Escrituras Editora**, 2006. Capítulo 4. 111 pg.

RODRIGUES, Valdemir Antonio. ANÁLISE DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM MODELO DIDÁTICO DE MICROBACIAS. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, SP, v. 17, n. 1, p.1-15, fev. 2011.

SILVA, A. A. F. **Geoprocessamento aplicado a análise e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do ribeirão São João - TO**. 2010. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Tocantins Campus de Porto Nacional, Porto Nacional, 2010.

SILVA, E. E. L. **Mapeamento do uso do solo da Bacia Ribeirão Engenho de Ferro-Ibiporã - PR**. 2011. 28 p.. Monografia (Curso de Bacharel em Geografia) – Centro de Ciências Exatas – Departamento de Geociências – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SIMÃO, C. A. **Brocas Manuais**. 2015. Disponível em: <<http://engcarlos.com.br/brocas-manuais/>>. Acesso em: 26 nov. 2017. **Técnica IPEF**, v.12, n.31, p.53 – 64, abr. 1998.

TUCCI, C. E. (1993). Escoamento superficial. **Hidrologia: ciência e aplicação**,4, 391-437.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes: Produção de Água em Pequenas Bacias Hidrográficas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.

VALERIANO, Márcio de M.. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 7, n. 3, p.539-546, 10 nov. 2003.

VASCONCELOS, E. **Zona ripária e sua função hidrológica**. 2016. Disponível em: <<http://www.logicambiental.com.br/zona-riparia-e-sua-funcao-hidrologica/>>. Acesso em: 12 abr. 2016.