

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS – CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL
DALILA DE OLIVEIRA SANTOS**

**ESTUDO DOS USOS DO SOLO E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
PRESTADOS POR DUAS MICROBACIAS DO RIO SÃO NICOLAU,
AFLUENTE DO RIO DOCE**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2019**

DALILA DE OLIVEIRA SANTOS

**ESTUDO DOS USOS DO SOLO E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS
PRESTADOS POR DUAS MICROBACIAS DO RIO SÃO NICOLAU,
AFLUENTE DO RIO DOCE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de
Minas Gerais - Campus São João
Evangelista como exigência
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Rafael Carlos dos Santos
Co-Orientador: Me. Mateus Marques Bueno

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

S194e Santos, Dalila de Oliveira.
2020

Estudo dos usos do solo e serviços ecossistêmicos prestados por duas microbacias do Rio São Nicolau, afluente do Rio Doce. / Dalila de Oliveira Santos. – 2020. 27fl; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2020.

Orientador: Dr. Rafael Carlos dos Santos.
Coorientador: Me. Mateus Marques Bueno.

1. Conservação do solo. 2. Produção de água. 3. Pequenas bacias hidrográficas. I. Santos, Dalila de Oliveira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 631.4

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

DALILA DE OLIVEIRA SANTOS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de
Minas Gerais - Campus São João
Evangelista como exigência parcial
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal

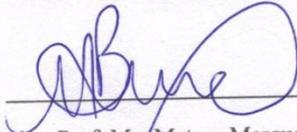
Aprovada em: 30/12/19...

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof Dr. Rafael Carlos dos Santos

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Co-Orientador: Prof. Me. Mateus Marques Bueno

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Prof. Me. Adeliton da Fonseca Oliveira

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

“Combati o bom combate, acabei a carreira, guardei a fé.”
2 Timóteo 4:7

*“De tudo ficaram três coisas: a certeza de que eu estava sempre começando;
a certeza de que era preciso continuar; e a certeza de que seria interrompida antes de terminar.
Fiz da interrupção um caminho novo. Fiz da queda um passo de dança,
do medo uma escada, do sono uma ponte e da procura um encontro.”*
Fernando Sabino

*Dedico a todos que sonham e acreditam que, através do conhecimento,
é possível construir um mundo melhor.
Dedico também este trabalho à Deus, aos meus pais,
todos os meus amigos e demais familiares.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me direcionado e capacitação ao longo da caminhada.

Aos meus pais, Maria Terezinha e Jair, por todo amor, educação, apoio e por todas as orações feitas .

Aos voluntários desse projeto, Sarah, Hiago, Cleiton, Adrielly, Fernanda e Junio Vitor pelo tempo gasto e dedicação durante a execução do trabalho.

Aos técnicos do laboratório do IFMG-SJE, Lucas, Ricardo e Ari, pela disposição e colaboração.

Agradeço ao CNPQ pelo apoio financeiro à pesquisa.

Aos orientadores, Adeliton e Rafael por transmitirem seus conhecimentos e pelas pontuações que ajudaram a concluir esse trabalho.

Ao co-orientador, Mateus Bueno, por tamanha dedicação ao trabalho, que em meio a escassez de tempo e a quilômetros de distância esteve sempre a disposição para fazer sua colaboração.

Aos amigos que a vida me deu, Felipe, Mariane, Gilnéia e Cristiane, pelo apoio e palavras de incentivo e por toda ajuda que me deram ao longo do curso.

Aos amigos que o curso me deu, Adrielly, Camila, Layane, Rafaela, Carolaine, Igor, Israel e Rogério, por terem tornado essa caminhada mais leve, pelas risadas e por todo carinho.

Aos amigos Shayane, Nayara e Luiz, por tanto carinho, por acreditarem em mim, e que mesmo a distância sempre me incentivam e estão sempre presentes em me apoiar.

Agradeço em geral a toda equipe de professores , direção e demais funcionários do IFMG-SJE, por tamanha dedicação em contribuir para a construção de todo o conhecimento adquirido ao longo do curso.

RESUMO

Os recursos naturais são elementos de fundamental importância para sociedade, pois, a partir do uso deles é possível manter a sobrevivência dos seres vivos no planeta. O objetivo principal deste trabalho foi estudar a dinâmica dos usos do solo e os serviços ecossistêmicos prestados por duas microbacias, fundamentando inferências sobre o manejo de pequenas bacias hidrográficas nesta região. A pesquisa foi realizada em duas microbacias, sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo, nas quais foram analisadas suas condições físico-hídricas do solo. Foi feito um levantamento de todas as nascentes ativas e não ativas localizadas dentro do campus, e assim delimitou-se as bacias de contribuição, a partir de um levantamento geodésico e imagens de satélite. Para determinar a porosidade total, densidade e condutividade hidráulica, foi realizada a coleta de solo com estrutura indeformada, através do amostrador de Uhland. Em cada uso de solo foram coletadas em 5 pontos aleatórios, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, totalizando 150 amostras. Para quantificação da matéria orgânica foram selecionados 05 pontos aleatórios, para cada uso do solo em cada microbacia, totalizando 75 pontos. Na microbacia 01 a cultura anual e a cultura perene com cultivo de café apresentaram maior densidade, menor porosidade e também menor condutividade hidráulica, o que indica uma maior compactação do solo naquele local, já para serrapilheira sob o solo no uso compreendido por culturas perenes (M1C1, M1C2, M1C3) o valor total foi de 1,73 t/ha, seguido pelo uso com mata nativa (M1MN1 e M1MN2), que apresentou valor médio de 1,15 t/ha, as culturas anuais destacou-se como menor valor, igual a 0,12 t/ha. Na microbacia 02, a mata nativa apresentou os os menores valores de densidade do solo, os maiores valores de porosidade e uma maior condutividade hidráulica, enquanto nas pastagens e culturas anuais tiveram os maiores valores de densidade, menor porosidade e baixa condutividade hidráulica quando comparado aos demais usos do solo, verifica-se que o valor total médio encontrado para as massas de matéria morta sob o solo no uso compreendido mata nativa (M2MN1 E M2MN2) foi de 2,97 t/ha, seguido pelo uso pastagem (M2P 1 a 4), que apresentou valor médio de 0,98 t/ha, e culturas anuais destacou-se como menor valor, igual a 0,28 t/ha. As culturas de mata nativa e culturas perenes, plantadas nas áreas de captação podem contribuir de forma positiva com maior cobertura morta no solo e capacidade de produção de água.

Palavras chaves: conservação do solo, produção de água, pequenas bacias hidrográficas

ABSTRACT

Natural resources are elements of fundamental importance for society, because from their use it is possible to maintain the survival of living beings on the planet. The main objective of this work was to study the dynamics of land use and ecosystem services provided by two watersheds, based on inferences about the management of small watersheds in this region. The research was carried out in two watersheds, under different soil use and management systems, in which their soil physical and water conditions were analyzed. A survey of all active and non-active springs located within the campus was made, and thus the contribution basins were delimited from a geodetic survey and satellite imagery. In order to determine the total porosity, density and hydraulic conductivity, soil with undisturbed structure was collected through the Uhland sampler. In each soil use were collected at 5 random points, at depths of 0-20 and 20-40 cm, totaling 150 samples. For organic matter quantification, five random points were selected for each soil use in each watershed, totaling 75 samples points. In microbasin 01 the annual crop and the perennial crop with coffee cultivation presented higher density, and consequently, lower porosity and also lower hydraulic conductivity, which indicates a higher soil compaction due to the management performed there, already for litter under the ground. in the use of perennial crops (M1C1, M1C2, M1C3) the total value was 1.73 t / ha, followed by use with native forest (M1MN1 and M1MN2), which presented an average value of 1.15 t / ha, annual crops stood out as the lowest value, equal to 0.12 t / ha. In the microbasin 02, the native forest presented the lowest values of soil density, the highest porosity values and a higher hydraulic conductivity, while in pastures and annual crops the highest density values, a smaller porosity and low hydraulic conductivity can be observed. when compared to other land uses within this watershed, it was found that the average total value found for the masses of dead matter under the soil in native forest use (M2MN1 and M2MN2) was 2.97 t / ha, followed by pasture use (M2P 1 to 4), which presented an average value of 0.98 t / ha, and annual crops stood out as the lowest value, equal to 0.28 t / ha. Native forest and perennial crops planted in catchment areas can contribute positively with increased mulch and water production capacity.

Keywords: soil conservation, water production, small river basins.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos naturais são elementos de fundamental importância para sociedade, pois, a partir do uso deles é possível manter a sobrevivência dos seres vivos no planeta. A medida que se conhece a importância dos serviços prestados pelo ecossistema a humanidade, este ganha maior importância e preocupação em relação a conservação desses recursos.

“Serviços ecossistêmicos” é um termo recente, conceituado como: benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (MEA, 2005). Dentre os serviços prestados pelo ecossistema pode-se citar como exemplo a regulação de água e do clima, além de outros de grande importância. Os serviços ecossistêmicos, de forma resumida, são os bens que a natureza fornece para garantir o equilíbrio global. Quando há ações antrópicas sobre esta capacidade convencionou-se chamar de serviços ambientais.

A degradação dos recursos naturais, principalmente solo e água, devido à pressão do uso e ocupação do solo sobre fatores físicos e ambientais contribuem para o rompimento do equilíbrio ambiental nessas áreas. O solo é um recurso de extrema importância para a ocorrência de todos os processos ecológicos no planeta e exerce papel fundamental para a manter toda a diversidade dos ecossistemas (VEZZANI, 2015).

O manejo do solo afeta diretamente o equilíbrio das condições de infiltração de água (SOUZA et al., 2004). De acordo com Hamza & Anderson (2005), dentre os componentes do manejo do solo, o preparo do solo é a atividade que mais exerce influência nos atributos na qualidade física do solo, porque atua diretamente modificando sua estrutura. Na medida em que ocorre a intensificação do uso agrícola os atributos físico-hídricos do solo passam a sofrer alterações adversas ao crescimento vegetal, que ficam mais evidentes quando comparados com o solo sob o uso de vegetação natural (SANTOS, 2010; SANTOS et al., 2011a).

Segundo Junqueira (2006), a ocupação do solo tem influenciado diretamente a produção de água. O reflexo dessa influência na quantidade e qualidade de água das nascentes, assim como, no curso anual de sua vazão está diretamente relacionado à declividade do terreno, uso e ocupação do solo, além de seus atributos físico-hídricos.

O uso e ocupação do solo é um processo que acontece gradativamente ao passar do tempo com as ações naturais e antrópicas, que reflete na produção de água que é um bem de extrema importância para a sobrevivência de todos os seres vivos. As bacias hidrográficas podem ser consideradas unidades naturais para a análise de ecossistemas. De acordo com Rocha (1997), o manejo de microbacias é feito a partir de diagnósticos gerais do ecossistema, a fim de identificar todos os problemas da bacia e propor soluções compatíveis com cada

situação. Em relação à conservação do solo destaca-se a importância da proteção exercida pela cobertura vegetal viva e pela cobertura morta (serrapilheira), e estas características podem ser usadas no manejo das bacias hidrográficas, para melhorar a produção de água Balbinot et al. (2008).

Algumas bacias hidrográficas podem funcionar como áreas estratégicas para gestão ambiental, essas bacias possuem uma capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos que se torna uma excelente ferramenta para contribuir com a sustentabilidade e o bem-estar da população. De acordo com Andrade et. al. (2012), as principais mudanças ocorridas no potencial de fornecimento dos serviços ecossistêmicos gerados pelas bacias hidrográficas são alterações na dinâmica de uso e ocupação do solo.

Levando-se em consideração a forte ligação existente entre os serviços que são prestados pelos ecossistemas e o bem estar humano, fica claro a importância de valorizar esses serviços e contribuir para manutenção e conservação dos bens naturais para que continue a ocorrer a garantia do conforto e meios de sobrevivência dos seres vivos.

Nesse contexto o objetivo principal deste trabalho foi estudar a dinâmica dos usos do solo e os serviços ecossistêmicos prestados por duas microbacias dentro do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, através do estudo das propriedades físico-hídricas do solo, relacionando-as com os usos e manejos do solo de cada microbacia, fundamentando inferências sobre o manejo de pequenas bacias hidrográficas nesta região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em duas microbacias, sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo, nas quais foram analisadas suas condições físico-hídricas do solo. As microbacias estão localizadas dentro dos limites do campus do Instituto Federal de Minas Gerais, no Município de São João Evangelista. O referido município encontra-se localizado na região Leste de Minas Gerais, apresentados os seguintes dados de localização e climáticos: coordenadas geográficas - 18° 32' 52" S, Longitude: 42° 45' 48" W; Altitude - 690 m, Temperatura média: 15 °C; e precipitação pluviométrica média anual - 1.377 mm. Segundo Köppen e Geiger (2016) o clima é classificado como Cwa, clima temperado chuvoso, com inverno seco e verão chuvoso e quente.

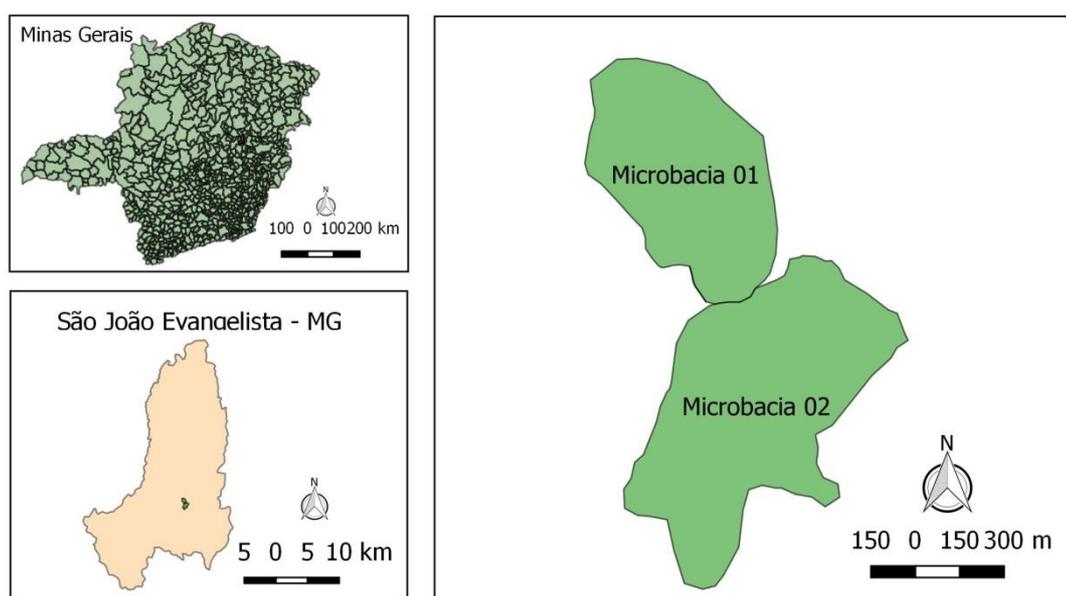
Segundo o comitê da bacia hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce, 2016), as microbacias selecionadas pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD) possui área de drenagem de 86.715 km², dos quais 86% estão no Leste mineiro e 14% no Nordeste do Espírito Santo. A população presente nesta bacia está estimada em torno de 3,5 milhões de habitantes, distribuída em 228 municípios, sendo 200 mineiros e 28 capixabas. Mais de 85% desses municípios têm até 20 mil habitantes e cerca de 73% da população total da bacia concentra-se na área urbana, segundo dados de 2007. Nos municípios com até 10 mil habitantes, 47,75% da população vive na área rural. As bacias do Piranga e do Piracicaba, com o maior Produto Interno Bruto (PIB) industrial, concentram aproximadamente 48% da população total.

Em Minas, a Bacia Hidrográfica do Rio Doce é subdividida em seis Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs), às quais correspondem as seguintes sub-bacias e seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs): Rio Piranga (DO1), Rio Piracicaba (DO2), Rio Santo Antônio (DO3), Rio Suaçuí (DO4), Rio Caratinga (DO5), Rio Manhuaçu (DO6). No Espírito Santo, não há subdivisões administrativas, existindo CBHs dos Guandu, Santa Joana, Santa Maria do Doce, Pontões e Lagoas do Rio Doce e Barra Seca e Foz do Rio Doce (CBH-Doce, 2016).

O município de São João Evangelista faz parte dos 48 municípios que integrantes da bacia hidrográfica do Rio Suaçuí. O Rio Suaçuí tem extensão de 300 quilômetros. Nasce na Serra do Espinhaço, no Parque Estadual do Pico do Itambé, no município de Serra Azul de Minas, onde recebe o nome de Rio Vermelho. Ao encontrar-se com os rios Turvo Grande e Cocais, na cidade de Paulistas, passa a se chamar Suaçuí Grande. O Rio Suaçuí Pequeno tem suas nascentes no município de Peçanha e o Rio Corrente Grande nasce em Sabinópolis,

(CBH SUAÇUÍ 2013).

Ao decorrer de seu percurso o rio Suaçuí Grande recebe a contribuição hídrica de inúmeras microbacias dentre elas duas microbacias que são objetivos deste estudo que se encontram localizadas no Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, MG. As microbacias estudadas (Figura 1) juntas possuem uma área total de 92,85 ha delimitadas pelos seus divisores de águas, nestas áreas encontram-se os seguintes usos do solo: mata nativa (MN), culturas perenes (C), culturas anuais (CA) e pastagens (P), além do Uso Alternativo do solo (UAS), que corresponde às construções e infra estruturas.



Figuras 1 – Sistema de referência geodésico e malha de coordenadas da área de estudo, com destaque para as duas microbacias localizadas no Campus do IFMG, em São João Evangelista, MG.

Para o estudar melhor a situação hídrica do campus, foi feito um levantamento de todas as nascentes ativas e não ativas localizadas dentro do campus. Este levantamento foi feito através de pesquisa direta, via histórico e localização *in situ*. O histórico foi baseado em entrevistas, com funcionários antigos do campus do IFMG/SJE. Com base nestes relatos, foi realizado caminhamentos e marcação digital de pontos georreferenciados. Com estes pontos, que representam as nascentes ativas ou não, delimitou-se as bacias de contribuição, por meio do modelo digital de terreno, previamente desenvolvido.

Além disto, foi feito uma checagem da série histórica de imagem de satélites disponíveis para a região de estudo, procurando validar, via variação da vegetação as nascentes encontradas. A partir dos mapas temáticos obtidos, delimitou-se a área de contribuição de duas das microbacias. Nestas foi feito o mapeamento do uso do solo, a partir

de de um levantamento geodésico e imagens de satélite. Em campo, foram tomados pontos de GPS (*Global Positioning System*) de alta resolução (Garmin 70 CSx), que possibilitou o georreferenciamento e checagem da planilha de áreas.

Após a coleta dos pontos em campo referentes ao perímetro das bacias e das nascentes em estudo, foi realizado no software livre QGis 2.14 os mapas de uso e ocupação das microbacias, para a extração dos usos foi utilizada uma imagem do sensor RapidEye (MMA 2018), com resolução espacial de 5 m. Além de visita a campo para validação dos mesmos, foram atribuídas cores específicas para cada uso e com a ferramenta compositor a elaboração do layout dos mapas, quantificação das áreas dos usos e sua porcentagem de contribuição dentro da bacia.

Definido os principais usos do solo, procurou-se qualificar os serviços ecossistêmicos relacionados à produção de água prestados pelas microbacias. Para tal, foi feito levantamentos de campo para obtenção dos dados relativos aos atributos físico-hídricos dos solos nas áreas do entorno das microbacias. Para determinar a porosidade total foi realizada a coleta de solo com estrutura indeformada, através do amostrador de Uhland. Em cada uso de solo foram coletadas em 5 pontos aleatórios, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, totalizando 150 amostras. Em campo, inicialmente limpou-se a superfície do solo com a enxada eliminando a vegetação, procurando não alterar a camada superficial de solo de colo. Na sequência, cavou-se aproximadamente 7,5 cm, a partir da superfície, com auxílio de cavadeira de boca, garantindo que a base ficasse retilínea. Nesta inseriu-se o amostrador e retirou-se a amostra, delimitando suas extremidades com auxílio de faca pedológica. Estas amostras foram envoltas em material inerte e conduzidas ao laboratório. O mesmo procedimento foi realizado para a segunda profundidade (20-40 cm).

Para calcular a porosidade total do solo, utilizam-se as medidas de densidade real ou massa específica real, também conhecida como densidade de partículas e a densidade aparente do solo com base na metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

A densidade foi feita segundo a metodologia de Teixeira et al. (2017) onde foram medidas e anotadas em triplicata as dimensões do cilindro que continha a amostra usando um paquímetro para medida. Com esses dados, foi calculado o volume do cilindro. A amostra do cilindro foi removida e transferida para o recipiente numerado e de massa conhecida. Em seguida foram secadas em estufa a 105 °C por 48 horas, retiradas e esfriadas em dessecador e depois pesadas, obtendo-se a massa seca da amostra.

Para quantificação da serrapilheira foram selecionados 05 pontos aleatórios, para cada uso do solo em cada microbacia, totalizando 75 pontos. Para cada coleta utilizou-se o

quadrado inventario, feito com quatro barras de ferro, com 30x30 cm, fixados aos solos através de duas presilhas também de ferro, no qual foi coletado todos os resíduos de material orgânica na superfície do solo dentro da área delimitada pelo quadrado. Após a coleta o material foi acondicionado em sacos de papel *kraft* e transferidas para estufa a 65°C, conforme metodologia proposta por Gomes (2014).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros; homogeneidade das variâncias dos erros; e independência; em ambiente computacional Sisvar versão 5.7 (Builde, 91). As médias de tratamento foram comparadas pelo teste de Skott Knot a 5% de probabilidade de erro.

3.RESULTADOS

O levantamento histórico das nascentes localizadas dentro do Campus, apontou um total de 13 nascentes que um dia foram ativas, dentre essas, 12 pertencem as duas microbacias (M1 e M2) que foram selecionadas para este estudo. Atualmente encontram-se ativas apenas duas dessas nascentes que estão destacadas na figura 5, ambas localizadas nos limites da M2.

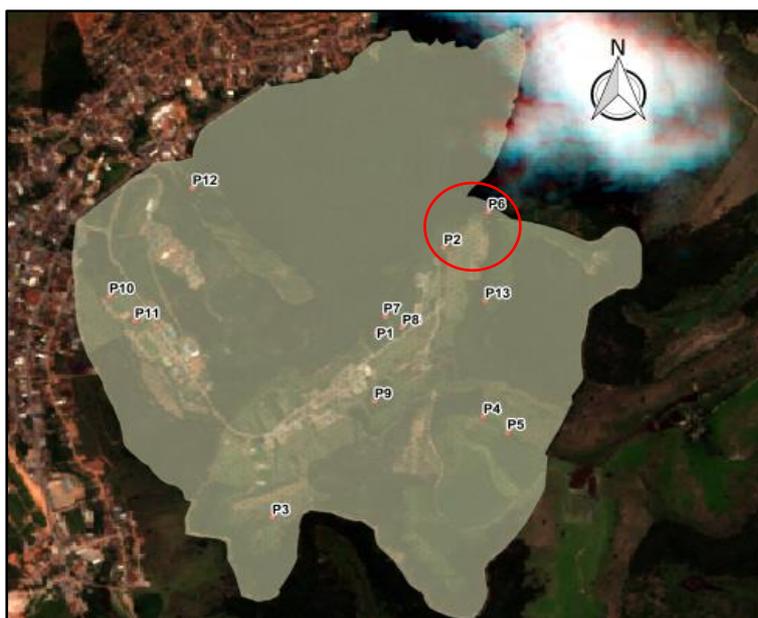


Figura 2 – Distribuição espacial dos pontos representativos das nascentes no IFMG SJE. Fonte da imagem: MMA, 2018.

O mapa de uso e ocupação do solo para as microbacias M1 (Figura 2) e M2 (Figura 3) mostram grande variação no uso atual. Os usos e ocupações levantadas na M1 são: culturas anuais, mata nativa, uso alternativo do solo e culturas perenes. Já na M2: culturas anuais, mata nativa, uso alternativo do solo e pastagem.

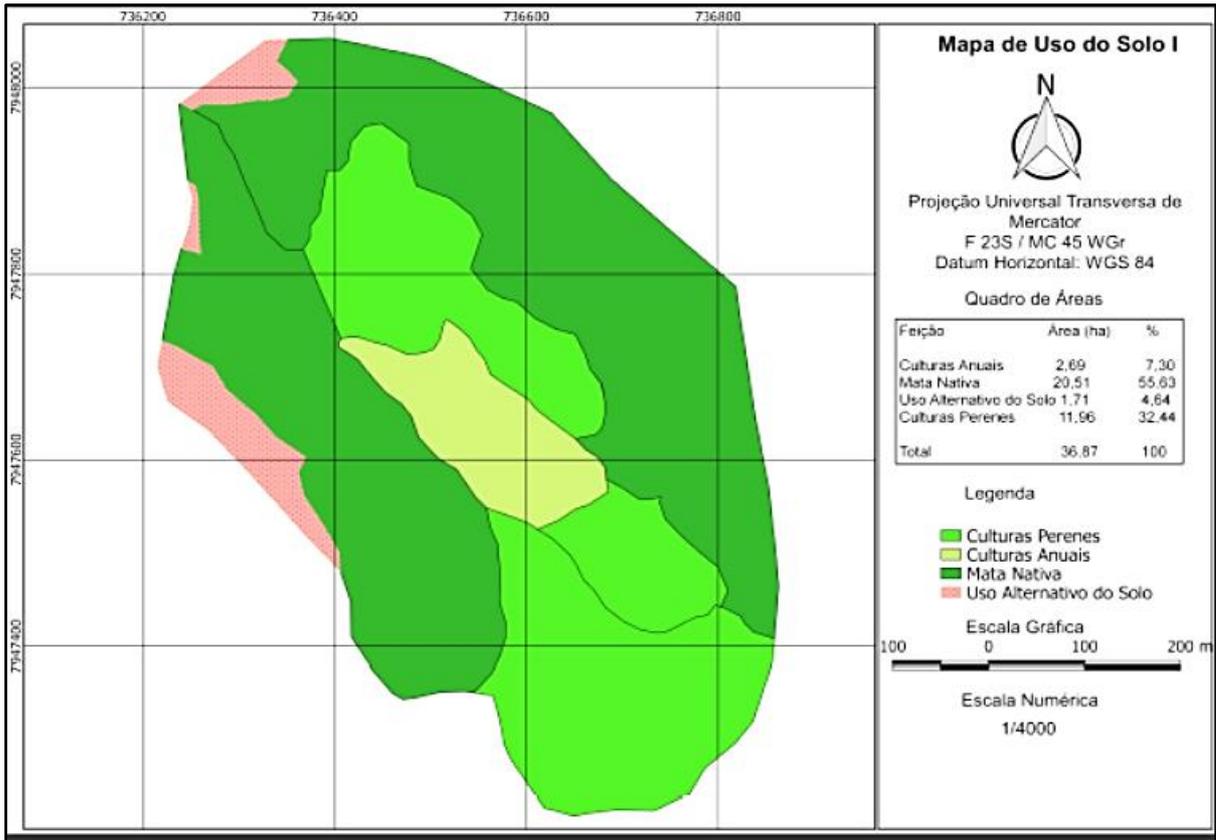


Figura 3 – Mapa e uso de ocupação da microbacia 01.

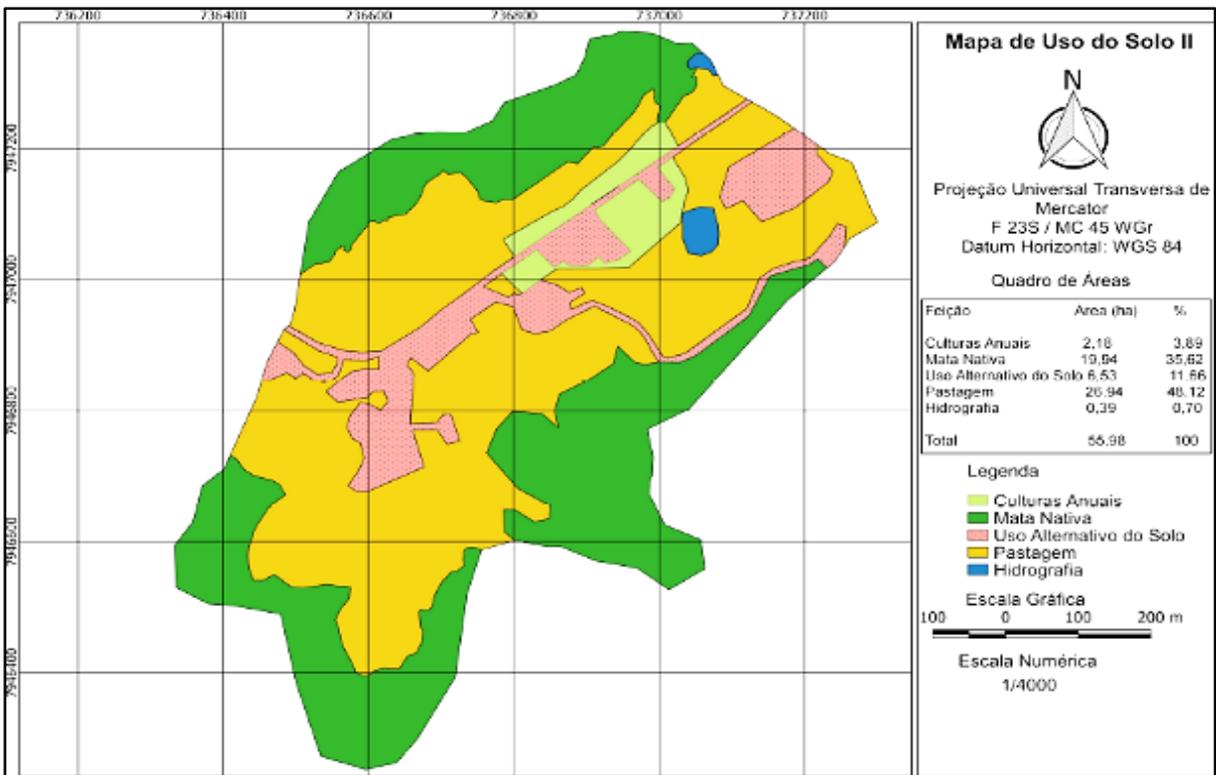


Figura 4 – Mapa e uso de ocupação da microbacia 02.

Para as áreas relativas aos usos do solo nas microbacias (Tabela 1) pode-se observar que a maior parte da área da microbacia 01 é composta por mata nativa (M1MN), seguido por culturas perenes (M1C) e em menor quantidade por culturas anuais (M1CA) e uso alternativo do solo (M1UAS). Percebe-se a predominância de condições naturais nesta microbacia, com cerca de 56 % da área total. Isoladamente este resultado pode ser visto de forma positiva a respeito da capacidade de produção de água, visto que a floresta permite a ocorrência de abstrações iniciais, evitando o processo de selamento superficial do solo.

Tabela 1 – Uso do solo para a microbacia M1.

Feição	Área (ha)	Porcentagem (%)
Culturas Anuais (M1CA)	2,69	7,30
Mata Nativa (M1MN)	20,51	55,63
Uso Alternativo do Solo (M1UAS)	1,71	4,64
Culturas Perenes (M1C)	11,96	32,44
Total	36,87	100

Já na microbacia 02 (Tabela 2) a maior parte das áreas é composta por pastagem (M2P), seguido por mata nativa (M2MN) e em menor quantidade uso alternativo do solo (M2UAS) e culturas anuais (M2CA). Em ambas as microbacias observam-se boa parte da área de topo ou captação cobertas por mata nativa ou cultura perene. As áreas inclinadas ou de transmissão encontra-se, na microbacia 01 mata nativa ou cultura perene e na microbacia 02 principalmente pastagem. Finalmente, nas áreas de baixada ou afloramento, encontra-se na microbacia 01 culturas anuas e na microbacia 02 pastagem, culturas anuais e edificações.

Tabela 2 – Uso do solo para a microbacia M2.

Feição	Área (ha)	Porcentagem (%)
Culturas Anuais (M2CA)	2,18	3,89
Mata Nativa (M2MN)	19,94	35,62
Uso Alternativo do Solo (M2UAS)	6,53	11,66
Pastagem (M2P)	20,94	48,12
Hidrografia (M2H)	0,39	0,70
Total	36,87	100

Após análise de variâncias das características densidade do solo (DS), porosidade total (PT) e condutividade hidráulica em meio saturado (k0) em duas microbacias, pode-se observar (Tabela 03) que na microbacia 01 todas as características apresentaram efeito significativo (5% pelo teste F) para a fonte de variação uso do solo. Já para a profundidade de coleta da amostra observou-se efeito significativo apenas para a variável porosidade total.

Para a microbacia 02 o uso do solo, foi o único parâmetro que apresentou significância para todos os atributos analisados, em nenhuma das microbacias estudadas houve a interação entre uso do solo e profundidade. Os atributos físicos porosidade, densidade e condutividade hidráulica do solo (Tabela 04) apresentaram diferença significativa, a 5% de significância pelo teste Skott Knot, entre os diferentes usos do solo nas duas microbacias.

Na microbacia 01 a cultura anual e a cultura perene com cultivo de café apresentaram maior densidade, e conseqüentemente, menor porosidade e também menor condutividade hidráulica, o que indica uma maior compactação do solo devido o manejo realizado naquele local.

Na microbacia 02, a mata nativa apresentou os os menores valores de densidade do solo, os maiores valores de porosidade e uma maior condutividade hidraulica, enquanto nas pastagens e culturas anuais pode ser observado os maiores valores de densidade, uma menor porosidade e baixa condutividade hidraulica quando comparado aos demais usos do solo dentro dessa microbacia.

Tabela 3 – Resumo da análise de variâncias das características densidade do solo (DS), porosidade total (PT) e condutividade hidráulica em meio saturado (k0) em duas microbacias.

Fonte de variação	DS (g cm ⁻³)	QM	
		PT	K0
Microbacia 1			
Uso do solo	0,103308 *	0,013075*	3568,580994*
Profundidade	0,039522 ^{ns}	0,017585*	16,83197 ns
Uso x profundidade	0,012894 ^{ns}	0,002147 ^{ns}	132,659897 ^{ns}
Resíduo	0,586816	40351,95501	0,001885
Total	1,460903	0,238981	64942,64078
CV	9,05	8,83	167,34
Microbacia 2			
Uso do solo	0,299579*	0,054295*	13046,55199*
Profundidade	0,004516 ^{ns}	0,000293 ^{ns}	471,300589 ^{ns}
Uso x profundidade	0,041398 ^{ns}	0,008342 ^{ns}	1507,113002 ^{ns}
Resíduo	0,037746	1071,03188	0,006944
Total	4,693122	0,879762	179807,772
CV	15,74	17,39	138,5

* = significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Tabela 4 – Medias de tratamentos para os diferentes usos do solo e profundidade de amostragem em duas microbacias.

Usos e ocupação do solo	Ds (g cm ⁻³)	PT (%)	K0 (cm/h)
Microbacia 1			
M1C1	1,169632 a	0,522800 b	45,254017 b
M1MN2	1,215312 a	0,506658 b	3,537718 a
M1MN1	1,228340 a	0,509089 b	3,638820 a
M1C3	1,236335 a	0,514600 b	38,075749 b
M1CA	1,389234 b	0,446615 a	3,447634 a
M1C2	1,417386 b	0,441700 a	14,629879 a
Microbacia 2			
M2P1	1,272320 b	0,472888 a	15,155800 a
M2P2	1,442930 b	0,382522 a	7,661830 a
M2P3	1,235779 b	0,470831 a	0,557340 a
M2P4	1,151997 a	0,512506 b	4,739500 a
M2CA1	1,374549 b	0,429548 a	0,444490 a
M2CA2	1,390677 b	0,412424 a	1,94818 a
M2MN1	1,059708 a	0,549284 b	60,29868 b
M2MN2	0,945594 a	0,604119 b	98,224450 c

Medias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott Knot a 5% de probabilidade de erro.

Os valores de obtidos da quantidade de serrapilheira foi submetido a análise estatística de variância (ANOVA). O *valor-P* encontrado foi de 0,013, indicando que há diferenças significativas entre os usos estudados. A quantidade de serrapilheira ou matéria morta total encontrada na superfície de cada uso do solo dentro da Microbacia 01 é apresentado na Figura 05. Verifica-se que o valor total médio encontrado para as massas de serrapilheira sob o solo no uso compreendido por culturas perenes (M1C1, M1C2, M1C3) foi de 1,73 t/ha. Este foi o maior valor observado dentro os usos do solo, seguido pelo uso com mata nativa (M1MN1 e M1MN2), que apresentou valor médio de 1,15 t/ha. O uso culturas anuais destacou-se como menor valor, igual a 0,12 t/ha.

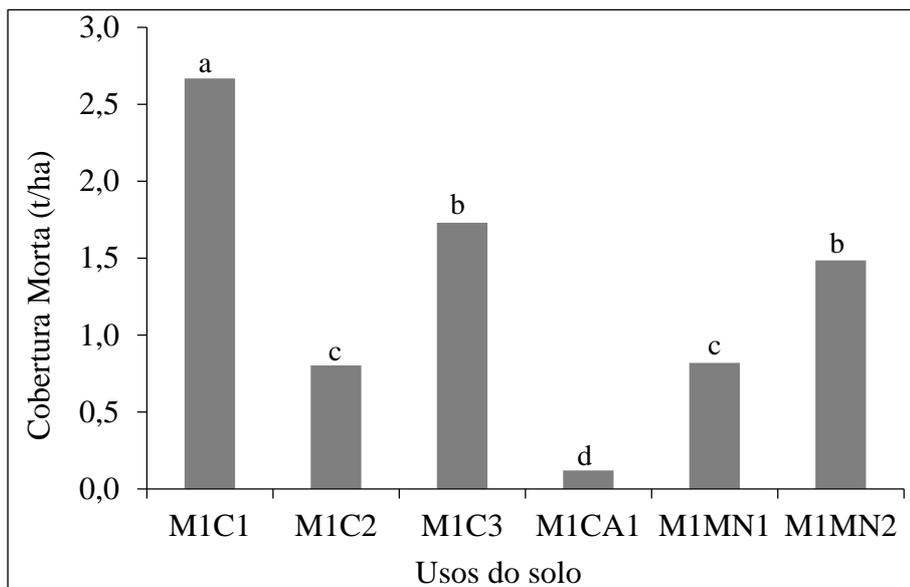


Figura 5 – Valores totais de cobertura morta ou serapilheira do solo nos diferentes usos dentro da microbacia 01.

A quantidade de serrapilheira ou matéria morta total encontrada na superfície de cada uso do solo dentro da Microbacia 02 é mostrada na Figura 6. Verifica-se que o valor total médio encontrado para as massas de matéria morta sob o solo no uso compreendido mata nativa (M2MN1 E M2MN2) foi de 2,97 t/ha. Este valor representa o maior seguido pelo uso pastagem (M2P 1 a 4), que apresentou valor médio de 0,98 t/ha. Novamente, o uso culturas anuais destacou-se como menor valor, igual a 0,28 t/ha.

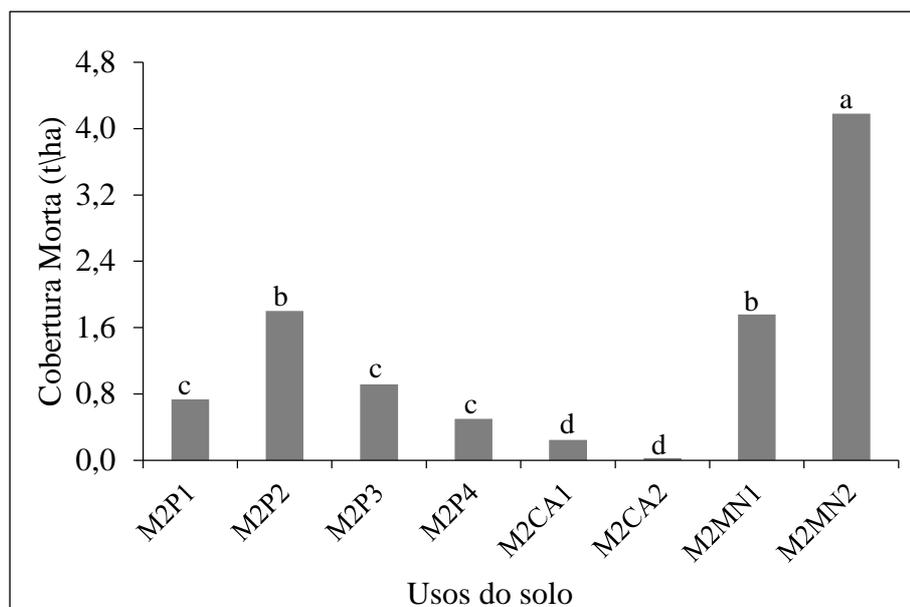


Figura 6 – Valores totais de cobertura morta ou serapilheira do solo nos diferentes usos dentro da microbacia 02.

Analisando as diferentes culturas e relacionando-as com a quantidade de matéria morta constatou-se que em geral as culturas anuais possuem menor quantidade de matéria morta em sua superfície. Este fato mostra que esta forma de manejo praticada propicia uma maior exposição do solo às intempéries climáticas. O solo ocupado por matas nativas apresentou valores altos de quantidade de matéria morta em sua superfície nas duas microbacias, podendo ser considerado como padrão de referência.

A maior quantidade de serrapilheira pode contribuir para maior infiltração de água no solo, acordo com Silva *et.al.*,(2001). Portanto, espera-se que nas áreas com cultivo anual tenha-se menor volume de água infiltrada no solo. Observa-se também que nas microbacias estudadas há áreas de uso alternativo, onde há predominância de áreas edificadas. Nestas áreas considera-se que a infiltração seja muito pequena. Desta forma, e alinhado aos demais itens pesquisados, será possível inferir sobre a dinâmica hídrica.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O diagnóstico dos usos do solo mostra que na microbacia 01 as áreas cobertas por mata nativa e as culturas perenes se destacam pela maior contribuição para os serviços ecossistêmicos prestados por essas microbacias referentes aos recursos hídricos. Isso porque nesses usos o solo apresentou maior porosidade. De acordo com Queiroz (1995) este atributo é também conhecido como porosidade efetiva, e define-se como a fração da porosidade total na qual a água move-se livremente, equivalente ao conteúdo de ar presente no solo na capacidade de campo, que pode ser definida como o limite superior de retenção hídrica no solo, ou seja, a maior quantidade de água que o solo pode reter sem causar estragos ao sistema (MANTOVANI et al., 2009).

Ainda dentro desses usos pode-se considerar que houve maior quantidade de cobertura de serrapilheira que é responsável por reduzir o impacto das gotas de chuva na superfície do solo, que pode diminuir o escoamento superficial e aumentar a infiltração da água no solo, contribuindo para o abastecimento do lençol freático. Quando um solo está desprovido de cobertura vegetal ele recebe a maior parte da energia cinética das gotas de chuva provenientes da precipitação pluviométrica, o que desagrega as partículas do solo, fazendo com que as partículas menores em suspensão penetram e obstruem os poros. Esse fato ocasiona a baixa permeabilidade formando o selamento superficial, que constitui-se de uma camada de maior densidade do solo, restringindo a infiltração da água (TACKETT & PEARSON, 1964).

A densidade do solo começa afetar negativamente o desenvolvimento das culturas quando ultrapassa $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, pois com a diminuição dos poros as raízes das plantas ficam sem oxigênio para respiração, e isso faz com que a zona de absorção de água e nutrientes fique comprometida (SOUZA et al 1997). Também foram apresentados baixos valores de densidade indicando a não compactação do solo nesses locais, o que também contribui para redução do escoamento superficial e para que ocorra maior infiltração da água no solo.

Já na microbacia 02, os solos das áreas de mata nativa apresentaram os menores valores de densidade, maior porosidade, os maiores valores de serrapilheira e boa condutividade hidráulica, enquanto algumas pastagens juntamente com as culturas anuais apresentaram os maiores valores de densidade do solo, chegando próximo ao valor limitante para o bom desenvolvimento das culturas. Este resultado mostra que pode estar sendo feito manejo incorreto da área, visto que, pastagens bem manejadas, rotacionadas e com o número correto de animais por área pode ser vantajoso ao solo comparado com sistemas sem manejo

adequado.

De acordo com Frazão (1981) o uso e manejo do solo exerce uma grande influência nos valores de densidade, solos sob uso de mata nativa e pastagens, de maneira geral, apresentam valores de densidade baixos em comparação aos que estão submetidos aos cultivos contínuos. Dentro das áreas analisadas e nas regiões ao entorno, é possível perceber que as áreas de pastagens são manejadas incorretamente, não havendo rotação das áreas ou seja, essas áreas são expostas continuamente ao pisoteio de gados, o que contribui para aumento da densidade e, conseqüentemente, uma maior compactação do solo. Por consequência, gera-se diminuição da infiltração no solo que é responsável por abastecer o lençol freático fazendo com que os serviços ecossistêmicos prestados por aquela região fique comprometida.

Na microbacia 02, a maior densidade do solo nas áreas de pastagens e culturas anuais pode ser explicada pela compactação na área que pode ter ocorrido devido ao pisoteio de animais na área ou trânsito de máquinas, conforme observado por Carneiro et al. (2009). A frequência de pisoteio do gado e o trânsito de máquinas agrícolas nos solos podem contribuir para ocasionar ou aumentar a densidade do solo (Klein & Libardi, 2002). Enquanto a mata nativa se destacou por apresentar os mais baixos valores de densidade, uma boa porcentagem de poros e elevada condutividade hidráulica, quando comparado aos demais usos do solo, indicando boas condições físicas do solo nessas áreas.

Comparando os resultados obtidos nas microbacias 01 e 02 pode-se detectar que o uso do solo em ambas as microbacias tem grande influência na contribuição dos serviços prestados pelo ecossistema para a população local e para região. No entanto, pode-se perceber que a microbacia 02 contribui mais para os serviços ecossistêmicos prestados em relação aos recursos hídricos que são devolvidos a população local e também para a região no fornecimento de água (figura 05). O levantamento das nascentes, localizadas dentro do campos, identificou-se que as únicas nascentes ativas, dentre as que eram ativas a cerca de 20 anos, tem a sua área de captação localizada dentro dos limites da microbacia 02 sendo sua área composta por mata nativa e uma área de pastagem bem manejada. Apesar de próximas e com configurações geomorfológicas semelhantes, além do uso do solo, a maior contribuição da microbacia 2 pode estar na conformação de suas zonas hidrográficas.

Segundo Vilar (2007), as características das zonas hidrográficas das microbacias podem influenciar na infiltração da água no solo. Na zona de captação, a infiltração é extremamente necessária para que haja percolação e abastecimento do lençol freático pela água a partir da água vinda da precipitação, a longo prazo. Mas para isso, é necessário

diminuir as perdas de água por escoamento superficial e fazer com que haja efetiva recarga do lençol freático através da infiltração, e isso pode ser otimizado pela cobertura do solo que irá proporcionar maior proteção contra o escoamento superficial. Daí a importância do plantio das culturas que contribuem com a maior proteção do solo nas áreas consideradas essenciais para a perenização dos recursos hídricos.

De acordo com Bueno (2017) a manutenção dos recursos hídricos dentro de uma bacia hidrográfica pelo melhoramento dos serviços ecossistêmicos prestados pela mesma, advindos do manejo adequado da área, pode ser denominada serviços ambientais de provisão oferecidos em forma de alimentos, água doce, madeira. Acrescenta-se ainda a outros serviços também são fornecidos a partir das regulações ambientais como o controle do clima e suporte para a produção de outros serviços como: ciclagem de nutrientes e até mesmo na formação dos solos e dispersão de sementes. A partir desses serviços prestados a humidade pelo ecossistema, percebe-se a importância do cuidado e manejo correto dos usos e ocupações do solo, para potencializar esses benefícios e evitar a escassez dos mesmos que são essenciais para a manutenção da vida no planeta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os diferentes usos do solo, bem como a localização desses dentro de uma microbacia são importantes para melhoria dos serviços ecossistêmicos prestados, no que tange a dinâmica hídrica. Os usos do solo com mata nativa e culturas perenes nas áreas de captação podem contribuir de forma positiva, visto que a maior cobertura morta no solo pode contribuir para o aumento da capacidade de produção de água na microbacia. Os usos do solo com culturas anuais e pastagens mal manejadas contribuem para a redução da infiltração de água no solo, reduzindo a produção de água.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. C., ROMEIRO, A. R., FASIABEN, M. D. C. R., & GARCIA, J. R. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, p. 25, 2012.
- BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S.C. et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência-Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, n.1, p.131-149, 2008.
- BUENO, M. M. (2017). Serviços ambientais em microbacias antropizadas. **Dissertação (curso de pós-graduação em ciências ambientais e florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro UFRRJ**, Rio de Janeiro.2017.
- CBH, Doce. A Bacia. **Comitê de Bacias Hidrográficas Do Rio Doce**, 2016. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>. Acesso em: 31 out. 2019.
- CBH, Suaçuí. A Bacia. **CBH- Suaçuí/MG**, 2013. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>. Acesso em: 31 out. 2019.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 147- 157, 2009.
- FRAZÃO, A.(1981). Características físicas e químicas de um latossolo vermelho amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. 1981. 87p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal da Paraíba UFPB**, Campina Grande/PB. 1981.
- GOMES, D S.; et al. Supressão de plantas espontâneas pelo uso de cobertura vegetal de crotalária e sorgo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 206-213, 2014.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: **A review of the nature, causes and possible solutions**, *Soil & Tillage Research*, v.82, p.121-145, 2005.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos e uso do solo em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- KLEIN, V. A. Física do Solo. Passo Fundo: **Ed. Universitária de Passo Fundo**, 2008. 212 p
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F.; Irrigação – **Princípios e Métodos**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- MEA. Millenium Ecosystem Assessment, 2005.**Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington. Disponível: <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>. Acesso: 01 mar. 2019.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Geo Catálogo**. Disponível em: <<http://geocatalogo.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

QUEIROZ, J. E. Parâmetros hidrodinâmicos de um solo de várzea para fins de drenagem subterrânea. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 167p. **Tese Doutorado.**

ROCHA, J. S. M. Manual de projetos ambientais. **Santa Maria: UFSM**, 1997.423p.

SANTOS, G. G. Impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária na qualidade física do solo. 122p. **Tese Doutorado.** Goiânia: UFG, 2010.

SANTOS, G. G.; Marchão, R. L.; Silva, E. M.; Silveira, P. M.; Becquer, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1339-1348, 2011.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrentes da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, p.253-260, 2001.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PERREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Influência da pedofoma na variabilidade espacial de alguns atributos físicos e hídricos de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Irriga, Botucatu**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2004.

TACKETT, J. L.; PEARSON, R. W. Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall. **Soil Science**, Baltimore, v. 99, n. 6, p. 407-413, 1964.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.

VEZZANI, F.M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física** V. 08, número especial IV SMUD (2015) 673-684.

VILAR, M.B. Escoamento superficial de água de chuva em área de contribuição de nascentes. **Monografia Engenharia Florestal**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2007. 46f.