

LILIAM DOS REIS SOUZA

**MAPEAMENTO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
E PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO
E RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO FORMIGA**

**BAMBUÍ - MG
2019**

LILIAM DOS REIS SOUZA

**MAPEAMENTO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
E PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO
E RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO FORMIGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG - *Campus Bambuí* para obtenção do título de mestra.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki.

Linha de pesquisa: Ecologia Aplicada.

**BAMBUÍ - MG
2019**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS

Avenida Professor Mário Werneck, nº. 2590, Bairro Buritis, Belo Horizonte, CEP 30575-180,
Estado de Minas Gerais



FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "Mapeamento de Bens e Serviços Ecológicos e Proposição de Ações Prioritárias para Proteção e Recuperação da Microbacia do Rio Formiga", de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Líliam dos Reis Souza**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 26/04/2019, com a média de pontuação de 78.

Título do Trabalho – houve alteração () Sim (X) Não

Se sim, qual o título _____

Bambuí (MG), 26 de abril de 2019.

Prof.ª. Dra. Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki – Orientadora (IFMG/Bambuí)

Prof. Dr. Bruno Senra Corrêa – Orientador (CEFET/MG)

Prof. Dr. Gustavo Augusto Lacorte (IFMG/Bambuí)

Prof. Dr. Marcelo Passamani (UFLA)

Prof.ª. Dra. Simone Magela Moreira

Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG –
Campus Bambuí

S729m Souza, Líliam dos Reis.

Mapeamento de serviços ecossistêmicos e proposição de ações prioritárias para conservação e recuperação da bacia do Rio Formiga. / Líliam dos Reis Souza. – Bambuí, 2019.

67 f.: il.; color.

Orientadora: Dr^a. Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2019.

1. Preservação. 2. Gestão dos recursos naturais. 3. Recursos naturais.
I. Suzuki, Ludimilla Portela Zambaldi Lima. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 333.70981

À minha família, principalmente ao meu marido e à minha filha, por tudo o que eles representam, pela dedicação, pelo amor e pelo carinho para que eu pudesse vencer meus próprios limites em mais esta etapa da minha vida,

DEDICO

BIOGRAFIA

Meu nome é Líliam dos Reis Souza, concluí a graduação em Biologia em 2005 na Escola Superior em Meio Ambiente – ESMA. Em 2007, concluí especialização em Gestão e Manejo em Sistemas Florestais na UFLA. Em 2017, consegui o título do CRBio 04 de especialista em Planejamento e Gerenciamento Ambiental, em função de 9 anos de trabalho na área.

Iniciei minha carreira profissional logo após a conclusão da graduação, desenvolvendo trabalhos de Educação Ambiental na Lafarge – Arcos MG. Posteriormente, comecei a trabalhar na Secretaria de Gestão Ambiental do município de Formiga-MG, onde participei de diversos conselhos de desenvolvimento municipal, como o Conselho de Meio Ambiente-CODEMA, trabalhei em variados tipos e classes de licenciamentos ambientais, como do Aterro Sanitário e Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, ao longo de 9 anos. Em 2016, iniciei trabalho no Instituto Estadual de Florestas – IEF, onde atuei como analista ambiental e coordenadora da Agência Avançada de Formiga-MG, até 2018.

Durante esse período, sempre trabalhei como consultora ambiental, elaborando projetos e desenvolvendo licenciamentos em diversos setores.

Em 2018, iniciei nova atividade, lecionando como professora universitária. Atualmente, sou perita do Ministério Público e mestranda do Programa de Mestrado Acadêmico em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental pelo IFMG – *Campus Bambuí*.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a toda espiritualidade por ter permitido e ajudado a chegar ao final desta jornada.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais, em específico ao *campus* Bambuí, pela oportunidade de realizar este curso.

À professora Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki pelo grande incentivo, colaboração, tolerância e, principalmente, por acreditar em mim.

Aos professores Gustavo Augusto Lacorte e Bruno Senna Corrêa, pelas orientações ao longo desta jornada.

Ao Ronaldo dos Reis Barbosa, que foi um verdadeiro guia, sempre mostrando alternativas para que conseguisse cumprir o solicitado.

À minha querida irmã Aline dos Reis Souza, que mesmo longe sempre esteve presente, me orientando, ensinando e incentivando.

Aos colegas que se tornaram grandes amigos Lucas de Oliveira Vicente e Leonardo Rodrigues, pelas gargalhadas, incentivos nos momentos difíceis e otimismo durante o trabalho.

Ao meu marido Anderson Garcia Silva, pelo carinho, compreensão, estímulo e encorajamento nos momentos difíceis desta batalha.

À minha pequena filha Sofia de Souza Garcia, pela paciência em não me ter por perto em todas as brincadeiras, por não compartilhar todas as suas descobertas.

Aos membros da banca, agradeço pela disponibilidade, empenho e atenção.

A todos aqueles que, de maneira direta e/ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SOUZA, Líliam dos Reis. **Mapeamento de serviços ecossistêmicos e proposição de ações prioritárias para conservação e recuperação da bacia do Rio Formiga**. Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2019. 67p. (Dissertação – Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental).

Apesar de a degradação dos ecossistemas naturais ser crescente, a dependência do homem à oferta de recursos e serviços ecossistêmicos advindos de áreas naturais é contínua. Atualmente, essas áreas ocupam uma pequena parcela da paisagem e, geralmente, estão inseridas em uma matriz de áreas antropizadas. O resultado é a redução da oferta de recursos e serviços como água e controle de erosão, fundamentais às populações de muitos municípios. Ocorre, então, um aumento da dependência de áreas preservadas para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e consequente produtividade agrícola e provisão de recursos à população. Com o objetivo de avaliar espacialmente os serviços ecossistêmicos para ponderar seu potencial de fornecimento e, posteriormente, criar ações para melhoria, foram selecionados os serviços ecossistêmicos de maior relevância à área de estudo para serem analisados a partir do mapeamento de uso da terra. Cada indicador de serviço ecossistêmico foi composto por classes e a estas foram atribuídos pesos, considerando a capacidade da cobertura da terra em fornecer serviços ecossistêmicos. O mapeamento para caracterização do uso e cobertura da terra foi realizado visando à associação e consequente avaliação espacial e temporal dos serviços ecossistêmicos. Os serviços de regulação apresentaram menores capacidades relevantes, enquanto os serviços de produção foram predominantes em maiores pesos e os serviços de suporte tiveram representatividades maiores quando comparados aos serviços de regulação. A bacia apresenta um elevado nível de degradação e é dependente em diferentes graus de serviços dos remanescentes naturais. Faz-se necessário criar mecanismos de gestão da bacia para ordenar o uso e ocupação da terra com o objetivo de tornar a bacia sustentável, mantendo a produção aliada à preservação ambiental.

Palavras-chave: Preservação. Gestão dos recursos naturais. Recursos naturais.

ABSTRACT

Although degradation of natural ecosystems is increasing, human still depend on ecosystem resources and services from natural areas. Natural areas currently occupy a small portion of the landscape and are generally embedded in anthropogenic areas. Natural areas modifications reduce the supply of resources and services such as water management and erosion control, fundamental to the populations. There is an increase in the dependence of preserved areas for the maintenance of ecosystem services and consequent agricultural productivity and provision resources to population. With the objective of map ecosystem services and evaluate their potential supply and then create actions for improvement, we selected the ecosystem services of greater relevance to the study area. Each ecosystem service indicator was composed of classes and these were assigned weights considering the land cover capacity to provide ecosystem services. Land use and land cover characterization was carried out aiming at the association and consequent spatial evaluation of ecosystem services. Regulatory services had lower relevant capacities, while production services were predominant in higher weights and support services had higher representativities than regulation services. The basin presents a high level of degradation and it is dependent on different degrees of services of natural remnants. It is necessary to create management mechanisms to the basin to control the use and occupation of the land with the objective of making the basin sustainable, keeping the production allied with environmental preservation.

Keywords: Preservation. Management of natural resources. Conservation.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Listagem dos serviços ecossistêmicos selecionados e suas respectivas definições.....	22
TABELA 2 - Fonte de dados para avaliação e definição dos indicadores de serviços ecossistêmicos.....	26
TABELA 3 - Características das imagens utilizadas para o mapeamento de uso e cobertura da terra.....	31
TABELA 4 - Áreas em hectares ocupadas pelos diferentes usos e ocupação da terra nos anos 1984 e 2018.....	33
TABELA 5 - Serviços ecossistêmicos prioritários para a bacia do Rio Formiga e ações essenciais para aumentar suas ofertas.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia do Rio Formiga, delimitações das sub-bacias e localização das nascentes presentes na área de estudo.....	19
Figura 2 - Etapas metodológicas para avaliação espacial e temporal dos serviços ecossistêmicos.....	20
Figura 3 - Distribuição de pesos aos serviços ecossistêmicos selecionados para o ano de 1984.....	28
Figura 4 - Distribuição de pesos aos serviços ecossistêmicos selecionados para o ano de 2018.....	28
Figura 5 - Distribuição espacial dos serviços ecossistêmicos na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga em 1984 e a capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos de acordo com o uso e cobertura da terra.....	36
Figura 6 - Distribuição espacial dos serviços ecossistêmicos na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga em 2018 e a capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos de acordo com o uso e cobertura da terra.....	37
Figura 7 - Distribuição da oferta de serviços de regulação em 1984 e 2018 na Bacia do Rio Formiga.....	39
Figura 8 - Distribuição da oferta de serviços de suporte ou habitat em 1984 e 2018na Bacia do Rio Formiga.....	45
Figura 9 - Distribuição da oferta de serviços de provisão ou de produção de 2018 na Bacia do Rio Formiga.....	47
Figura 10 - Distribuição da oferta de serviços ecossistêmicos pela vegetação nativa com e sem nascentes na Bacia do Rio Formiga.....	51
Figura 11 - Mapa de distribuição espacial dos serviços ecossistêmicos prioritários para desenvolvimento da bacia hidrográfica do Rio Formiga e suas respectivas capacidades de oferta.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
	1
2.	1
OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo geral.....	1
	7
2.2 Objetivos específicos.....	1
	7
3 METODOLOGIA.....	1
	8
3.1 Caracterização da área de estudo.....	1
	8
3.2 Desenvolvimento do projeto.....	1
	9
3.3 Seleção dos serviços ecossistêmicos.....	2
	0
3.4 Definição e coleta dos indicadores de serviços ecossistêmicos.....	2
	6
3.5 Identificação dos estágios de regeneração dos fragmentos vegetacionais de 2018	2
	9
3.6 Identificação e peso das nascentes.....	2
	9
3.7 Caracterização do uso e cobertura da terra.....	3
	0
3.8 Mapas de serviços ecossistêmicos e áreas prioritárias à conservação e recuperação dos serviços.....	3
	1
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	3
	3
4.1 Associação do uso e cobertura da terra aos serviços ecossistêmicos.....	3
	3

4.2 Distribuição espacial e temporal dos SE.....	3
	5
4.3 Atribuições de pesos aos serviços ecossistêmicos.....	3
	8
4.3.1 Serviços de	de 3
regulação.....	8
4.3.2 Serviços de suporte ou habitat.....	4
	4
4.3.3 Serviços de provisão ou de produção.....	4
	7
4.4 Vegetação nativa.....	4
	9
4.5 Mapeamento de áreas prioritárias para conservação e recuperação dos	
serviços ecossistêmicos.....	5
	4
5 CONCLUSÃO.....	5
	7
REFERÊNCIAS.....	5
	8

1 INTRODUÇÃO

O conjunto de recursos bióticos, ou seja, os indivíduos e comunidades de organismos que formam os ecossistemas, sua idade e distribuição espacial, em união com os recursos abióticos, isto é, combustíveis fósseis, minerais, terra e energia solar, são identificados como estrutura ecossistêmica, que tem a função de fornecer as fundações sobre as quais os processos ecológicos ocorrem (DALY; FARLEY, 2004; TURNER; DAILY, 2008).

Para Muradian et al. (2010), “serviços ecossistêmicos” constituem uma classe de serviços ambientais que se refere exclusivamente aos benefícios humanos advindos de ecossistemas naturais; o termo “serviços ambientais” define os benefícios ambientais resultantes de ações antrópicas na dinâmica dos ecossistemas. Essa definição evidencia a contribuição humana para a conservação ou ampliação do fluxo de serviços ecossistêmicos, sendo que o resultado dessa ação pode alterar o seu fluxo. Tal distinção conceitual geralmente está relacionada aos chamados esquemas ou programas de pagamentos por serviços ambientais (PSAs). Portanto, boa parte dos autores nacionais (GUEDES; SEEHUSEN, 2011; SANTOS; VIVAN, 2012; SIMÕES; ANDRADE, 2013) e internacionais (COSTANZA et al., 1997a, 1997b; DAILY, 1997; DE GROOT et al., 2002; FISHER, TURNER, MORLING, 2009; HAINES-YOUNG; POTSCHIN; KIENAST, 2012) não faz distinção entre os dois termos. Contudo, com o intuito de simplificar, neste trabalho, serão usados os termos “serviços ecossistêmicos” e “serviços ambientais” como sinônimos.

Os ecossistemas, mesmo quando alterados pela ação antrópica, continuam produzindo recursos essenciais e benefícios diretos e indiretos à sobrevivência humana. Dentre esses serviços está a provisão de alimentos, a regulação climática, a formação do solo, o suprimento de água em quantidade e qualidade adequadas, entre outros (COSTANZA et al., 1997a; DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002; MA, 2003). Esses serviços podem ser fluxos de materiais, energia e informações, derivados dos ecossistemas naturais e cultivados que, associados aos demais tipo capital (humano, manufaturado e social), criam o bem-estar humano. Embora seu conceito seja antigo, o interesse pelos ecossistemas enquanto objeto de pesquisa é relativamente recente, tem ganhado relevância devido ao crescimento da preocupação com a conexão entre o estado de conservação dos ecossistemas, o bem-estar das populações humanas e os impactos negativos que grandes alterações nos fluxos de serviços

primordiais prestados pelos ecossistemas podem ter sobre o bem-estar da humanidade (ANDRADE et al., 2009).

Os serviços ecossistêmicos gerados pelas funções de regulação e de suporte ou habitat fornecem a manutenção dos processos e componentes naturais, contribuindo para a provisão das demais funções (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). As funções de regulação tratam-se da capacidade dos ecossistemas regularem processos ecológicos fundamentais para o suporte à vida, por meio de ciclos biogeoquímicos e outros processos da biosfera.

Outras funções de regulação estão relacionadas aos aspectos estruturais dos ecossistemas, como a cobertura vegetal e o sistema de raízes: a capacidade de prevenção (ou mitigação) de distúrbios (ou danos naturais), que é a habilidade dos ecossistemas naturais em tornarem menos agressivos os efeitos de desastres e eventos de perturbação natural; a capacidade de absorção de água e resistência eólica da vegetação; a capacidade de filtragem e armazenamento de água, que regulam sua disponibilidade ao longo das estações climáticas; a capacidade de retenção (proteção) de solo, que previne o fenômeno de erosão e compactação do solo, contribuindo diretamente com as funções ecossistêmicas que dependem desse recurso em boas condições naturais, como as (re)ciclagens de nutrientes essenciais ao crescimento e surgimento das formas de vida, tais como nitrogênio, enxofre, fósforo, cálcio, magnésio e potássio. Essas funções são executadas, também, em serviços ecossistêmicos de assimilação e reciclagem de resíduos (orgânicos e inorgânicos), por meio da diluição, assimilação ou recomposição química. As florestas, por exemplo, filtram partículas presentes na atmosfera, enquanto alguns ecossistemas aquáticos podem funcionar como “purificadores” para alguns dejetos da atividade humana (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). Além de conservarem a saúde dos ecossistemas, as funções de regulação têm influências diretas e indiretas sobre as populações humanas (DE GROOT et al., 2002).

As funções de habitat ou suporte são fundamentais para a conservação biológica e genética e para a preservação de processos evolucionários. De Groot et al. (2002) citam as funções de refúgio e de berçário, sendo a primeira delas devido ao fato de que ecossistemas naturais fornecem espaço e abrigo para espécies animais e vegetais, contribuindo para a conservação da diversidade genética e biológica. Esses serviços são fundamentais para a produção dos outros serviços ecossistêmicos. Como exemplos, pode-se citar a produção primária, produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água e provisão de habitat.

As funções de produção ou provisão estão conectadas à capacidade de os ecossistemas fornecerem alimentos para o consumo humano, a partir da produção de diversos hidrocarbonetos, obtidos por meio de processos como a fotossíntese, sequestro de nutrientes e por meio de ecossistemas seminaturais, como as terras cultivadas. Independentemente do tipo de ecossistema, podem-se ter recursos provenientes de sua parte biótica (produtos vindos de plantas e animais vivos) e de sua parte abiótica (principalmente minerais subterrâneos).

Os serviços de provisão englobam os produtos obtidos dos ecossistemas, tais como alimentos e fibras, madeira para combustível e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água. A sustentabilidade desses serviços não deve ser quantificada apenas em termos de fluxos, ou seja, pela quantidade de produtos obtidos em determinado período. Deve-se executar uma análise que considere a qualidade e o estado de conservação do estoque do capital natural que serve como base para sua geração, atentando para restrições quanto à sustentabilidade ecológica. Em outras palavras, faz-se necessário observar os limites impostos pela capacidade de suporte do ambiente natural (física, química e biologicamente), de forma que a intervenção antrópica não comprometa de forma negativa a integridade e o funcionamento equilibrado dos processos naturais (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

As funções culturais ou de informação estão relacionadas à capacidade de os ecossistemas naturais contribuírem para a conservação da saúde humana, fornecendo oportunidades de reflexão, enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, recreação e experiência estética. Nessa categoria, são incluídos conhecimento estético, recreação e (eco)turismo, inspiração artística, informação histórica, além de informações culturais e científicas. Essas funções são inteiramente ligadas aos valores humanos, o que pode dificultar a correta definição e avaliação. Os serviços culturais incluem a diversidade cultural, a própria diversidade dos ecossistemas interfere na diversidade das culturas, valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos etc. Tais serviços estão inteiramente ligados a valores e comportamentos humanos, bem como às instituições e padrões sociais, características que fazem com que a percepção deles seja contingente a diferentes grupos de indivíduos, dificultando veemente a avaliação de sua provisão (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Os serviços culturais são muito difíceis de entender e de valorar (MA, 2005), além de ser consideravelmente difícil definir parâmetros para essa análise, pois trata-se de uma área extremamente produtiva, o que demandaria trabalhos relacionados a entrevistas e,

consequentemente, à procura de proprietários que não residem no local. Devido a esses motivos e considerando-se o tempo limitado para o desenvolvimento deste trabalho, a função de serviços culturais não será avaliada, o que não o torna menos importante para a recuperação e preservação da bacia, pois sabe-se que a sensibilização ambiental é um fator crucial para que a população local se torne responsável pela conservação dos bens ecológicos que os cercam.

Os ecossistemas estão sendo degradados em todas as partes do mundo, causando graves impactos na capacidade da natureza em produzir serviços essenciais à sociedade humana (MEA, 2005). Muitos serviços ecossistêmicos estão diminuindo de forma drástica, devido à incompreensão do seu valor econômico e social, que são identificados por mecanismos inadequados sem utilizar pensamento sustentável (CORK; STONEHAM; LOWE, 2007; TEEB, 2010). Um dos impactos mais recorrentes em função da mudança global atual é a rápida redução da diversidade de habitats e espécies (PERRINGS, 2010), substituída por paisagens antrópicas, biologicamente mais pobres e mais homogêneas (WESTERN, 2001).

Quanto mais as necessidades básicas de subsistência são atendidas, mais as pessoas percebem a importância dos diferentes tipos de serviços ecossistêmicos para a sobrevivência, ou seja, a sociedade começa a colocar mais valor e importância aos serviços, como exemplo, a qualidade da água (BARAL et al., 2013).

O cenário atual assegura que os serviços ecossistêmicos continuarão em declínio no século XXI com ocorrência de prováveis impactos negativos sobre o bem-estar humano (PEREIRA et al., 2010). No entanto, boa parte dos estudos tem focado na vegetação natural intacta e houve menos atenção à avaliação dos serviços ecossistêmicos em paisagens complexas que compreendem mosaicos dinâmicos entre agricultura, pastagens, plantações e vegetação nativa remanescente (BARAL et al., 2013).

Além disso, estudos de mapeamento de serviços ecossistêmicos normalmente são utilizados para avaliar grandes extensões geográficas, que produzem informações importantes, mas que não são eficazes se aplicados em planejamentos regionais e locais (BURKHARD et al., 2009). A gestão do território e implantações de programas de recuperação geralmente são realizadas em escalas de bacia e sub-bacias. Portanto, torna-se necessária a identificação, mensuração e valorização dos serviços nessa escala, considerando-se as necessidades da população, conseguindo, com isso, a proteção e recuperação dos serviços ecossistêmicos essenciais.

A redução das áreas cobertas por florestas, a fragmentação, a degradação e os processos de regeneração transformaram a paisagem em um mosaico heterogêneo de remanescentes florestais em diferentes estágios sucessionais. Florestas em estágio secundário de regeneração, formadas pelos processos acima mencionados, compreendem porcentagem superior a 70% da cobertura florestal tropical global atual (FAO, 2010). As florestas secundárias, dependendo do grau de conservação e do nível de biodiversidade, podem desenvolver papel crucial para a conservação biológica e, conseqüentemente, para os serviços ecossistêmicos (GARDNER et al., 2009; CHAZDON et al., 2009; MELO et al., 2013). Esses remanescentes podem, ainda, desenvolver um papel essencial no sequestro de dióxido de carbono (PAN et al., 2011).

Os serviços ecossistêmicos são alterados no tempo e no espaço como resultado da evolução dos padrões de utilização da terra ou de alterações na formação e estrutura dos diferentes tipos de vegetação. A avaliação espaço-temporal de serviços ecossistêmicos pode gerar informações fundamentais sobre as conseqüências da mudança do uso da terra e cobertura do solo, contribuindo com análises e facilitando lidar com essa complexidade (BARAL et al., 2013). O mapeamento de serviços ecossistêmicos e a análise espacial são representados como pré-requisitos fundamentais para realizar a avaliação da quantificação e valorização (BURKHARD, PETROSILLO; COSTANZA, 2010; BURKHARD et al., 2012; DE GROOT et al., 2010; KAREIVA et al., 2011). Além disso, o mapeamento dos serviços foi mencionado como elemento-chave necessário para otimizar o reconhecimento das áreas e contribuir com tomadas de decisão.

Os mapas se tornaram uma forma eficaz para repassar informações aos usuários (WOOD; FELS; KRYGIER, 2010). Os mapas apresentam formas intuitivas e simples para repassar e discutir informações entre os interessados e as partes integrantes (cientistas, formuladores de políticas, gerentes de recursos e cidadãos) sobre as complexas interações entre serviços ecossistêmicos em escala espacial e temporal (BURKHARD et al., 2013; COWLING et al., 2008).

Os mapas de serviços ecossistêmicos usam a proporção de um tipo específico de cobertura da terra, em uma determinada área de estudo, como indicador para a produção de um serviço ecossistêmico. O resultado é a criação de um mapa de cobertura da terra que identifica áreas com maiores ou menores capacidades de fornecimento de serviços ecossistêmicos.

Assim como o Programa Produtor de Água, da Agência Nacional das Águas, diversos programas que utilizam o sistema de pagamento por serviços ambientais - PSA têm sido implantados, porém, para que seja feita uma correta gestão e planejamento das propostas, com a finalidade de aumentar o fornecimento de serviços ecossistêmicos, é preciso fazer uma completa análise por meio de imagens para entender a dinâmica da paisagem e, com isso, estabelecer os pontos focais de atuação. Utilizando dados quantitativos e qualitativos em associação com o uso e cobertura da terra, os impactos sobre os serviços podem ser identificados e avaliados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo mapear, espacial e temporalmente, os serviços ecossistêmicos em uma bacia composta por paisagem heterogênea, visando avaliar o potencial de fornecimento dos serviços essenciais à população e sua alteração ao longo de três décadas.

2.2 Objetivos específicos

I) Verificar o potencial de diferentes unidades de cobertura da terra no fornecimento de serviços ecossistêmicos;

II) Qualificar e quantificar os serviços ecossistêmicos prestados por áreas naturais em diferentes estágios de regeneração e em áreas produtivas;

III) Avaliar os efeitos das alterações ao longo de três décadas no uso e cobertura da terra ao prestar os serviços ecossistêmicos;

IV) Identificar áreas sujeitas à recuperação na bacia, em função da análise específica de uso da terra ao longo de três décadas;

V) Quantificar, por meio de pesos, a importância das áreas preservadas com nascentes para o serviço ecossistêmico de oferta de água para a bacia;

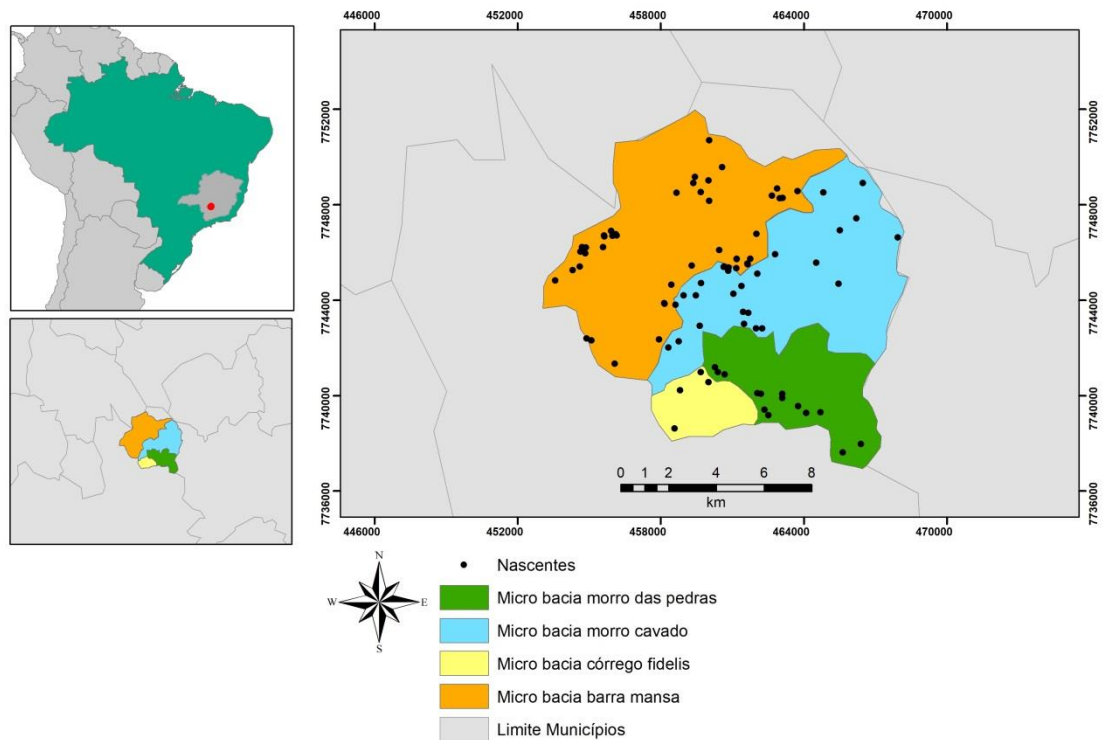
VI) Fornecer informações espaciais (mapas) para facilitar a compreensão do complexo sistema formado pela dinâmica da paisagem e para serem utilizados na gestão e planejamento ambiental local.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A bacia do Rio Formiga foi escolhida em função da importância que o rio desempenha para a cidade, que tem o mesmo nome. As águas dessa bacia abastecem boa parte da área rural e toda a população urbana, que tem uma estimativa de 68.423 habitantes (IBGE, 2017). A bacia do Rio Formiga compreende as seguintes sub-bacias: Barra Mansa, Morro Cavado (Padre Trindade), Morro das Pedras e Córrego do Fidelis (Figura 1). A área de estudo foi contemplada pelo Programa Produtor de Água da Agência Nacional das Águas (ANA), que tem como objetivo o pagamento aos produtores pela conservação dos serviços ambientais necessários para a produção de água.

Figura 1 - Bacia do Rio Formiga, delimitações das sub-bacias e localização das nascentes presentes na área de estudo

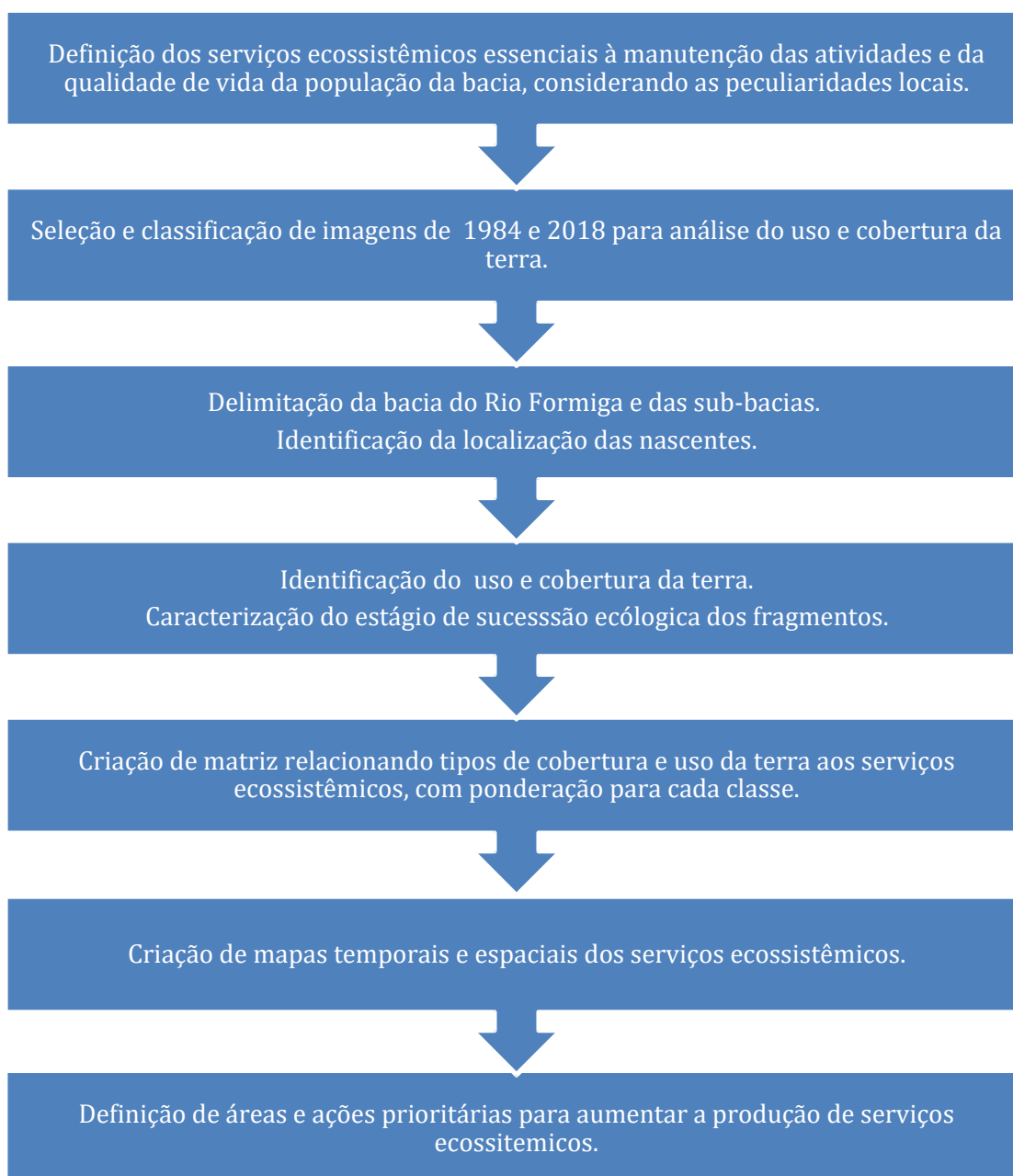


Fonte: A autora (2018).

3.2 Desenvolvimento do projeto

O estudo foi desenvolvido a partir da aquisição de dados primários e secundários relacionados aos serviços ecossistêmicos considerados essenciais à população da bacia do Rio Formiga, conjugados para a obtenção dos indicadores e do mapeamento dos serviços ecossistêmicos (Figura 2).

Figura 2 - Etapas metodológicas para avaliação espacial e temporal dos serviços ecossistêmicos



Fonte: A autora (2018).

3.3 Seleção dos serviços ecossistêmicos

Para definir os serviços ecossistêmicos adequados para o estudo da bacia do Rio Formiga, foi utilizada uma lista de serviços ecossistêmicos criada por De Groot (2006), MA (2005) e Costanza et al. (1997) e a lista de componentes de integridade ecológica, descritos por Müller e Burkhard (2007) e Müller (2005). Uma lista de serviços ecossistêmicos

relevantes para a bacia avaliada foi criada, com isso, foram selecionados para serem analisados a partir do mapeamento de uso da terra (Tabela 1). A seleção para o estudo foi baseada nas principais atividades desenvolvidas na bacia, sendo: horticultura, bovinocultura de leite, silvicultura (eucalipto) e agricultura em geral, além da importância dos recursos hídricos para a oferta de água à população, uma vez que o Rio Formiga abastece todo o município que temo mesmo nome.

TABELA 1 - Listagem dos serviços ecossistêmicos selecionados e suas respectivas definições

Serviços Ecossistêmicos	Definição (ANDRADE; ROMEIRO,2009)	Justificativa
1 - Função de regulação		
Regulação climática local	Capacidade desenvolvida pela vegetação arbórea mantendo a umidade do ar, por meio da captação de água e lançamento na atmosfera, além de reduzir a velocidade do vento.	Serviço essencial que, em conjunto com os serviços prestados por outras regiões, contribui para a regulação climática global.
Manutenção da qualidade do ar	Serviço desempenhado pelas florestas, com a capacidade de filtragem de partículas presentes na atmosfera, enquanto alguns ecossistemas aquáticos podem funcionar como “purificadores”.	A qualidade do ar é um serviço essencial para a qualidade de vida e, por se tratar de uma região próxima a empreendimentos emissores de poluentes atmosféricos, a vegetação da bacia do Rio Formiga se torna um elemento importante da paisagem.
Regulação de nutrientes	Serviço em que os ecossistemas apresentam capacidade de assimilação e reciclagem de resíduos (orgânicos e inorgânicos) pela diluição, assimilação ou recomposição química.	Serviço vital para o crescimento e ocorrência das diversas formas de vida, tais como nitrogênio, enxofre, fósforo, cálcio, magnésio e potássio, que possibilitam outra gama de serviços essenciais a qualidade de vida humana.
Controle da erosão	Serviço que a vegetação exerce em forma de retenção (proteção), prevenção de fenômenos de erosão e compactação do solo.	Esse serviço é importante ser analisado em função da baixa qualidade dos solos da região, o que os torna altamente susceptíveis a perda de nutrientes e, conseqüentemente, a diminuição da propagação de vegetação, além de ocasionar assoreamento de cursos d'água.

Polinização	Serviço prestado pela capacidade resultante das atividades de algumas espécies, tais como insetos, pássaros e morcegos.	Esse serviço é primordial para a manutenção da produtividade agrícola, atividade que é altamente exercida na área em estudo.
Prevenção a distúrbios ambientais	São serviços relacionados aos aspectos estruturais dos ecossistemas, como a cobertura vegetal. A capacidade de prevenção (ou mitigação) de distúrbios (ou danos naturais) resulta da habilidade dos ecossistemas naturais em tornar menos severos os efeitos de desastres e eventos de perturbação natural, capacidade de absorção de água e resistência eólica da vegetação.	A área em estudo compreende uma região que abastece a população de uma cidade com o recurso natural mais importante para a sobrevivência dos seres vivos, a água. Com isso, deve ser preservado e evitada a ocorrência de possíveis desastres ambientais.
Regulação biológica	Está relacionada à cadeia de presas e predadores dos ecossistemas naturais próximos a áreas agrícolas, que oferecem o serviço ecossistêmico de regulação biológica que reduz as pragas das culturas.	Esse serviço é importante ser avaliado, visto que o local em estudo é altamente produtivo, com isso, torna-se um elemento importante para a manutenção do equilíbrio econômico/ambiental regional.

2 - Função de habitat ou suporte

Proteção do solo	Promove a produtividade agrícola e a integridade dos sistemas naturais.	Intimamente relacionado com a principal atividade desenvolvida que é a produção agrícola.
Ciclagem de nutrientes	Capacidade de (re)ciclagens de nutrientes vitais ao crescimento e ocorrência das formas de vida, tais como nitrogênio, enxofre, fósforo, cálcio, magnésio e potássio.	Serviço capaz de equilibrar o excesso de nutrientes que podem ser lançados ao ambiente, por meio das atividades agrossilvipastoris, podendo obter uma análise de capacidade de resiliência dos ambientes.

Refúgio e habitat	Serviços que fornecem capacidade de abrigo às comunidades vegetais e animais.	Esses serviços são essenciais para a conservação biológica, genética e para a preservação de processos evolucionários. O que contribui com a perenidade dos ecossistemas formados.
Biodiversidade	Presença e ausência de espécies e sua distribuição e/ou grupos funcionais.	A variabilidade de espécies é necessária para a sobrevivência contínua das espécies e das comunidades naturais e todos são importantes para a espécie humana. A diversidade de espécies representa o alcance das adaptações evolucionárias e ecológicas das espécies em determinados ambientes. A diversidade das espécies fornece recursos e alternativas de recursos às pessoas.
Conservação genética	Capacidade dos ecossistemas naturais em fornecer espaço e abrigo para espécies animais e vegetais, contribuindo para a manutenção da diversidade genética e biológica.	A diversidade genética é necessária para qualquer espécie para manter a vitalidade reprodutiva, a resistência a doenças e a habilidade para se adaptar a mudanças. A variabilidade genética possibilita que as espécies se adaptem a um meio ambiente mutante.

3 - Função de produção ou provisão

Alimentos	Capacidade dos ecossistemas em fornecerem alimentos para o consumo humano, a partir da produção de uma variedade de hidrocarbonatos, obtidos pelos processos como a fotossíntese, sequestro de nutrientes e pelos ecossistemas seminaturais, como as terras cultivadas. Pode-se ter recursos provenientes de sua parte biótica (produtos vindos de plantas e animais vivos) e de sua parte abiótica (principalmente minerais subterrâneos).	A bacia do Rio Formiga tem algumas áreas utilizadas para cultivo de alimentos, sendo fundamentais à população local.
-----------	---	--

Produção de madeira	Presença de árvores para potencial uso como madeira.	Para a bacia do Rio Formiga, principalmente para o plantio de eucalipto, visa à venda da madeira para abastecimento de indústrias.
Produção de forragem ou biomassa	Cobertura do solo por vegetação para pastagem ou como fonte alimentar ou habitat para espécies nativas.	Importante para a bacia do Rio Formiga em que a criação de animais cobre grande parte das áreas manejadas pelo homem.
Oferta de água	Serviço que tem a capacidade de filtragem e estocagem de água, que regulam sua disponibilidade ao longo das estações climáticas.	A água é o bem mais importante para o desenvolvimento socioeconômico da região em estudo, devido à predominância de atividades agrosilvipastoris e ao abastecimento público.

Fonte: A autora (2018).

3.4 Definição e coleta dos indicadores de serviços ecossistêmicos

Para a formação dos indicadores, foram utilizadas informações primárias e secundárias georreferenciadas, essenciais na estipulação dos serviços fundamentais à população da bacia (Tabela 2).

Foi utilizado o “modelo em cascata” (HAINES-YOUNG; POTSCHEIN, 2010) como uma estrutura para descrever e informar os resultados obtidos por meio dos indicadores. O modelo em cascata é uma estrutura para organizar e resumir indicadores de serviços ecossistêmicos (DE GROOT et al., 2010; CROSSMAN, 2013), mapas (BURKHARD et al., 2012, PAGELLA; SINCLAIR, 2014; DRAKOU et al., 2015), modelos e sistemas de apoio à decisão (BAGSTAD, 2013) e avaliações (SANTOS-MARTÍN et al., 2013). Ele contém um lado de oferta biofísico e o lado da demanda humana. A integridade biológica foi utilizada neste estudo como um pré-requisito para fornecer serviços ecossistêmicos aos seres humanos.

TABELA 2 - Fonte de dados para avaliação e definição dos indicadores de serviços ecossistêmicos

Indicadores	Fonte
Nascentes.	Cadastro Ambiental Rural – CAR.
Uso e cobertura da terra.	Coleta de coordenadas em campo e classificação de imagem de satélite.
Estágio de regeneração.	Identificação de fragmentos pelo programa IDESisema e classificação por meio dos parâmetros da Resolução CONAMA 392/2007.
Delimitação da bacia do Rio Formiga e suas sub-bacias.	Informações obtidas no Projeto Vida Nova Rio Formiga. Coleta de coordenadas em campo.

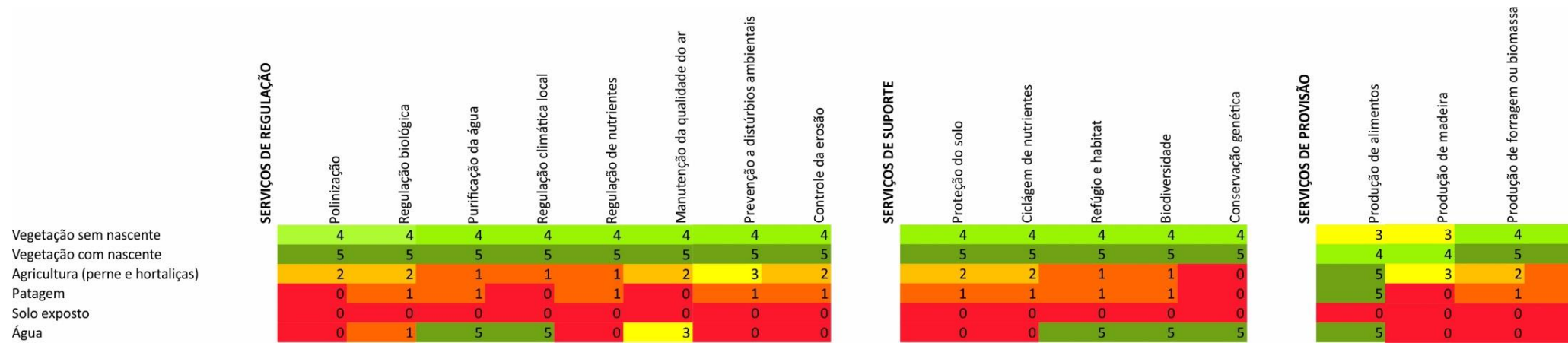
Fonte: A autora (2018).

Cada indicador de serviços ecossistêmico foi composto por classes e a estas foram atribuídos pesos, considerando a capacidade da cobertura da terra em fornecer serviços ecossistêmicos (BURKHARD et al., 2009) e elementos locais (presença de nascentes, estágio sucessional). Assim sendo: 0 = nenhuma capacidade relevante, 1 = baixa capacidade

relevante, 2 = capacidade relevante, 3 = média capacidade relevante, 4 = alta capacidade relevante e 5 = muito alta capacidade relevante.

As áreas onde a cobertura da terra foi intensamente modificada pelo homem, como áreas construídas, extração mineral entre outros, apresentam capacidade muito baixa ou irrelevante em ofertar serviços ecossistêmicos. As florestas, áreas úmidas, lagos e reservas de água subterrânea contribuem para esse serviço ecossistêmico, mantendo um fluxo contínuo de água dos ecossistemas para os consumidores (BURKHARD et al., 2009).

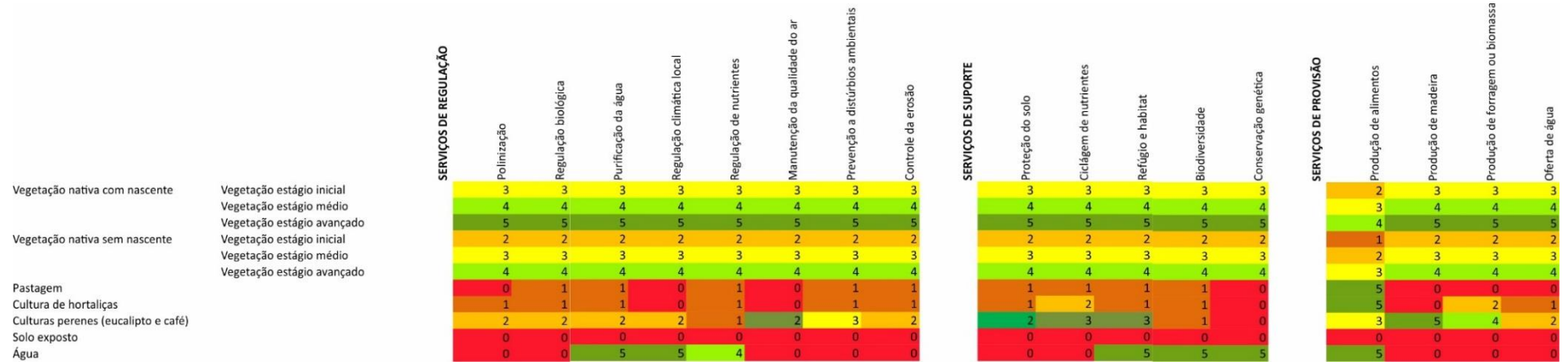
Figura 3 - Distribuição de pesos aos serviços ecossistêmicos selecionados para o ano de 1984*



* Representados por números e cores, sendo 0 nenhuma capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos e 5 capacidade de oferta de serviços muito alta.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 4 - Distribuição de pesos aos serviços ecossistêmicos selecionados para o ano de 2018**



** Representados por números e cores, sendo 0 nenhuma capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos e 5 capacidade de oferta de serviços muito alta.

Fonte: A autora (2018).

3.5 Identificação dos estágios de regeneração dos fragmentos vegetacionais de 2018

Os fragmentos de vegetação foram previamente selecionados por meio de imagens de satélite e, posteriormente, foi feita a identificação do estágio de regeneração por meio do levantamento rápido, desenvolvido por Ratter, Bridgewater, Ribeiro (2001; 2003) e refinado por Walter e Guarino (2006), a partir da técnica de "caminhamento" (FILGUEIRAS et al., 1994). Utilizando essa metodologia, foram definidas linhas para a caminhada em meio à vegetação, em quantidades adequadas e variadas para amostragem dos diferentes tamanhos de fragmentos. Durante o caminhamento, foram registradas as espécies inéditas de plantas, ou seja, anotadas somente as novas espécies que surgiam durante o caminhamento. Porém, neste trabalho, foram observados os parâmetros listados na Resolução CONAMA 392/2007 e identificado o estágio de regeneração dos fragmentos vegetacionais, classificados em regeneração inicial, médio e avançado.

Coordenadas de localização de 30 (trinta) fragmentos foram coletadas em campo, servindo como amostras para o mapeamento, com o objetivo de conhecer a distribuição e a similaridade florística estrutural dos fragmentos da bacia, assim como foi realizado no estudo de Scudeller (2002) que, com o intuito compreender a distribuição geográfica das espécies arbóreas da Mata Atlântica em toda a sua amplitude geográfica, efetuou uma avaliação quantitativa da similaridade florística estrutural e identificou as diferenças entre amostras vindas de diferentes localidades.

Neste estudo, foi realizada a análise dos fragmentos vegetacionais no ano de 2018, de forma ramificada em estágios de regeneração, devido à diferença em prestação de serviços ecossistêmicos em função do nível de conservação dos fragmentos.

3.6 Identificação e peso das nascentes

As nascentes da bacia do Rio Formiga foram localizadas por meio do Cadastro Ambiental Rural – CAR. Trata-se de um cadastro eletrônico obrigatório para todos os imóveis rurais do país, que tem o objetivo de reunir as informações ambientais referentes à situação das áreas de preservação permanente - APP, das áreas de reserva legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das áreas de uso restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país.

Foi gerado um buffer de 50m no entorno das nascentes e essa área recebeu peso diferenciado (Figura 3). O maior peso das áreas no entorno das nascentes se deve à

importância destas para os serviços, visando à manutenção das atividades agrícolas e abastecimento do município.

Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal são áreas essenciais para a conservação dos processos ecológicos. Ambas fornecem vários serviços ambientais, como: reduzir a erosão em terrenos declivosos e evitar o assoreamento dos rios; funcionar como corredores ecológicos, conectando áreas e, com isso, contribuir com a diversidade gênica animal e vegetal (METZGER, 2010), funcionar como bancos de sementes de vegetação primária, refúgio para espécies migratórias, entre outros.

3.7 Caracterização do uso e cobertura da terra

O mapeamento para a caracterização do uso e cobertura da terra foi realizado pela classificação de imagens Landsat sensores 5 Thematic Mapper (TM) e 8 Operational Land Imager (OLI), conforme Tabela 3 e Tabela 4. A escolha das imagens é justificada pela possibilidade da realização de análises comparativas, observando diferenças ao longo das três décadas, como também pela possibilidade de caracterizar um conjunto maior de tipologias de ocupação, o que enriquece a análise. Foram feitas pesquisas de imagens com baixa cobertura de nuvens, sendo obtidas imagens no período compreendido entre as datas citadas (1984 a 2018).

A análise da vegetação identificada por meio dos estágios de regeneração foi realizada somente nas imagens de 2018, pois foram identificadas em campo por imagem de boa qualidade, as imagens obtidas de 1984 não apresentavam resolução adequada para identificação eficiente e com a mesma acurácia de 2018, por isso, optou-se por identificar a vegetação de forma geral.

Para a classificação temática de uso e ocupação da terra, foi utilizado o método de classificação orientada a objeto, com base na segmentação de imagens. Após a realização de diversos testes de segmentação, o parâmetro de escala mais adequado encontrado foi o de 10 para imagens de 1984 (Landsat 5) e de 20 para imagens de 2018 (Landsat 8). Os critérios de homogeneização utilizados foram de 0,3 para forma e 0,6 para compacidade. O fator de escala foi determinado de forma que as bordas dos segmentos correspondessem às classes de uso da terra visíveis na imagem (LEWINSKI; ZAREMSKI, 2004). Posteriormente à segmentação, foi aplicada a classificação baseada em objetos, utilizando o método do vizinho mais próximo, com amostras de cada classe (mínimo 20 objetos). As amostras foram obtidas em campo e, posteriormente, avaliadas em imagens na composição RGB (432) para imagens

Landsat 5 e RGB (543) para imagens Landsat 8. Foram demarcados em campo pontos de coordenadas, identificando os diferentes usos e ocupações que foram, em resumo, identificados para os anos de 1984 e 2018, como: vegetação, agricultura, pastagem, água e solo exposto.

A validação da classificação foi realizada por meio da coleta de dados independentes, com coleta de 30 amostras para cada classe equitativamente distribuída por toda a imagem. Foram utilizados os métodos de estatísticas descritivas do usuário, acurácia geral e do produtor e o Índice de Kappa. Para todas as imagens e métodos de validação, foram obtidos valores de validação acima de 82% de acurácia.

Foram definidas 6 (seis) classes para o ano de 1984: pastagens (bovinocultura), agricultura (geral), solo exposto, água e vegetação com e sem nascentes (geral) e, para o ano de 2018, foram definidas 11 (onze) classes: pastagens, culturas de hortaliças, culturas perenes (eucalipto e café), solo exposto, água, vegetação nativa com e sem nascentes, em estágio inicial, médio e avançado de regeneração, cujos polígonos de cada classe resultante foram exportados para análise em ambiente SIG; em seguida, foram feitas as organizações em pastas, de acordo com cada passo executado, posteriormente, foram feitos os procedimentos de equiparação das imagens na mesma projeção da tum WGS 1984 UTM, zone 23S. Foram feitos, então, mosaicos de cada um dos *shapefiles* de cada classe de interesse.

TABELA 3 - Características das imagens utilizadas para o mapeamento de uso e cobertura da terra

Imagem	Data da imagem	Resolução espacial	Cena	Fonte
Landsat 5TM	16/08/1984	30m	219074	USGS (United States Geological Survey, 2018)
Landsat 8 OLI	10/05/2018			

Fonte: A autora (2018).

3.8 Mapas de serviços ecossistêmicos e áreas prioritárias à conservação e recuperação dos serviços

A partir dos pesos atribuídos a cada serviço ecossistêmico (Figura 3 e 4), foi gerado um mapa para cada serviço. Posteriormente, esses mapas foram sobrepostos atribuindo, para isso, pesos iguais a eles, gerando o mapa de distribuição de serviços.

O mapa de serviços prioritários foi gerado a partir da escolha de oito serviços ecossistêmicos, sendo: polinização, regulação biológica, purificação da água, regulação de nutrientes, controle da erosão, proteção do solo, ciclagem de nutrientes e oferta de água. Estes serviços foram selecionados por serem imprescindíveis para a bacia manter a produção de água e a agricultura. Os mapas de cada um dos oito serviços prioritários foram sobrepostos, com isso, formando o mapa de serviços prioritários.

A partir do mapa de serviços prioritários foi possível definir ações para aumentar a produção desses serviços, o que facilitará a criação de programas de conservação e regeneração, assim como para promover ordenamento e planejamento do uso da terra na bacia.

Os resultados da capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos deste estudo foram apresentados por meio do modelo de gráfico radar, um instrumento para análise de desempenho com a finalidade de comparar situações diferentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Associação do uso e cobertura da terra aos serviços ecossistêmicos

Em ambos os anos analisados (1984 e 2018), a distribuição dos serviços ecossistêmicos foi heterogênea, devido à bacia ser composta por um mosaico de áreas preservadas, áreas em diferentes graus de degradação e áreas totalmente antropizadas. O resultado é composto por áreas de alta oferta de todos os serviços ecossistêmicos (vegetação nativa) dispersos e isolados na bacia, de 3.890,08 ha para 1984 e 4.689,38 ha para 2018, com a maior parte da bacia coberta por áreas de baixa capacidade relevante aos SE (9.552,80 ha) (Tabela 4). Isso aponta a necessidade de criação de ações de recuperação de muitas áreas, pois a população é altamente dependente dos serviços prestados pelos ecossistemas da bacia, seja para o abastecimento de água do município ou para o desenvolvimento econômico que é baseado em culturas, dentre elas, de hortaliças e eucalipto.

Tabela 4 - Áreas em hectares ocupadas pelos diferentes usos e ocupação da terra nos anos 1984 e 2018

Classe	Área (ha) - 1984	Área (ha) - 2018
Agricultura	781,64	2.001,71
Água	2,16	6,51
Pasto	8.586,68	7.073,18
Vegetação	3.890,08	4.689,38
Hortaliça	-----	38,05
Solo exposto	1.290,40	439,86

Fonte: A autora (2018).

Houve uma expansão considerável da área utilizada pela agricultura de 1984 (781,84 ha) para 2018 (2.039,76 ha), considerando, também, para 2018, as áreas de cultivo de hortaliças. Na imagem de 1984, esse tipo de cultura não foi classificado em função da inexistência de informações para a utilização na classificação das imagens sobre essa cultura e da impossibilidade de verificação a campo, como realizado para 2018. As atividades de uso antrópico da bacia (pastagens, culturas perenes e hortaliças) receberam os menores pesos (entre 0 e 3), tanto em 2018 como em 1984, com exceção dos pesos para os serviços de produção de alimento e produção de madeira em que culturas perenes (café e eucalipto) receberam um peso pouco maior se comparado a culturas de hortaliças e pastagens. Culturas

perenes, como o próprio nome sugere, permanecem plantadas por maior período, reduzem revolvimento do solo, aumentam a disponibilidade e heterogeneidade de habitat, contribuem com a regulação climática local e apresentam maior capacidade relevante em produção de madeira. A monocultura de eucalipto, cultura não predominante em 1984, atualmente ocupa uma área considerável da bacia, apesar de ser um cultivo de ciclo longo e gerar um recurso importante ao desenvolvimento econômico, que é a madeira, o plantio acarreta a perda de outros serviços ecossistêmicos, por não ser tão eficiente quanto a floresta para evitar processos erosivos, ofertar habitat às espécies nativas, aumentar a conectividade da paisagem e sequestrar o carbono da atmosfera (IPE, 2017).

As culturas de hortaliças são conhecidas como agricultura irrigada que, segundo a FAO (1998) é a atividade antrópica que apresenta maior consumo de água. A nível mundial, sua participação corresponde a 17,8%, equivalendo a 40% de toda a produção. Especialmente para a bacia do Rio Formiga, essa cultura necessita da manutenção dos serviços ligados à manutenção de quantidade e qualidade da água na bacia. As culturas de hortaliças demandam fertilizantes e defensivos agrícolas que podem ocasionar a contaminação dos recursos hídricos. A contaminação por fertilizantes e defensivos agrícolas pode ocasionar o aumento da eutrofização e reduzir a qualidade da água. É sabido que situações causadas durante o preparo do solo, como aumento da rugosidade superficial ou da porosidade da camada arável, causam melhoria na infiltração de água no solo e diminuem a velocidade da enxurrada, reduzindo, também, as perdas de solo e água por meio de processos erosivos (LARSON, 1964; LARSON; GILL, 1973; COGO; MOLDENHAUER; FOSTER, 1984). No entanto, mesmo que essas atividades atualmente sejam manejadas de maneira a causar menos impactos ambientais, esses locais com o tempo perdem a capacidade de prestação de serviços, se comparados a áreas naturais, fornecem apenas alguns serviços de suporte em baixa capacidade relevante e serviços de produção de alimento em alta capacidade relevante.

A retirada da vegetação nativa pode ocasionar diferenças consideráveis na área do solo coberta por folhas, interferindo de forma direta na ação da erosão hídrica (LARSON, 1964; LARSON; GILL, 1973; COGO; MOLDENHAUER; FOSTER, 1984). Portanto, a retirada da vegetação e o posterior plantio de culturas perenes como o café e o eucalipto, presentes na bacia atualmente, apesar de aumentarem a capacidade de fornecimento do serviço de produção de madeira e biomassa, ocasionarão redução da capacidade de prestação de outros serviços significativos para a bacia, como proteção do solo, ciclagem de nutrientes, purificação da água, dentre outros (IPE, 2017).

A maior parte da bacia do Rio Formiga no ano de 2018 foi ocupada por pastagens (7.073,18 ha), no entanto, esta ocupação ocorre em menores proporções em relação a 1984 (8.586,68 ha), provavelmente por ter sido uma das atividades mais rentáveis na região e, atualmente, as atividades agrícolas se tornaram diversificadas. Entretanto, para a produção de serviços ecossistêmicos, a pastagem não é favorável, com baixos pesos. As áreas formadas em pasto têm biomassa reduzida, o que ocasiona a compactação do solo, que geralmente são pobres em nutrientes e biodiversidade e mais sujeitas a processos erosivos (IPE, 2017). Essa atividade representa importante fonte de renda para a comunidade, seguida da produção por culturas perenes e hortaliças. Se manejada de forma adequada, com técnicas que favoreçam a infiltração de água no solo e reduzam a compactação, pode se tornar grande aliada na prestação de serviços de purificação da água, pois se tornará mais eficiente com filtro da água pluvial.

Pôde-se observar áreas de solo exposto, que representam um alto grau de degradação e de baixa oferta de serviços ecossistêmicos. Essas áreas, provavelmente, foram formadas a partir de pastagens abandonadas, levando à uma redução considerável de áreas com solo exposto de 1984 (1.290,40 ha) para 2018 (439,86 ha). Provavelmente essas áreas de solo exposto, identificadas em 1984, foram ocupadas pela produção de eucalipto a partir do aumento da procura dessa madeira pelos fornos de cal da região.

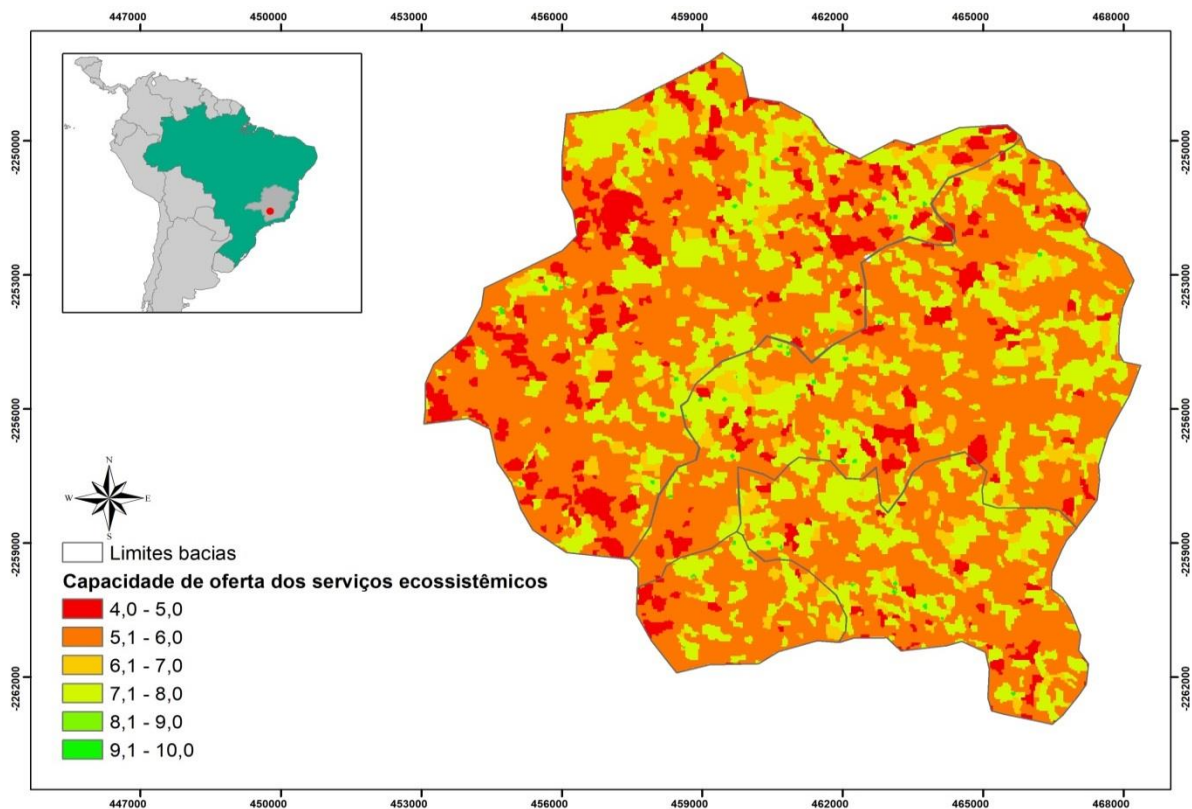
Fragmentos vegetacionais em estágio secundário de regeneração, formados pela inserção de atividades antrópicas, representam porcentagem superior a 70% da cobertura florestal tropical mundial na atualidade (FAO, 2010). A cobertura florestal da área é composta, principalmente, por pequenos fragmentos de mata atlântica de sucessão secundária em estágio inicial de regeneração. Ocorreu um pequeno aumento de áreas ocupadas por vegetação nativa do ano de 1984 (3.890,08 ha) para o ano de 2018 (4.689,38 ha), assim como pôde-se observar um aumento na densidade vegetacional nos fragmentos, provavelmente em decorrência da retirada de lenha, atividade comum na década de 80.

4.2 Distribuição espacial e temporal dos SE

Os mapas de serviços ecossistêmicos auxiliam na análise e interpretação da dinâmica da bacia. A análise dos serviços de 1984 auxiliou na maior compreensão da dinâmica local, favorecendo a criação de ações e definição de áreas prioritárias para recuperação e conservação.

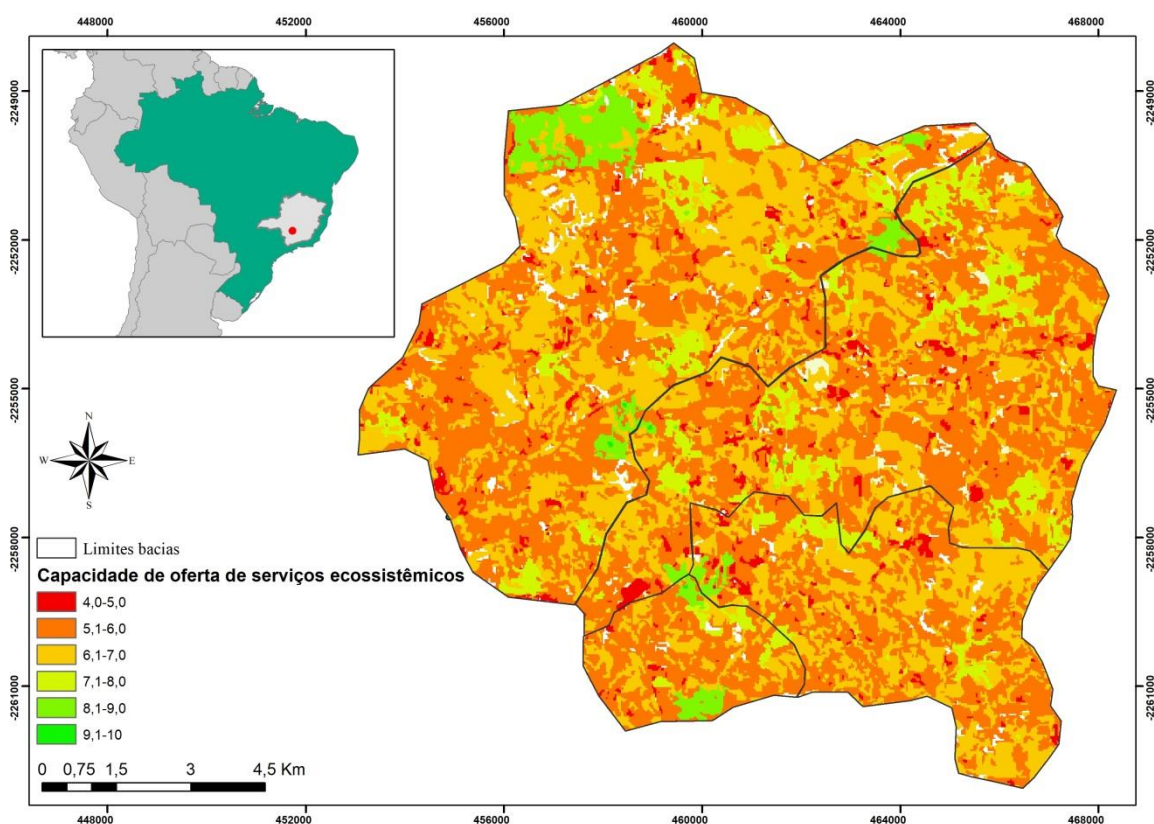
O mapa de SE de 1984 (Figura 5) apresenta predominância de serviços com baixa a média (1-3) capacidade relevante em prestação de serviços. Já no mapa de SE de 2018 (Figura 6), notam-se regiões com alta e muito alta (4-5) capacidade em prestação de SE.

Figura 5 - Distribuição espacial dos serviços ecossistêmicos na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga em 1984 e a capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos de acordo com o uso e cobertura da terra



Fonte: A autora (2018).

Figura 6 - Distribuição espacial dos serviços ecossistêmicos na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga em 2018 e a capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos de acordo com o uso e cobertura da terra



Fonte: A autora (2018).

As atividades agrosilvipastoris desenvolvidas na região são altamente dependentes dos serviços de regulação que, por sua vez, são desempenhados em maiores proporções por fragmentos de vegetação em estágio avançado, que não é predominante na região em nenhum dos anos avaliados. Os serviços como polinização, regulação biológica, regulação de nutrientes, dentre outros, se destacaram pela predominância em baixa capacidade relevante em prestação de serviços.

Os serviços de suporte ou habitat apresentaram uma maior predominância se comparados aos serviços de regulação, pois muitos deles são desempenhados pelas atividades agrosilvipastoris desenvolvidas na região, como os serviços de proteção do solo, ciclagem de nutrientes, refúgio e habitat. Estes serviços são prestados com capacidades diferentes, mas que apresentam pesos consideráveis, podendo ser comparados aos pequenos fragmentos em estágio inicial de regeneração identificados no ano de 2018.

Em uma região produtiva como a que está em estudo, os serviços de produção ou provisão se destacam entre os demais, com predominância dos serviços de produção de alimentos e produção de madeira, seguidos pela oferta de água e produção de forragem.

O serviço de oferta de água e purificação pode ser destacado na bacia devido à dependência da população do município de Formiga a esse serviço. Portanto, é preciso estar ciente da importância da proteção das nascentes, como também das matas ciliares e demais áreas de vegetação para evitar a perda desses serviços. Além da importância da qualidade da água, é essencial que o fornecimento seja volumoso e perene, para que esse recurso seja garantido de forma contínua, ou seja, a bacia não pode deixar que toda água de chuva recebida seja escoada em pouco tempo. Ela precisa da capacidade de absorver toda a água por meio do solo, estocar no lençol freático e ofertá-la gradativamente aos cursos d'água, por meio de nascentes e olhos d'água, para, assim, conseguir realizar a manutenção da vazão, mesmo em períodos de seca (IPE, 2017). Por isso, os serviços de purificação e oferta de água devem ser recuperados em áreas onde ele tem baixa capacidade de oferta, por meio de plantio de vegetação, principalmente nas áreas com solo exposto.

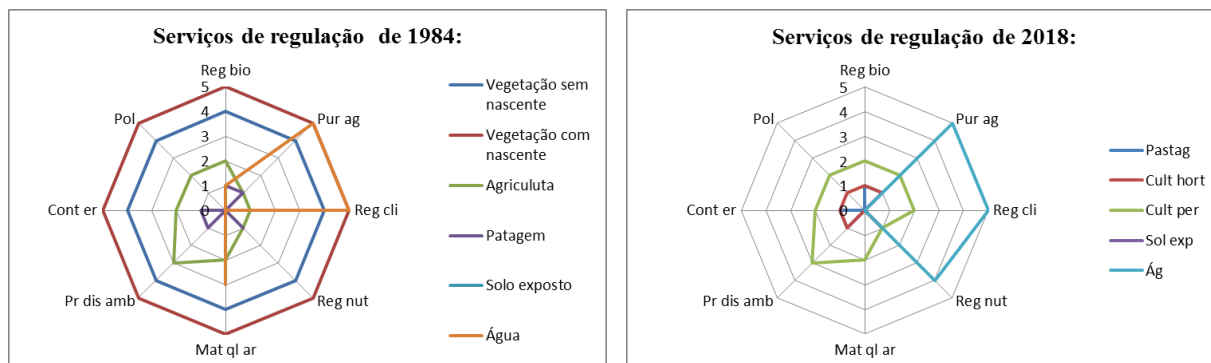
A dinâmica da paisagem relacionada à prestação de serviços essenciais para a bacia precisa ser analisada pelo poder público, pois as políticas públicas ambientais e de programas de pagamento por serviços ecossistêmicos, em sua maioria, são voltadas para o aumento da cobertura florestal (GUEDES; SEEHUSEN 2011), esquecendo-se de criar ações para preservar os fragmentos vegetacionais em estágio avançado de regeneração que não se encontram em áreas protegidas por lei (BRANCALION et al. 2012). Esta visão não favorece a produção de água, uma vez que os fragmentos formados possuem maior capacidade para produzir água, em comparação ao consumo exercido pela vegetação em pleno crescimento, portanto, faz-se necessário implantar ações que possibilitem a preservação de áreas em estágio avançado de regeneração para favorecer a oferta de água.

4.3 Atribuições de pesos aos serviços ecossistêmicos

4.3.1 Serviços de regulação

Os serviços de regulação, representados na Figura 7, tiveram distribuição de pesos entre 1 e 2. Na análise de 2018, não foram inclusos os serviços prestados pela vegetação. Na análise de 1984, foram atribuídos pesos para todos os serviços, incluída a capacidade da vegetação em prestar esse serviço, que variou entre 4 e 5.

Figura 7 - Distribuição da oferta de serviços de regulação em 1984 e 2018
na Bacia do Rio Formiga



Pastag.: pastagem; Cult. hort.= cultura hortaliça; Cult. per.= cultura perene; Sol. exp.= solo exposto; Ág = água; Reg. bio= regulação biológica; Pur. ag.= purificação da água; Reg. cli. = regulação climática local; Reg. nut.= regulação de nutrientes; Mat.ql.ar= manutenção da qualidade do ar; Pr. dis. amb.=prevenção a distúrbios ambientais; Cont. er.=controle de erosão; Pol.=polinização.

Fonte: A autora (2018).

Entre os serviços analisados observa-se a relevância do serviço de polinização. O serviço de polinização é afetado pelo método utilizado comumente para controlar as plantas daninhas na região em estudo, que é o químico por meio de herbicidas. A polinização é essencial para a manutenção da diversidade de espécies de plantas por meio da reprodução, provê alimentos para humanos e animais e está diretamente relacionada ao aspecto qualitativo da produção (BUCHMANN; NABHAN, 1996). Cerca de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores dependem da polinização animal (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002; RICKETTS et al., 2008), sendo que as abelhas são os principais polinizadores. Os serviços de polinização prestados pelas culturas perenes são de capacidade relevante (2) em função da menor demanda de defensivos agrícolas e por permanecerem por mais tempo no local. As culturas de hortaliças prestam esse serviço com baixa capacidade relevante (1), visto que a propagação de plantas com flores silvestres como plantas daninhas é intensa e deve ser retirada constantemente para evitar a competição por nutrientes e, com isso, ocorre a redução da produtividade da cultura em função da redução de atrativos aos polinizadores. A vegetação nativa desempenha esse serviço com vigor, de acordo com seus estágios de regeneração, entretanto, as pastagens contribuem de forma ainda mais reduzida do que as culturas em função do trânsito e remoção constante da cobertura vegetal pelos animais.

As monoculturas que têm como característica o florescimento por um pequeno tempo de duração ocasionam considerável redução na quantidade e diversidade de polinizadores (OSBORNE; WILLIAMS; CORBET, 1991; KREMEN; WILLIAMS; THORP, 2002;

LARSEN; WILLIAMS; KREMEN, 2005). Os defensivos agrícolas, em especial os de atuação neurotóxica, os herbicidas e as capinas, tanto manuais como mecanizadas, ocasionam a diminuição dos locais de nidificação e a quantidade de flores silvestres, que são formadas pelas plantas conhecidas como daninhas (SUBBA REDDI; REDDI, 1984; OSBORNE; WILLIAMS; CORBET, 1991; FREE et al., 1993). Todas essas ações contribuem para a redução de biodiversidade e de serviços de polinização na área, pois os indivíduos das espécies que resistiram não conseguem compensar a redução de polinização ocorrida com o desaparecimento das demais espécies (KREMEN et al., 2004). Desse modo, atualmente, os níveis de polinização insuficientes se tornaram um dos principais problemas que estão reduzindo a produção das culturas, principalmente daquelas que dependem dos agentes polinizadores (SUBBA REDDI; REDDI, 1984; FREITAS, PORTE; GOMEZ, 1995).

A bacia do Rio Formiga é composta por culturas perenes e hortaliças sob sistema convencional, onde o uso de pesticidas é comumente utilizado, o que reduz também a biodiversidade de insetos. Por isso, as culturas de hortaliças apresentam baixa capacidade relevante (1) quanto à prestação de serviço de regulação biológica; já as culturas perenes por apresentarem menores demandas de pesticidas demonstram capacidade relevante (2) em relação à prestação desses serviços. Nas pastagens, é encontrada uma baixa diversidade de organismos passíveis de contribuir com a regulação biológica, assim como os corpos d'água, sendo considerados com baixa capacidade relevante (1), enquanto a vegetação nativa apresenta condições físicas para abrigar uma infinidade de espécies que contribuem com essa regulação.

Dentre os serviços de regulação, a regulação biológica desempenha importante função para a bacia, no sentido de manter a produtividade das culturas inseridas na região. Um inimigo natural eficiente, com relação à questão econômica, é aquele capaz de regular a quantidade da população de uma praga e conseguir mantê-la em quantidade ideal para que não ocorra dano econômico em um determinado cultivo. O controle biológico natural nada mais é do que conseguir equilibrar os fatores bióticos e abióticos do ambiente, mantendo a densidade comum da população, sendo assim, o equilíbrio natural dinâmico. Em agroecossistemas, pragas que possuem alta capacidade são mantidas em quantidades que não possam causar danos, por meio da atuação desses inimigos naturais (BUENO, et al., 2015). Debach e Rosen (1991) estimaram que aproximadamente 90% de todas as pragas agrícolas são consideradas sob controle natural.

As pastagens apresentam baixa capacidade relevante (1) em prestar o serviço de purificação da água, devido à possibilidade de infiltração com a contribuição da vegetação

rasteira, assim como as culturas de hortaliças, porém, as culturas perenes apresentam capacidade relevante (2), bem como a vegetação nativa em estágio inicial de regeneração. A vegetação nativa apresenta alta habilidade em função da densidade vegetacional. Os movimentos das águas ao longo de seu percurso ocasionam sua purificação em muito alta capacidade relevante (5).

Nas áreas ocupadas por agricultura, o serviço de purificação da água é prestado com baixa capacidade, devido à contaminação das águas, em especial, pelo nitrogênio e fósforo encontrados em fertilizantes minerais e orgânicos, que podem ser carreados pela superfície ou subsuperfície do solo (HATCH; KEITH; MURPHY, 2002; LEINWEBER; TURNER; MEISSNER, 2002). Esses contaminantes aceleram o sistema de eutrofização em águas superficiais e reduzem a qualidade da água. O P é um elemento limitante, pois o N pode ser absorvido da atmosfera via fixação por algas verde-azuladas (DANIEL; SHARPLEY; LEMUNYON, 1998). O nitrogênio, além de contribuir com eutrofização, ocasiona danos à saúde dos animais e humanos (CHAPMAN, 1996).

Além desses, o carbono dissolvido na água também se torna um poluente, assim, compromete a prestação do serviço de purificação da água, pois afeta a disponibilidade de oxigênio dissolvido, forma compostos cancerígenos no processo de cloração em sistemas de tratamento de água para abastecimento humano (KAY; EDWARDS; FOULGER, 2009).

A prestação do serviço de regulação climática pelas pastagens e culturas de hortaliças pode ser considerada ausente, quando se leva em conta o volume de vegetação que a compõe. As culturas perenes e a vegetação nativa apresentam estrutura capaz de desempenhar esse serviço a partir da capacidade relevante (2) até muito alta capacidade, de forma gradativa, de acordo com o estágio de regeneração. Os cursos d'água contribuem com muita alta capacidade relevante (5), em função da evaporação.

O serviço de regulação climática está relacionado à evapotranspiração, que é a soma da evaporação das superfícies e da transpiração das plantas (ALLEN et al., 1998). De acordo com o relatório publicado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (ALLEN et al., 1998), a evaporação é dependente da disponibilidade de energia na superfície evaporante e do gradiente de pressão entre a superfície evaporante e o ar adjacente (SELLERS, 1963).

Para o serviço de regulação climática, os gases que ocasionam o efeito estufa são os principais causadores de distúrbios e mudanças climáticas globais, são formados especialmente por vapor de água, dióxido de carbono (CO_2), ozônio, metano (CH_4), óxidos de nitrogênio (N_2O) e clorofluorcarbonos (CFCs). Foley et al. (2011) considera que as

atividades agropecuárias são geradoras de um terço das emissões totais de gases de efeito estufa. O óxido nitroso é liberado principalmente a partir de fertilizantes, da fermentação intestinal de animais e do manejo de esterco; o gás metano é liberado em solos com elevada matéria orgânica e, também, por meio do manejo de esterco e da fermentação intestinal. O dióxido de carbono é liberado por meio de solos com matéria orgânica elevada, fermentação intestinal e queimadas (GUERRA; ROCHA; NODARI, 2015).

A vegetação nativa apresenta capacidade relevante (2) a muito alta capacidade relevante (5) para prestar o serviço de regulação de nutrientes, de acordo com seu estágio de regeneração, em função do aporte e consumo de nutrientes. Já as culturas perenes e hortaliças desempenham esse serviço com baixa capacidade relevante (1) em função do alto consumo para seu crescimento. As pastagens, mesmo tendo aporte de matéria orgânica, também prestam esse serviço com baixa capacidade relevante.

Em regiões tropicais, os solos, geralmente, têm baixa fertilidade natural em função da alta intemperização e lixiviação de nutrientes. Boa parte dos nutrientes nessas condições é controlada por meio de transformações de outro componente dos solos: a matéria orgânica, por isso, se deve considerar a vegetação como elemento essencial para a oferta do serviço de regulação de nutrientes. A vegetação é habitat dos microrganismos e é responsável pelo crescimento da biodiversidade deles. Os microrganismos presentes no solo são primordiais para a decomposição dos resíduos orgânicos, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia circulante no solo, contribuem tanto na transformação da matéria orgânica quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (JENKINSON; LADD, 1981).

A capacidade dos ecossistemas terrestres em captar e reter nutrientes suspensos na atmosfera ou lançados por meio de pulverização de fertilizantes tem sido prejudicada pela transformação e simplificação dos ecossistemas em paisagens agrícolas com diversidade reduzida.

Considerando-se que as culturas perenes locais são compostas em maior quantidade por plantações de eucalipto, representando juntamente com os cafezais boa parte da área total da bacia, pode-se considerar que tais culturas prestam serviço de manutenção da qualidade do ar com capacidade relevante (2), enquanto que as culturas de hortaliças não apresentam nenhuma capacidade relevante (0) em prestação desse serviço, assim como as pastagens. Ao contrário, a vegetação nativa contribui consideravelmente com a prestação desse serviço de forma gradual, de acordo com seu estágio de regeneração. Os corpos d'água contribuem com a umidade relativa do ar, em média capacidade relevante (3).

Assim como os fragmentos vegetacionais nativos, as florestas plantadas também mitigam as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, por meio da fixação de CO₂, aumento da quantidade de matéria orgânica e de carbono do solo. Além disso, as florestas plantadas prestam serviços ambientais por meio da redução do potencial de aquecimento global que ocorre por meio da mitigação das emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera (PARRON et. al, 2015).

As culturas perenes (café e eucalipto) prestam o serviço de prevenção a distúrbios ambientais com capacidade relevante (2), em função da parte aérea da vegetação servir como barreira para o vento, que reduz a velocidade. Já as culturas de hortaliças e pastagens apresentam baixa capacidade (1) em prestação desse serviço, pois, assim como a pastagem, podem contribuir apenas com a fixação do solo e impedir formação de processos erosivos e deslizamentos de terra. A vegetação nativa desempenha esse serviço de forma completa, tanto pela parte aérea como pela parte subterrânea, com capacidades gradativas de acordo com seu estágio de regeneração.

Segundo Castro (1998), desastre ou distúrbios ambientais é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados antropicamente, em um ecossistema (vulnerável), ocasionando danos aos seres humanos, materiais e/ou ambientais, assim como prejuízos econômicos e sociais. De forma geral, os desastres naturais são ocasionados a partir da relação entre o homem e a natureza, ou seja, desastres naturais ocorrem a partir das tentativas humanas em dominar a natureza que, em boa parte, terminam derrotadas. O aquecimento global tem ocasionado um crescimento na quantidade e intensidade das adversidades climáticas como precipitações extremas, vendavais, granizos, dentre outros, o que ocasiona o aumento da incidência de desastres naturais. O serviço de prevenção a distúrbios ambientais está relacionado aos aspectos estruturais dos ecossistemas, como a cobertura vegetal. A capacidade de prevenção (ou mitigação) de distúrbios (ou danos naturais) ocorre por meio da capacidade dos ecossistemas naturais em tornar menos agressivos os efeitos de desastres e eventos de perturbação natural; capacidade de absorção de água e resistência eólica da vegetação (KOBAYAMA et al., 2006).

As áreas de solo exposto (439,86 ha) da bacia do Rio Formiga foram formadas, provavelmente, por áreas de pastagem abandonada e apresentam, com isso, alta capacidade para desenvolver impactos ecológicos. As culturas perenes apresentam raízes mais profundas do que as culturas de hortaliças que, por sua vez, também sustentam o solo com raízes fasciculadas. Dessa forma, conseqüentemente, ambas as culturas apresentam potencial para controle da erosão, porém em escalas diferentes, sendo as culturas perenes com capacidade

relevante (2) em prestar o serviço de prevenção a distúrbios ambientais e as hortaliças com baixa capacidade relevante (1), assim como as pastagens, que representam um grande perigo com relação à erosão, o que pode ser minimizado com o uso de manejo adequado. A vegetação nativa com e sem nascentes representa grande proteção para o solo e exerce esse serviço de forma gradativa em função do estágio de regeneração.

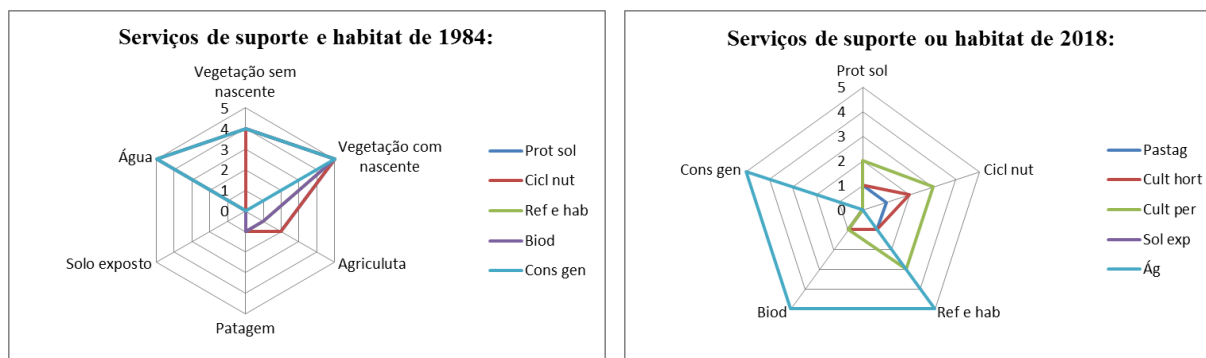
O controle da erosão beneficia a provisão de diversos serviços ecossistêmicos, relacionados ao solo, que são primordiais ao ser humano (PARRON et al., 2015), como exemplos: 1. De suporte - a conservação da biodiversidade do solo e a ciclagem de nutrientes; 2. De provisão - oferta de nutrientes e matérias-primas e 3. De regulação - a infiltração da água no solo e a captura de carbono. Diversos impactos econômicos e ambientais podem ocorrer em função do uso inadequado do solo, como: a) perda da camada de matéria orgânica e da fertilidade natural do solo; b) carreamento de sedimentos, com assoreamento e lixiviação dos corpos d'água; c) compactação do solo; d) formação de sulcos e ravinas, redução da área adequada para o uso agropecuário; e) emissão de carbono para a atmosfera e f) necessidade de introdução de nutrientes para garantir a fertilidade do solo (IPE, 2017).

Em regiões formadas por pastagens, podem ocorrer modificações na estrutura da camada superficial do solo, de forma a favorecer a formação de camadas compactadas (TANNER; MAMARIL, 1959) que podem ocasionar na redução da infiltração da água no solo e acelerar o processo erosivo (RAUZI; HANSON, 1966).

4.3.2 Serviços de suporte ou habitat

Os serviços de suporte apresentaram maior representatividade, mesmo com pesos baixos, em função de serem exercidos, também, pelas áreas de uso antrópico (Figura 8). Na análise de 1984, foram atribuídos pesos 4 e 5 para a capacidade da vegetação com e sem nascentes respectivamente, a prestarem esse serviço.

Figura 8 - Distribuição da oferta de serviços de suporte ou habitat em 1984 e 2018 na Bacia do Rio Formiga



Pastag.: pastagem; Cult. hort.= cultura hortaliça; Cult. per.= cultura perene; Sol. exp.= solo exposto; Ág = água; Prot. sol.= proteção do solo; Cicl. nut.= ciclagem de nutrientes; Ref. e hab.= refúgio e habitat; Biod. =biodiversidade; Cons. gen.=conservação genética.

Fonte: A autora (2018).

A proteção do solo é essencial para que os diversos usos da terra na bacia do Rio Formiga possam prestar serviços benéficos ao homem, contudo, a vegetação nativa presta serviço com vigor, em função da cobertura vegetal que possui. Em contraponto, as pastagens apresentam vegetação rasteira, mas também desempenham esse serviço com baixa capacidade relevante (1). As culturas perenes e hortaliças utilizam do solo para se manterem, mas, em compensação, prestam o serviço de proteção do mesmo, em capacidades diferentes, sendo a hortaliça com baixa capacidade relevante (1) e as culturas perenes com capacidade relevante (2), ao contrário do solo exposto que, em decorrência da situação, não contribui com esse serviço.

O solo é responsável pelo suporte aos processos da vida, ou seja, prover o suporte físico e os nutrientes para as plantas, promover a retenção e o movimento da água, suportar as cadeias alimentares e as funções reguladoras do ambiente, inclusive a ciclagem de nutrientes, a diversidade de macro e microrganismos, a mitigação de poluentes e a estabilização de metais pesados (BEZDICEK, PAPENDICK; LAL, 1996).

A vegetação ciliar permite uma maior estabilidade dos canais pela proteção dos solos nas margens dos rios, com isso, diminui a erosão dos canais e o assoreamento dos corpos d'água (NAIMAN; BILBY; BISSON, 2000). A existência de serapilheira protege o solo do impacto direto das gotas de água, impossibilita a erosão, a lixiviação e a compactação do solo (GIAMBELLUCA, 2002; LIMA et al., 2012; SAYER; TANNER; LACEY, 2006).

Chuvas erosivas, que atingem o solo durante o período de semeadura de espécies melhoradoras da pastagem nativa ou após os pastejos, podem aumentar os problemas relacionados a perdas de solo e de água por erosão (CASSOL et al.,1999).

As pastagens, mesmo ao receberem matéria orgânica dos animais, prestam o serviço de ciclagem de nutrientes com baixa capacidade relevante (1), ao contrário da vegetação nativa, que tem um aporte de nutrientes para circular os nutrientes constantemente. Culturas perenes apresentam capacidade relevante (2) em prestar esse serviço. Já as hortaliças prestam esse serviço em menores proporções, ou seja, também com baixa capacidade relevante (1) em função do baixo aporte de matéria orgânica disponível.

Ao considerar que as áreas atualmente ocupadas por culturas fragmentaram a vegetação nativa, mas proporcionam uma certa rugosidade na matriz, pode-se considerar que as culturas de hortaliças e as pastagens apresentam baixa capacidade relevante (1) para prestação do serviço de refúgio e habitat, enquanto as culturas perenes prestam esse serviço com capacidade relevante (2), em função da existência de maior parte aérea das plantas. Os cursos d'água prestam esse serviço com alta capacidade relevante (5), assim como a vegetação nativa que presta esse serviço com capacidade relevante (2) a muito alta capacidade relevante (5), de acordo com seu estágio de regeneração.

As culturas tanto perenes como de hortaliças e as pastagens, por possuírem no solo microrganismos essenciais, prestam o serviço de biodiversidade com baixa capacidade relevante (1). A vegetação nativa, por sua vez, presta esse serviço com capacidade relevante (2) a muito alta capacidade relevante (5), de acordo com seu estágio de regeneração. Os corpos d'água apresentam muito alta capacidade relevante em prestar esse serviço (5). A biodiversidade, associada às culturas, constitui parte importante dos ecossistemas agrícolas, sendo os polinizadores um dos seus componentes primordiais (DAILY, 1997; PALMER, 2004).

O serviço de conservação genética está diretamente associado às condições dos ecossistemas naturais em fornecer espaço e abrigo para espécies animais e vegetais, com isso, atribui-se à vegetação nativa capacidade relevante (2) a muito alta capacidade relevante (5) em prestar esse serviço, enquanto as pastagens, solo exposto, culturas perenes e hortaliças não apresentam nenhuma capacidade relevante (0).

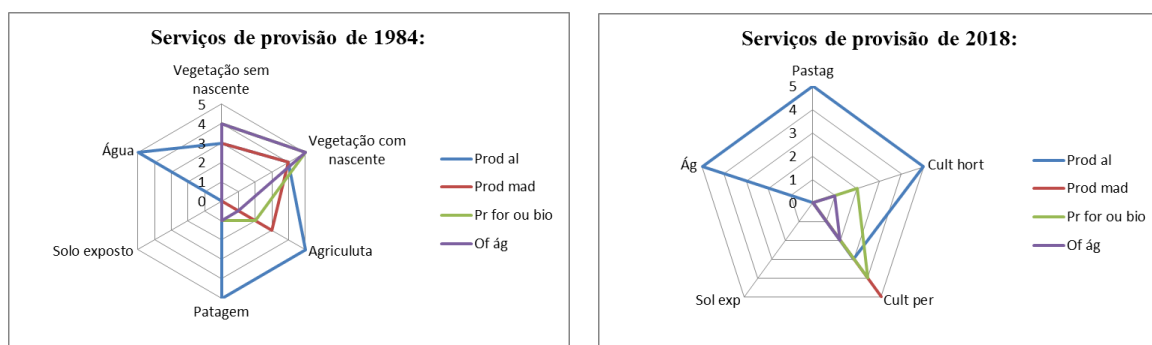
A fragmentação florestal ocasiona a redução da quantidade de indivíduos de uma população e influencia de forma favorável a perda de variação genética. A população remanescente passa a apresentar um tamanho reduzido, menor que o mínimo necessário para que possa perpetuar e conseguir evoluir. Nessa população reduzida, pode ocorrer, a curto

prazo, deriva genética, ou seja, ocasionar frequências de seus genes afastadas daquelas da população original, o que pode chegar a perder alelos. A longo prazo, poderá ocorrer um crescimento da endogamia, em função da maior probabilidade de autofecundação e acasalamento entre indivíduos aparentados (KAGEYAMA; GANDARA; SOUZA, 1998).

4.3.3 Serviços de provisão ou de produção

Considerando-se que o serviço de provisão está diretamente relacionado com a capacidade do uso da terra em produzir alimentos, as culturas de hortaliças e pastagens apresentam muito alta capacidade relevante (5) em prestar esse serviço, enquanto as culturas perenes apresentam alta capacidade relevante (4), devido às áreas ocupadas por cafezal e maior parte por eucalipto. A vegetação nativa também apresenta capacidade em prestar o serviço de produção de alimentos, porém, em capacidades inferiores à agricultura, sendo de baixa capacidade relevante (1) a alta capacidade relevante (4) de forma gradativa, de acordo com o estágio de regeneração dos fragmentos. As demais ocupações do solo apresentam nenhuma capacidade relevante (0), conforme a Figura 9.

Figura 9 - Distribuição da oferta de serviços de provisão ou de produção de 2018 na Bacia do Rio Formiga



Pastag.: pastagem; Cult. hort.= cultura hortaliça; Cult. per.= cultura perene; Sol. exp.= solo exposto; Ág = água; Prod.al.= produção de alimentos; Prod. mad.= produção de madeira; Pr. for. oubio.= produção de forragem ou biomassa; Of. ág.= oferta de água.

Fonte: A autora (2018).

Nos últimos 40 anos, o Brasil saiu da situação de importador de alimentos e se tornou um considerável provedor para o mundo. Foram efetuados aumentos significativos na produção agropecuária. O maior crescimento da produção, se comparado à área, pode ser avaliado pela evolução do rendimento médio (quilos por hectare) das lavouras de arroz,

feijão, milho, soja e trigo, no período de 1975 a 2017. Principalmente no rendimento de 346% para o trigo, de 317% para o arroz e de 270% para o milho (EMBRAPA, 2018).

Além das culturas perenes (eucalipto), que prestam o serviço de produção de madeira em muito alta capacidade relevante (5), a vegetação nativa também apresenta capacidade relevante em produção desse serviço de forma gradativa, sendo de capacidade relevante (2) a muito alta capacidade relevante (5), de acordo com seu estágio de regeneração.

Houve um aumento de 52% na área de florestas plantadas entre 1990 e 2014. Em 2016, as plantações de florestas de eucalipto forneceram 98,9% do carvão vegetal, 85,8% da lenha, 80,2% da madeira para celulose e 54,6% da madeira em tora para diversos outros usos no Brasil. A madeira produzida por árvores cultivadas diminui a pressão por desmatamentos de fragmentos vegetacionais nativos (EMBRAPA, 2018).

Com a plantação de florestas de eucalipto, é fornecido um recurso essencial, que é a madeira, porém, isso ocorre em detrimento de outros serviços ecossistêmicos que são suprimidos. Essa plantação pode não ser tão eficiente quanto a floresta nativa em evitar processos erosivos, aumentar a conectividade da paisagem e capturar o carbono da atmosfera (EMBRAPA, 2018).

Por um lado, esses dados demonstram a predominância da silvicultura de eucalipto e pinus no setor florestal brasileiro. Por outro, revelam que, apesar de o Brasil manter 66% do seu território com vegetação nativa, essas áreas têm participação marginal na economia florestal brasileira. A principal função das áreas ocupadas por vegetação nativa é a provisão de produtos madeireiros e não madeireiros para uso e geração de renda para os produtores rurais, comunidades indígenas, extrativistas e quilombolas, além da provisão de serviços ecossistêmicos primordiais para a agricultura brasileira e para o clima global (EMBRAPA, 2018).

Mesmo sendo uma pastagem manejada, a produção de biomassa apresenta baixa capacidade relevante (1). Já as culturas de hortaliça apresentam capacidade relevante (2), em função da constante rotação de culturas e as culturas perenes apresentam média capacidade relevante (3), pois permanecem por tempo maior e produzem forragem.

Em áreas que apresentam vegetação nativa, entre os fatores que ocasionam condições mais favoráveis à biomassa microbiana, destacam-se a ausência de preparo do solo e maior diversidade florística (BANDICK; DICK, 1999). A diversidade da flora das áreas cobertas por vegetação nativa e a presença de vegetação durante todas as estações do ano influenciam na produção (quantidade) e na qualidade da serapilheira. A soma de todos esses fatores

influencia de forma positiva a ocorrência de maiores quantidades de biomassa nessas áreas, se comparadas às áreas sob cultivo (MATSUOKA, MENDES; LOUREIRO, 2003).

Quando relaciona-se a quantidade de massa verde e estrutura da vegetação à prestação de serviços de oferta de água, pode-se atribuir às culturas perenes capacidade relevante (2), igualando-se a vegetação nativa em estágio inicial. Capacidades relevantes (2) a muito alta (5) são atribuídas à vegetação nativa. As pastagens e culturas de hortaliças apresentam baixa capacidade relevante (1) e contribuem apenas por meio do sistema radicular.

Quanto maior a complexidade estrutural da comunidade vegetal maior será a interação entre a água e a vegetação. Quando ocorre interação, a água pode ficar armazenada na folhagem e evaporar (interceptação); pode gotejar de forma difusa, de forma a contribuir com a transprecipitação ou ir para o solo por meio de escoamento pelo tronco. Depois de estar no solo, a água da chuva pode evaporar da superfície, ser absorvida pelas raízes das plantas e retornar à atmosfera por evapotranspiração ou infiltrar e ser armazenada no lençol freático (IPE, 2017).

4.4 Vegetação nativa

Pesos diferentes foram atribuídos aos fragmentos de vegetação com e sem nascentes de água, de acordo com o estágio de regeneração dos mesmos, sendo de capacidade relevante (2) a alta capacidade relevante (4) para os fragmentos que não têm nascentes em seu interior, de forma gradativa, de acordo com o estágio de regeneração e de média capacidade relevante (3) a muito alta capacidade relevante (5) para os fragmentos com nascentes em seu interior, também de forma gradativa, de acordo com o estágio de regeneração vegetal.

A análise dos fragmentos vegetacionais de 1984 não foi dividida em classificação de estágios sucessionais, devido à baixa resolução da imagem e pela impossibilidade de ser feita em campo, como ocorreu em 2018. A vegetação de 1984 foi analisada com a separação somente dos fragmentos com e sem nascentes, conforme representação na Figura 10.

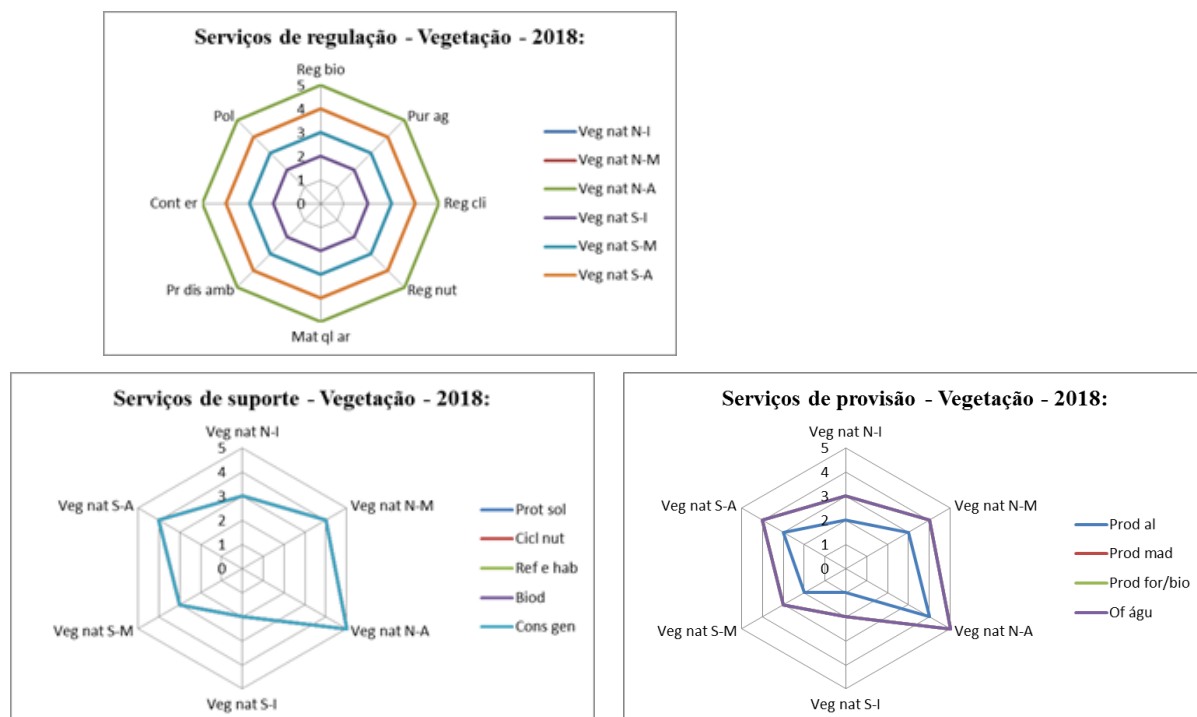
De acordo com Skorupa (2003), a vegetação das áreas de nascentes funciona como um amortecedor das chuvas, reduz o impacto direto sobre o solo e, com isso, sua compactação. Ocorre, juntamente com o aglomerado de raízes das plantas, que o solo se mantenha poroso e, com isso, seja capaz de absorver a água das chuvas, de forma a abastecer os lençóis freáticos e evitar, assim, o escoamento superficial excessivo de água com partículas de solo e resíduos tóxicos das atividades agrícolas para o leito dos cursos d'água, poluindo-os e assoreando-os; nas margens dos cursos de água ou reservatórios, a APP ciliar

proporciona a estabilização de suas margens e evita que o seu solo seja carregado para o leito dos cursos, funcionando como filtro ou como um “sistema tampão”. No controle hidrológico de uma bacia hidrográfica, as APP’s atuam como reguladoras do fluxo de água e, conseqüentemente, do lençol freático.

Segundo Oliveira-Filho et al. (1994), a devastação das matas ciliares tem contribuído para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d’água, além do comprometimento da fauna silvestre. Arcova e Cicco (1997) salientam que, nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores. Para Margalef (1983), os sistemas aquáticos são receptores das descargas resultantes das várias atividades humanas nas bacias hidrográficas.

No Brasil, embora a água seja considerada recurso abundante, existem áreas muito carentes a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem. Normalmente, a sua escassez é muito mais grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, o que provocou a deterioração das águas disponíveis, devido ao lançamento indiscriminado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes (MOITA; CUDO, 1991).

Figura 10 - Distribuição da oferta de serviços ecossistêmicos pela vegetação nativa com e sem nascentes na Bacia do Rio Formiga



Veg. nat. N-I= vegetação nativa sem nascente, estágio inicial; Veg. nat. N-M= vegetação nativa sem nascente, estágio médio; Veg. nat. N-A= vegetação nativa sem nascente, estágio avançado; Veg. nat. S-I= vegetação nativa com nascente, estágio inicial; Veg. nat. S-M= vegetação nativa com nascente, estágio médio; Veg. nat. S-A= vegetação nativa com nascente, estágio avançado; Reg. bio= regulação biológica; Pur.ag.= purificação da água; Reg. cli.= regulação climática local; Reg. nut.= regulação de nutrientes; Mat.ql.ar= manutenção da qualidade do ar; Pr. dis. amb.= prevenção a distúrbios ambientais; Cont.er.= controle de erosão; Pol.= polinização; Prot. sol.= proteção do solo; Cicl. nut.= ciclagem de nutrientes; Ref. e hab.= refúgio e habitat; Biod.= biodiversidade; Cons. gen.= conservação genética; Prod.al.= produção de alimentos; Prod. mad.= produção de madeira; Pr. fr. oubio.= produção de forragem ou biomassa; Of. ág.= oferta de água.

Fonte: A autora (2018).

Na análise de prestação de serviços ecossistêmicos na bacia do Rio Formiga, foram atribuídos pesos gradativos de acordo com estágio de regeneração dos fragmentos, em função da densidade vegetal que está diretamente relacionada à capacidade alta ou baixa em prestar os serviços.

Os fragmentos vegetacionais com nascentes dentro de seus limites são considerados Áreas de Preservação Permanente – APP. Quando são cobertas por vegetação, efetuam um papel primordial contra os agentes erosivos e atuam na redução da carga de sedimentos carregada para o curso d'água. Também influenciam de forma positiva para o aumento da infiltração das águas pluviais, assim como para recarregar os lençóis freáticos e aquíferos, por meio do sistema radicular da mata ciliar (a mata que margeia corpos hídricos).

A existência de vegetação, principalmente de florestas, nas áreas ribeirinhas ou ripárias oferece a provisão a diversas funções eco-hidrológicas, portanto, serão descritas a

seguir três importantes funções. Primeira função: essa vegetação proporciona um microclima adequado para a conservação do ambiente aquático, principalmente em riachos ou em corpos d'água de menores proporções, com diminuição da incidência de raios solares e aumento da estabilidade térmica do ambiente aquático. Além disso, a interação da vegetação com o corpo hídrico proporciona a entrada de materiais alóctones, essenciais para a conservação da cadeia alimentar e criação de habitats aquáticos (CASATTI, 2010; PAULA et al., 2013). Essas ações desempenhadas pela vegetação ripária são responsáveis por um aumento na estabilidade de diferentes parâmetros físico-químicos da água e diminuem o risco de eutrofização, assim favorecem a manutenção da qualidade da água e reduzem possíveis gastos com tratamento para abastecimento público (CASATTI, 2010; TUNDISI; TUNDISI, 2010; TUNDISI, 2014).

Segunda função: a vegetação ciliar também ocasiona uma maior estabilidade dos canais em função da proteção dos solos nas margens dos rios e diminui a possibilidade de assoreamento e formação de processos erosivos nas margens dos canais (NAIMAN; BILBY; BISSON, 2000). Além de aumentar a estabilidade do canal, a presença de vegetação ripária, associada à presença de vegetação em outras áreas da bacia, regula o fluxo superficial e subsuperficial de água, de forma a reduzir a variação do fluxo hídrico em função de eventos climáticos, com equilíbrio da vazão em épocas de seca e eventos de cheias (WALTER et al., 2000; LIMA et al., 2012). A função reguladora da região ripária é explicada por sua dinâmica de saturação do solo, o que a torna muito sensível à ocorrência de contaminação direta do corpo hídrico se manejada de forma inadequada em função das atividades agrícolas ou qualquer outro uso intensivo (WALTER et al, 2000).

Terceira função: a vegetação ripária pode funcionar como uma barreira para os nutrientes e contaminantes que são lixiviados das áreas mais altas da bacia em direção aos cursos d'água (FALKENMARK et al., 1999; ALLAN, 2004). No entanto, é importante ressaltar que, apesar de a vegetação ripária atuar na diminuição da entrada desse material nos corpos d'água, o uso de técnicas de conservação do solo em toda a bacia e a presença de florestas em áreas de intervalos são essenciais para tornar esse processo mais efetivo, de modo a diminuir, de forma mais eficiente, o aporte de poluentes aos rios e controlar os processos erosivos. Finalmente, a presença de florestas nas margens dos rios também atua na conservação da biodiversidade terrestre, pois essas áreas são como corredores ou áreas de habitat para diversas espécies de animais e plantas (METZGER; BERNACCI; GOLDENBERG, 1997; KEUROGHLIAN; EATON, 2008; MARTENSEN; PIMENTEL; METZGER, 2008; METZGER, 2010). A atuação dessas faixas de vegetação ripária em prover todas essas funções eco-hidrológicas depende de diversos fatores, dentre eles o estado

de preservação, que inclui o estágio de regeneração e o tipo de vegetação presente, assim como a largura da faixa preservada (SILVA et al., 2011).

A mata ciliar apresenta uma dinâmica autossustentável, pois é a própria vegetação que oferta ao solo a matéria orgânica que o compõe, conserva a umidade em níveis adequados para que a mata ciliar se mantenha, além de criar um microclima favorável ao abrigo de fauna e permitir a perpetuação e expansão da própria mata (JACOMINE, 2001).

A vegetação nativa, mesmo representada apenas por fragmentos em meio a paisagem produtiva que compõe a bacia do Rio Formiga, representa elemento fundamental para o desenvolvimento dos demais usos da terra na região. A perda de diversidade biológica, em função da grande fragmentação sobre os biomas do estado de Minas Gerais, está descrita quantitativamente nas listas da fauna e flora ameaçadas de extinção (LINS et al., 1997).

Um fragmento florestal é uma área composta por vegetação natural, que foi interrompida por ocupações de atividades antrópicas (estradas, povoados, culturas agrícolas, culturas florestais, pastagens, dentre outras) ou por barreiras naturais (montanhas, lagos, represas ou outras formações vegetais) capazes de reduzir significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes (VIANA, 1990).

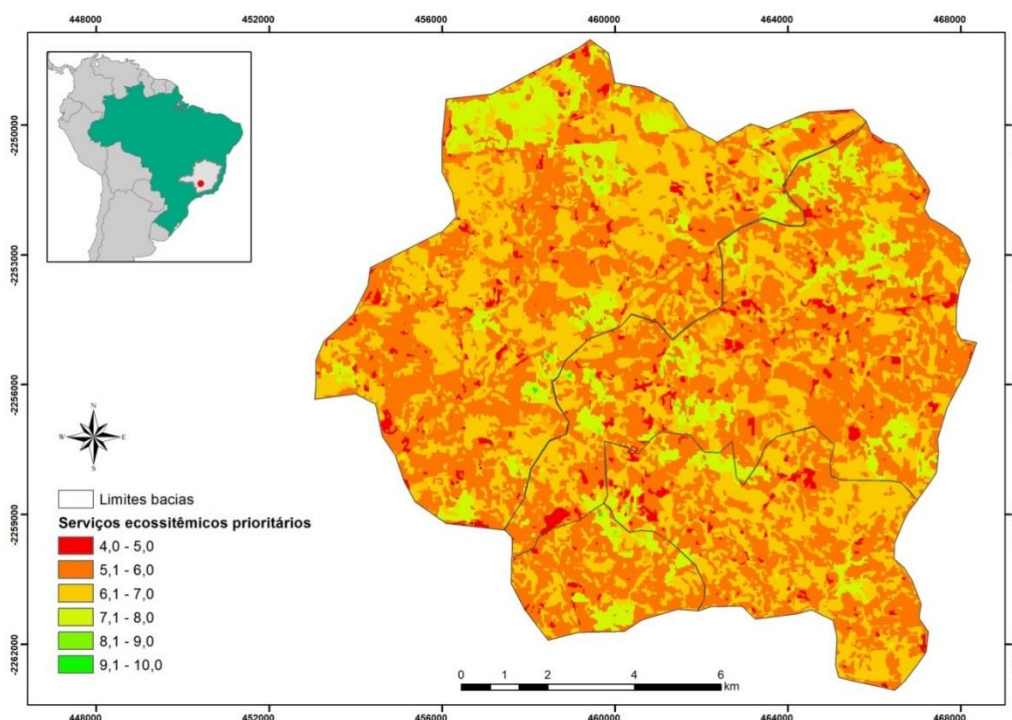
Os impactos ambientais decorrentes do uso antrópico desordenado da bacia causam a fragmentação da vegetação, que sofrem ações bióticas e abióticas. Entre as principais consequências da fragmentação provocada por ação abiótica em decorrência de modificações no ambiente estão as alterações no microclima, como na umidade do ar, temperatura e radiação solar, principalmente nas bordas dos fragmentos, que ficam mais expostos à radiação solar. Outra ação abiótica é o crescimento da possibilidade de formação de processos erosivos, assoreamento dos cursos d'água e redução gradativa do recurso água, em função da redução da capacidade de retenção de águas pluviais, aumento da velocidade de escoamento destas e, também, uma maior evapotranspiração e maior possibilidade de ocorrência de espécies invasoras. Dentre os problemas causados pela fragmentação de origem biótica estão: a perda da biodiversidade microbiológica do solo, da flora e da fauna, a perda da diversidade genética, a redução da densidade ou abundância e a alteração da estrutura da vegetação, dentre outros (ROCHA et al., 2004). Esses danos podem ocorrer para a espécie em particular ou para a comunidade de plantas, podem ainda provocar alterações significativas ou mesmo a eliminação das relações ecológicas originalmente existentes entre as espécies vegetais, os polinizadores e os dispersores (VIANA; TABANEZ; MARTINEZ, 1992; VIANA; TABANEZ, 1996; LUCAS et al., 1998; SAUNDERS et al., 1991).

Para evitar a degradação ambiental e a fragmentação das formações vegetais, a legislação tem sido aplicada de forma a contribuir muito com a preservação da vegetação, do solo e da água. Os principais resultados obtidos surgiram a partir de 1987, após as ações do manejo integrado em sub-bacias e, atualmente, o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e o Código Florestal Mineiro, Lei nº 20.922, de 17 de outubro de 2013, que tratam da proteção às florestas existentes nas nascentes de rios, contribuem ainda mais se aplicados de forma adequada.

4.5 Mapeamento de áreas prioritárias para conservação e recuperação dos serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos de polinização, regulação biológica, purificação da água, regulação de nutrientes, controle da erosão, proteção do solo, ciclagem de nutrientes e oferta de água foram selecionados como serviços prioritários para o desenvolvimento social, econômico e ambiental da bacia do Rio Formiga e, avaliados conjuntamente, apontam as áreas de maior necessidade de recuperação ou conservação dos serviços.

Figura 11 - Mapa de distribuição espacial dos serviços ecossistêmicos prioritários para desenvolvimento da bacia hidrográfica do Rio Formiga e suas respectivas capacidades de oferta



Fonte: A autora (2018).

Na sub-bacia do Morro das Pedras, podem-se observar grandes manchas isoladas de alta capacidade em prestação de serviços ecossistêmicos. Dentre os serviços prioritários, que se encontram nessas manchas, destaca-se o serviço de purificação da água, que obteve pesos altos em locais com vegetação nativa. Nessa sub-bacia, encontram-se muitas nascentes aglomeradas, o que também recebe pesos altos em capacidade de purificação da água. Os aglomerados de nascentes e vegetação nativa contribuíram para a obtenção desses pesos. Manchas de serviços sem nenhuma capacidade relevante foram identificadas como pontos pequenos e isolados. A predominância na sub-bacia de Morro das Pedras é de serviços com pesos entre 1 e 2, caracterizados pelas cores laranja e amarelo escuro.

Na sub-bacia de Morro Cavado, existem manchas isoladas de serviços ecossistêmicos com alta capacidade relevante, provavelmente em função da existência de vegetação nativa fragmentada, localizadas em pontos isolados, assim como ocorrem as nascentes, diferentemente das aglomerações de afloramentos que ocorrem na sub-bacia de Morro das Pedras. Foram identificadas maiores proporções de manchas sem nenhuma capacidade relevante (vermelho), quando comparadas com a sub-bacia de Morro das Pedras. A predominância é de áreas com baixa capacidade relevante (1) em prestação de serviços, seguida por áreas com capacidade relevante (2). Essa sub-bacia é reconhecida pelo potencial em produção de hortaliças e outros produtos agrícolas.

A sub-bacia de Barra Mansa apresenta poucas manchas com alta capacidade relevante limítrofes com a bacia de Morro Cavado. Existem poucas manchas vermelhas sem nenhuma capacidade relevante em prestação de serviços ecossistêmicos, mas em proporções consideráveis, se comparado ao reduzido tamanho da sub-bacia. A predominância é de serviços com capacidade relevante (2).

Duas grandes manchas de serviços com alta capacidade relevante foram identificadas na sub-bacia do Córrego do Fidélis, uma nos limites com as sub-bacias de Barra Mansa e Morro Cavado e outra na porção sul, no entanto, a predominância permanece a de serviços com pesos entre 1 e 2 em capacidades relevantes.

Em resumo, os serviços primordiais para a bacia se encontram com capacidade baixíssima e, para a perpetuação ao longo das próximas décadas, é necessário criar planos de ação que beneficiem e possam aumentar a capacidade de produção dos serviços ecossistêmicos prioritários (Tabela 5).

Tabela 5 - Serviços ecossistêmicos prioritários para a bacia do Rio Formiga e ações essenciais para aumentar suas ofertas

Serviços ecossistêmicos	Ações
Polinização	Redução do uso de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas. Incentivo e desenvolvimento de sistemas de cultura orgânica.
Regulação biológica	Redução no uso de defensivos agrícolas Implantação de programas de controle biológico.
Purificação da água	Cobertura vegetal em áreas com solo exposto. Preservação de áreas de vegetação nativa.
Regulação de nutrientes	Utilização de sistemas de rotação de culturas e de pastagens. Preservação e recuperação de áreas com vegetação nativa.
Controle da erosão	Cobertura vegetal em áreas com solo exposto. Implantação de sistemas de manejo de pastagens.
Proteção do solo	Recuperação de áreas com introdução de vegetação.
Ciclagem de nutrientes	Redução da compactação do solo, aumento aeração e infiltração, plantio de plantas para fixação de nitrogênio.
Oferta de água	Preservação de vegetação em estágio avançado. Implantação de barraginhas, curvas de nível e terraços.

Fonte: A autora (2018).

5 CONCLUSÃO

Este estudo buscou o mapeamento de serviços ecossistêmicos, diferenciando-se por ser realizado em uma paisagem produtiva, em escala específica de uma bacia, enfatizando a importância dos serviços locais e regionais para a manutenção da oferta de água e produção agrícola.

A metodologia proposta permitiu a identificação quali-quantitativa dos usos e ocupações da terra, associada à análise temporal, com isso, foi gerado o mapeamento dos serviços ecossistêmicos, que se tornou uma ferramenta fundamental para a definição de ações prioritárias, que antes foram consideradas difíceis de serem identificadas e localizadas dentro das sub-bacias.

A área em estudo compreende uma região em expansão, que apresentou declínio considerável ao longo de três décadas na prestação de serviços ecossistêmicos prioritários para a manutenção econômica, social e ambiental da bacia e do município, que é totalmente dependente da oferta dos serviços produzidos de forma direta e indireta.

Dessa forma, constata-se ser de suma importância desenvolver programas de recuperação e conservação da vegetação ciliar no entorno das nascentes e cursos d'água, além da implementação de medidas relacionadas ao ordenamento e planejamento do uso da terra, por meio de manejo efetivo da bacia hidrográfica, com o intuito de tornar eficaz a prestação dos serviços ecossistêmicos e, com isso, criar a sustentabilidade do ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D. Landscapes and rivers capes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p.257-84, 2004.
- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, **Irrigation and Drainage**, nº 56, 1998.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- ANDRADE, D. C., ROMEIRO, A.R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Texto para Discussão. IE/UNICAMP, n. 155, fev. 2009.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench, Cunha - SP. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v.9, n.2, p.153-170, 1997.
- BAGSTAD, K. J. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. **Ecosystem Services**, v. 5, p. 27-39, 2013.
- BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil biology and biochemistry**, v. 31, n. 11, p. 1471-1479, 1999.
- BARAL, H. et al. Spatial assessment of ecosystem goods and services in complex production landscapes: a case study from south-eastern Australia. **Ecological Complexity**, v. 13, p.35-45, 2013.
- BEZDICEK, D. F.; PAPENDICK, R. I.; LAL, R. Introdução: importância da qualidade do solo para a saúde e manejo sustentável da terra. **Métodos para avaliar a qualidade do solo, n. métodos forasses**, p. 1-8, 1996.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, 2012.
- BRASIL. **Resolução Conama nº 392**, de 25 de junho de 2007. Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais. Brasília, jun. 2007. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=537>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- BUCHMANN, S.L.; NABHAN, G.P. The Forgotten Pollinators. **Island Press**, Covello, CA, 1996.
- BUENO, A. H. P et al. **Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável**. Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 2015.

- BURKHARD, B. et al. Landscapes' capacities to provide ecosystem services: a concept for land-cover based assessments. **Landscape Online**, v. 15, p. 1-22, 2009.
- BURKHARD, B. et al. Mapping supply, demand and budgets of ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 21, p. 17-29, 2012.
- BURKHARD, B. et al. Mapping and modelling ecosystem services for science, policy and practice. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 1-3, 2013.
- BURKHARD, B.; PETROSILLO, I.; COSTANZA, R. Os serviços ecossistêmicos Bridging-ecologia economia e ciências sociais. **A Complexidade Ecológica**, v. 7, p. 257-259, 2010.
- CASATTI, L. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre aictio fauna. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 31-4, 2010.
- CASSOL, E. A. et al. Infiltração de água e perdas de água e solo por erosão influenciadas por diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa gaúcha. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas, v. 23, n. 4, p. 923-931, 1999.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil**: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998.
- CHAPMAN, D. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. **Water quality assessments**. 2. ed. New York: E&FN Spon, 1996.
- CHAZDON, R. L. et al. O potencial de conservação de espécies em florestas secundárias tropicais. **Conserv Biol**, classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services, v. 23, p. 1406-1417, 2009.
- COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 48, p. 368-373, 1984.
- CORK, S.; STONEHAM, G.; LOWE, K. **Ecosystem services and Australian natural resource management (NRM) futures**, Canberra, Australia, 2007.
- COSTANZA, R. et al. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. **Issues in Ecology**, Washington, DC, v. 1,n. 2, p. 1-18, 1997a.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, n. 6630,p. 253–260, 1997b.
- COWLING R. M.et al. An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, USA v. 105, p. 9483-9488, 2008.
- CROSSMAN, N. D. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 4-14, 2013.

DAILY, G. C. (Ed.). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, DC: **Island Press**, 1997.

DALY, H. E.; FARLEY, J. Ecological Economics: principles and applications. **Island Press**, Washington, DC, 2004.

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: a symposium overview. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 27, p. 251-257, 1998.

DE GROOT, R. S. et al. Desafios na integração do conceito de serviços de ecossistema e valores em paisagem de gestão de planejamento e tomada de decisão. **A Complexidade Ecológica**, v. 7, p. 260-272, 2010.

DE GROOT, R. S. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 75, p. 175-186, 2006.

DE GROOT, R.S., WILSON, M.A., BOUMANS, R.M.J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, p. 393-408, 2002.

DEBACH, P.; ROSEN, D. Biological control by natural enemies. **University Press**, Cambridge, 1991.

DRAKOU, E. G. et al. A visualization and data-sharing tool for ecosystem service maps: lessons learned, challenges and the way forward', **Ecosystem Services**, v. 13, p. 134-140, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: **Embrapa**, 2018. 212 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

FALKENMARK, M. et al. **Water, a reflection of land use**: options for counteracting land and water mismanagement. Stockholm, Sweden: Swedish Natural Science Research Council, 1999.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Global Forest Resources Assessment. **Relatório principal**. Roma, 2010.

_____. **Production yearbook**, v. 52, Roma, 1998.

FILGUEIRAS, T. S. et al. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, v. 12, p. 39-43, 1994.

FISHER, B.; TURNER, K. R.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 68, n. 3, p. 643-653, 2009.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337, 2011.

FREE, J. B. et al. **Insect pollination of crops**. Academic press, 1993.

FREITAS, C. M. de; PORTE, M. F. de S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 29, p. 503-514, 1995.

GARDNER, T. A. et al. Perspectivas para a biodiversidade das florestas tropicais em um mundo modificado. **Lett Plant Anal**, v. 12, p. 561-582, 2009.

GIAMBELLUCA, T. W. **Hydrology of altered tropical forest**. Hydrological processes, v. 16, n. 8, p. 1665-1669, 2002.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. (Org.). **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

GUERRA, M. P.; ROCHA, F. S.; NODARI, R. Onofre. Biodiversidade, recursos genéticos vegetais e segurança alimentar em um cenário de ameaças e mudanças. **Embrapa Cerrados-Livro Científico (ALICE)**, 2015.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. The links between biodiversity ecosystem services and human well-being. In: RAFFAELLI, D.; FRID, C. (Eds.). **Ecosystem Ecology: a new synthesis**. Cambridge University Press, Cambridge, p.110-139, 2010.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M.; KIENAST, F. Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs. **Ecological Indicators**, v. 21, p. 39-53, 2012.

HATCH, D.; KEITH, G.; MURPHY, D. Nitrogen. IN: HAYGARTH, P. M.; JARVIS, S. C. (Ed.). Agriculture, hydrology and water quality. Cambridge: **CAB International**, p. 19-21, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População Formiguense**, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/formiga/panorama>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS. Atlas dos Serviços Ambientais do Sistema Cantareira, 1. ed. - São Paulo: **Memnon Edições Científicas**: IPE - Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2017.

JACOMINE, P. K. T. Solos Sob Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; FILHO, H. F. L. **Matas ciliares conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Edusp/FAPESP, 2001.

- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N., eds., Soil Biol. **Biochem.**, v.5, p. 415-471, 1981.
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; SOUZA, L. M. I de. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.
- KAREIVA, P. et al., S. Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services. 1st edition, New York: **Oxford University Press**, 2011.
- KAY, P.; EDWARDS, A. C.; FOULGER, M. A review of the efficacy of contemporary agricultural stewardship measures for ameliorating water pollution problems of key concern to the UK water industry. **Agricultural Systems**, Essex, v. 99, p. 67-75, 2009.
- KEUROGHLIAN, A.; EATON, D. P. Importance of rare habitats and riparian zones in a tropical forest fragment: Preferential use by *Tayassupecari*, a wide-ranging frugivore. **Journal of Zoology**, v. 275, n. 3, p.283-93, 2008.
- KEVAN, P.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Pollinating bees**: the conservation link between agriculture and nature. Ministry of Environment (MMA), Brasília, DF. 313p., 2002.
- KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.**, v. 99, p. 16812-16816, 2002.
- KREMEN, C. et al. **The area requirements of an ecosystem service**: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology letters*, v. 7, n. 11, p. 1109-1119, 2004.
- LARSEN, T. H.; WILLIAMS, N. W.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology Letters**, v. 8, p. 538-547, 2005.
- LARSON, W. E.; GILL, W. E. Soil physical parameters for designing new tillage systems. In: CONSERVATION TILLAGE, 1973, Ankeny. Proceedings. Ankeny, **Soil Conservation Society of America**, p.13-22, 1973.
- LARSON, W. E. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 28:118-122, 1964.
- LEINWEBER, P.; TURNER, B. L.; MEISSNER, R. Phosphorus. In: HAYGARTH, P. M.; JARVIS, S. C. (Ed.). Agriculture, hydrology and water quality. Cambridge: CAB International, 2002.

LEWINSKI, S.; ZAREMSKI, K. Examples of object-oriented classification performed on high-resolution satellite images. **Miscellanea geographica**, v. 11, p. 349-358, 2004.

LIMA, W. de P. et al. Forest plantations and water consumption: a strategy for hydrosolidarity. **International Journal of Forestry Research**, New York, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2012/908465>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

LINS, L. V. et al. **Roteiro metodológico para elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção**: contendo a lista oficial de fauna ameaçada de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1997.

LUCAS, R.; et al. Composição florística, biomassa e estrutura de florestas tropicais em regeneração: uma avaliação por sensoriamento remoto. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (org.). **Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: IMPA, p. 61-83, 1998.

MA. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. **Island Press**, World Resources Institute, Washington, DC, 2005.

_____. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. **Island Press**, World Resources Institute, Washington, DC, 2003.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, n. 3, p. 2184-92, 2008.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report. **Island Press**, Washington, DC, 2005.

MELO, F. P. et al. Sobre a esperança para a biodiversidade-friendly paisagens tropicais. **Plant Anal Tendências Evol.**, p. 462-468, 2013.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v.8, n.1, p.92-99, 2010.

METZGER, J. P.; BERNACCI, L. C.; GOLDENBERG, R. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments with different widths (SE Brazil). **Plant Ecology**, v. 133, n. 2, p. 135-52, 1997.

MOITA, R.; CUDO, K. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. In: Reunião Técnica Sobre Qualidade da Água para Consumo Humano e Saúde no Brasil, 1991,

Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente, p.1-6, 1991.

MÜLLER, F. Indicating ecosystem and landscape organisation. **Ecological Indicators**, v. 5, p. 280-294, 2005.

MÜLLER, F.; BURKHARD, B. An ecosystem based framework to link landscape structures, functions and services. In: MANDER, Ü.; WIGGERING, H.; HELMING, K. (eds.): Multifunctional Land Use – Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services., **Springer**, Berlin – Heidelberg, New York, p. 37-64, 2007.

MURADIAN, R. et al. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010.

NAIMAN, R. J.; BILBY, R. E.; BISSON, P. A. Riparian ecology and management in the Pacific coastal rain forest. **Bio Science**, v. 50, n. 11, p. 996-1011, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 67-85, 1994.

OSBORNE, J. L.; WILLIAMS, I. H.; CORBET, S. A. Bees, pollination and habitat change in the European Community. **Bee World**, v. 72, p. 99-116, 1991.

PAGELLA, T. F.; SINCLAIR, F. L. Development and use of a typology of mapping tools to assess their fitness for supporting management of ecosystem service provision'. **Landscape Ecology**, v. 29, p. 383-399, 2014.

PALMER, R. **European cities and capitals of culture**: study prepared for the European commission. Palmer/Rae Associates, 2004.

PAN, Y. D. et al. A large and per-sistent carbon sink in the world's forests. **Science**, p. 988-993, 2011.

PARRON, L. M. et al. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. **Embrapa Florestas-Livro Científico (ALICE)**, 2015.

PAULA, F. R. et al. Influence of forest cover on in-stream large wood in an agricultural landscape of southeastern Brazil: a multi-scale analysis. **Landscape Ecology**, v. 28, n.1, p.13-27, 2013.

PEREIRA, H. M. et al. Cenários para a biodiversidade global no Século XXI. **Science**, v. 330, p. 1496-1501, 2010.

PERRINGS, C. Biodiversity, ecosystem services and climate: the economic problem. **The International Bank for Reconstruction and Development and The World Bank**, Washington, D, 2010.

- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, p. 57-109, 2003.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido amplo em 170 localidades do bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 7, p. 5-112, 2001.
- RAUZI, F.; HANSON, C. L. Water intake and runoff as affected by intensity of grazing. **J. Range Manag.**, v. 19, p. 51-356, 1966.
- RICKETTS, T.H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.
- ROCHA, L. F. B. et al. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, v. 10, n. 1, 2004.
- SANTOS, R. F.; VIVAN, J. L. **Pagamento por serviços ecossistêmicos em perspectiva comparada: recomendações para tomada de decisão**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 180 p. Diálogos Setoriais União Européia-Brasil, 2012.
- SANTOS-MARTÍN, F. et al. Unraveling the relationships between ecosystems and human wellbeing in Spain. **PLOS ONE**, v. 8, p. 73-249, 2013.
- SAUNDERS, D. A et al. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 5, n. 1, p. 18-34, 1991.
- SAYER, E. J.; TANNER, E. V. J; LACEY, A. L. Effects of litter manipulation on early-stage decomposition and meso-arthropod abundance in a tropical moist forest. **Forest ecology and management**, v. 229, n. 1-3, p. 285-293, 2006.
- SCUDELLER, V. **Análise fitogeográfica da Mata Atlântica – Brasil**. Tese (doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 2002.
- SELLERS, W. Potential evapotranspiration in arid regions. **Journal of Climate**, v. 3, p. 98-105, 1963.
- SILVA, J. A. A. et al. O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; **Academia Brasileira de Ciências**, ABC, 2011.
- SIMÕES, M. S.; ANDRADE, D. C. Limitações da abordagem coaseana à definição do instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, DF, v. 4, n. 1, p. 59-78, jan./jun. 2013.
- SKORUPA, L. A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa, 2003.
- SUBBA REDDI, C.; REDDI, E.U.B. Pollination biology: the past and the present. *Indian Journal of Botany*, v. 7, p. 141-149. IN: SUBBA REDDI, C.; REDDI, E.U.B.

Bee-flower interactions and pollination potential. Proceedings of the Indian Academy of Sciences, **Animal Sciences**, v. 93, p.373-390, 1984.

TANNER, C. B.; MAMARIL, C. P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agron. J.**, v. 51, p. 329-331, 1959.

TEEB. **The economics of ecosystems and biodiversity**: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB, 2010.

TUNDISI, J. G. (Ed.) **Recursos hídricos no Brasil**: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.67-75, 2010.

TURNER, R. K.; DAILY, G. C. The Ecosystem Services Framework and Natural Capital Conservation. **Environmental and Resources Economics**, v.39, p. 25-35, 2008.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A. J. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: SCHELHAS, J.; GREENBERG, R. (Ed.). **Forest patches, tropical landscapes**. Washington, D.C.: Island Press, p. 151-167, 1996.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A.; MARTINEZ, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 86-94, 1992.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, p. 113-118, 1990.

WALTER, M. T. et al. Hydrologically sensitive areas: Variable source area hydrology implications for water quality risk assessment. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.55, n.3, p.277-84, 2000.

WALTER, B. M. T.; GUARINO, E. D. S. G. Comparação do método de parcelas com o "levantamento rápido" para amostragem da vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia** - Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

WESTERN, D. Human-modified ecosystems and future evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 98, p. 5458-5465, 2001.

WOOD, D.; FELLS, J.; KRYGIER, J. Rethinking the power of maps. **Guilford Pubn**, 2010.