

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**RODRIGO CÉSAR PEREIRA NICOLAU**

**IMPLICAÇÕES LEGAIS DA CONFIGURAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO SÃO TOMÉ  
FRENTE AO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO**

Alfenas / MG  
2017

**RODRIGO CÉSAR PEREIRA NICOLAU**

**IMPLICAÇÕES LEGAIS DA CONFIGURAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO SÃO TOMÉ  
FRENTE AO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas – MG. Área de concentração: Tecnologia ambiental.  
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Polo  
Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato

Alfenas / MG  
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central – Campus Sede

N639i Nicolau, Rodrigo César Pereira.  
Implicações legais da configuração da Sub-bacia do Rio São Tomé frente  
ao novo código florestal brasileiro / Rodrigo César Pereira Nicolau. –  
Alfenas-MG, 2018.  
42 f. : il. –

Orientador: Marcelo Polo.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal  
de Alfenas, 2018.  
Bibliografia.

1. Áreas protegidas. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Landsat (Satelites).  
4. Áreas de conservação de recursos naturais. I. Polo, Marcelo. II. Título.

CDD–344.046



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG  
Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000  
Fone: (35) 3701-9685 (Coordenação) / (35) 3701-9262 (Secretaria)  
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



**RODRIGO CÉSAR PEREIRA NICOLAU**

**“Implicações legais da configuração da Sub-bacia do Rio São Tomé frente ao novo Código Florestal Brasileiro”**

A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 25 de outubro de 2017.

Prof. Dr. Marcelo Polo

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

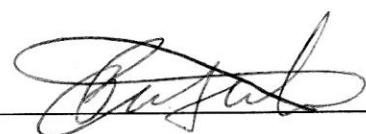
Prof. Dr. Walbert Junior Reis dos Santos

Instituição: IFSULDEMINAS

Assinatura: 

Prof. Dr. Romero Francisco Vieira Carneiro

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

*Dedico a Douglas Adams, à minha  
namorada, à família e a todos os amigos  
que de alguma maneira estranha me  
ajudaram a concluir meu mestrado.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a meus pais Inês e Reginaldo, que possibilitaram através de muita educação e trabalho que eu pudesse estudar e ser quem sou hoje.

A minhas irmãs Alessandra e Marissandra, que sempre estiveram ao meu lado em todas as minhas decisões, até naquelas mais estúpidas.

A minha namorada Maria Cecília pelo apoio, paciência e muito amor em todos os momentos difíceis, mas principalmente nos momentos felizes. Te amo!

Aos meus amigos mais próximos Lucas, William, Raul, Fabinho, Porva, Igor, Smallville por todas as horas compartilhadas. Saibam que vocês foram essenciais para a conclusão deste mestrado.

Aos meus amigos/colegas de laboratório Augusto, Natanael, André, Henrique, Gustavo e Lucas pelas inúmeras ajudas fornecidas e aprendizados compartilhados, não poderia estar mais bem acompanhado.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Marcelo Polo por ter me aceitado como orientando, pela ajuda, conversas e paciência.

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato, por todo apoio dado, mesmo antes do meu ingresso no mestrado, pela paciência, sabedoria transmitida e por todo o esforço e confiança depositados em mim.

E a Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, pela oportunidade em adquirir e aprimorar meus conhecimentos nesses dois anos de estudo. Estendo também este agradecimento às pessoas da secretaria do programa, que sempre me atenderam com muita cordialidade.

## RESUMO

Em 2012 foi aprovado o novo código florestal brasileiro, no qual as áreas de reserva legal incluem as áreas de preservação permanente e são definidas áreas de uso consolidado. Diante deste novo cenário legal, os objetivos da pesquisa compreenderam avaliar a evolução temporal do uso e ocupação do solo no interior das áreas de proteção ambiental, nos anos de 2008, 2013 e 2016 da sub-bacia hidrográfica do Rio São Tomé, no sul de Minas Gerais, e verificar a situação legal da área frente à nova legislação florestal e os serviços ecossistêmicos prestados, considerando-se que as matas e florestas prestam serviços ecossistêmicos essenciais à Sociedade. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 e 8 e as folhas topográficas dos Municípios de Alfenas, Areado, Campestre e Machado. A partir das imagens foram mapeados os usos e ocupações do solo a partir do ArcGIS 10.1 via classificador automático, para as datas selecionadas e produzidos mapas de áreas de preservação permanente. Em seguida os mapas foram cruzados para identificar os usos ilegais de áreas de proteção ambiental conforme previsto pela atual legislação, assim como o uso as áreas de uso consolidado, que são áreas pré-existentes a 22 de julho de 2008, que não necessitam ser regularizadas de acordo com o código de 2012. Assim, foram identificadas as áreas com uso ilegal e que devem ser recuperadas. Foi identificado que no ano de 2016, 55,66% das Áreas de Preservação Permanente continha uso ilegal de acordo com o código florestal, entretanto se considerarmos o uso consolidado, 97,74% da sub-bacia estaria dentro do previsto pelo código. Essa diferença aponta para uma permissibilidade da lei, o que indica uma potencial diminuição dos serviços ecossistêmicos prestados na sub-bacia.

**Palavras-chave:** Reserva Legal. Sensoriamento Remoto. Landsat. Áreas de Proteção Permanente.

## ABSTRACT

In 2012, the new Brazilian forest code was approved, in which the legal reserve areas include permanent preservation areas and areas of consolidated use are defined. In view of this new legal scenario, the objectives of the research were to evaluate the temporal evolution of land use and occupation within the environmental protection areas, in the years 2008, 2013 and 2016 of the sub-basin of the São Tomé River in the south of Minas Gerais, and verify the legal status of the area in relation to new forest legislation and ecosystem services provided, considering that forests and forests provide ecosystem services essential to the Society. For that, Landsat 5 and 8 satellite images and the topographic leaves of the Municipalities of Alfenas, Areado, Campestre and Machado were used. From the images were mapped the uses and occupations of the soil from ArcGIS 10.1 via automatic sorter, for the selected dates and produced maps of areas of permanent preservation. The maps were then cross-checked to identify the illegal uses of environmental protection areas as provided by current legislation, as well as the use of areas of consolidated use, which are pre-existing areas on July 22, 2008, which do not need to be regularized according to the 2012 code. Thus, areas with illegal use have been identified and should be recovered. It was identified that in the year 2016, 55.66% of the Permanent Preservation Areas contained illegal use according to the forest code, however if we consider the consolidated use, 97.74% of the sub-basin would be within the scope of the code. This difference points to a permissibility of the law, which indicates a potential decrease in the ecosystem services provided in the sub-basin.

**Key words:** Legal Reserve. Remote Sensing. Landsat. Permanent Protection Areas.



## LISTA DE FIGURAS

### Parte 1

---

**Figura 1** – Comportamento espectral da vegetação.....20

**Figura 2** – Intensidade de fluxo de REM.....21

**Figura 3** – Buffer ao redor de ponto, e linha e polígono.....23

### Parte 2

---

**Figura 1** – Localização da Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé, sul de Minas Gerais.....33

**Figura 2** – Mapas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio São Tomé, nos municípios de Alfenas, Machado e Serrania, Minas Gerais, Brasil.....35

**Figura 3** – Uso e ocupação do solo em hectares na sub-bacia do Rio São Tomé.....36

**Figura 4** – Mapas de conflito na sub-bacia do Rio São Tomé.....37

**Figura 5** – Porcentagem de uso nas áreas de preservação permanente (APP) na sub-bacia do Rio São Tomé localizado nos municípios de Alfenas, Machado e Serrania, Minas Gerais, Brasil.....37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características do satélite Landsat 5 TM.....	18
<b>Tabela 2</b> – Características do satélite Landsat 8 OLI e TIRS.....	18

## SUMÁRIO

### Parte 1

---

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	13
2.1	CÓDIGO FLORESTAL.....	13
2.1.1	Áreas de Preservação Permanente (APP).....	14
2.1.2	Reserva Legal (RL).....	15
2.1.3	PRA - Programa de Regularização Ambiental.....	16
2.2	SENSORIAMENTO REMOTO.....	16
2.2.1	Satélites Landsat.....	16
2.2.2	Comportamento Espectral da Vegetação.....	18
2.2.3	Processamento de Digital de Imagens.....	19
2.2.4	Classificação de imagens.....	20
2.2.5	Tabulação cruzada.....	21
2.2.6	Cálculo de Distancia (Buffer).....	21
2.3	ECOSSISTEMAS, FUNÇÕES E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS.....	22
2.3.1	Serviços ecossistêmicos e a agricultura.....	24
2.4	FRAGMENTOS FLORESTAIS.....	25
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26

### Parte 2

---

	<b>RESUMO</b> .....	30
	<b>ABSTRACT</b> .....	30
	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	31
	<b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....	32
	<b>RESULTADOS E DISCUÇÕES</b> .....	34
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	38
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40

### Parte 3

---

	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	42
--	-----------------------------------	----

## Parte 1

---

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo a avaliação ecossistêmica do milênio, nos últimos 50 anos do milênio passado, o homem modificou os ecossistemas mais rápida e extensivamente que em qualquer intervalo de tempo equivalente na história da humanidade, acarretando diversas mudanças nos biosistemas (REID et al., 2005). A fim de que haja uma regulação dos ecossistemas e serviços prestados pelos mesmos, desde 1934 existe no Brasil o código florestal, posteriormente revogado em 1965 e substituído por um novo código no ano de 2012.

Em 2012, o Congresso Nacional do Brasil aprovou o novo código florestal (Lei Nº 12.651/12) (BRASIL, 2012), em substituição ao de 1965 (Lei 4.771/65) (BRASIL, 1965), que tinha sofrido diversas alterações por medidas provisórias, como em 1989, onde foram definidas as regras de preservação das matas ripárias de acordo com a largura dos rios. O código florestal é o principal instrumento legal de proteção e de recuperação da flora e fauna nativas. Pois, regula e protege a vegetação nativa (VN) em propriedades públicas e privadas, ou seja, equilibra tanto os interesses de produção agropecuária como os de preservação ambiental (SPAROVEK et al., 2011).

O código define as áreas de preservação permanente (APP) e as reservas legais (RL), criadas para a preservação dos recursos hídricos e de suas áreas de recarga, pelas matas ciliares, assim como áreas prioritárias para conservação e preservação da diversidade ecológica. Para fins de fiscalização foi criado o cadastro ambiental rural (CAR), obrigatório para todos os imóveis rurais, e visa integrar os conjuntos de dados ambientais das propriedades, para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012). Mesmo assim, a efetividade do Estado em fiscalizar estas áreas ainda é aquém das necessidades. Na prática, uma grande quantidade de vegetação natural poderá ficar sem proteção, até que o órgão fiscalizador identifique estas áreas e tome as providências prevista em lei (SPAROVEK et al., 2011).

Os órgãos fiscalizadores enfrentam problemas operacionais para fazerem valer as normas instituídas pelo código, devido à falta de infraestrutura e as dimensões continentais do país. Entretanto, as geotecnologias surgem como instrumentos essenciais de amparo à análise e apoio às decisões políticas de fiscalização. A utilização de imagens de satélite, fotografias aéreas, radar, entre outras, é uma alternativa que permite mapear o uso e ocupação do solo de maneira rápida, simples e eficaz, devido à variação de escalas e de diferentes formas de analisar os alvos, além do baixo custo relativo das análises. Atualmente, há vários satélites com diferentes níveis de resolução temporal e espacial, que possibilitam o mapeamento e o monitoramento de áreas que sofrem rápidas alterações. A NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço – sigla em inglês) lançou em 1972 o

primeiro satélite Landsat, como parte do seu programa de levantamento de recursos terrestres. Até hoje foram lançados ao todo 8 satélites e o último Landsat 8 é o único em operação atualmente. Apesar da baixa resolução espacial (30 metros) a utilização das imagens provindas dos Landsat é viável, pois as mesmas são disponibilizadas gratuitamente e com todas as bandas de forma individual. Assim, a utilização de informações provindas da interpretação de imagens é potencializada ainda pela integração de informações de fontes distintas por de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

A preservação dos ecossistemas é de suma importância, pois afeta os serviços ecossistêmicos ou ambientais. Tais serviços são os benefícios que a população obtém dos ecossistemas, que podem ser de provisão de alimentos, água, material genético, etc., regulação, ou seja, por exemplo, manutenção da qualidade do ar, controle de erosão, purificação da água, etc., culturais, como enriquecimento espiritual, lazer, ecoturismo, etc. E de suporte, tais como, formação e manutenção da fertilidade do solo, produção de oxigênio, produção primária, diversidade biológica. Este tema promove uma mudança no paradigma sobre para onde deve caminhar o manejo dos recursos naturais, assim como auxilia na tomada de decisões a respeito da gestão dos recursos naturais e da formulação de políticas para o bem-estar da sociedade. (PARRON et al., 2015).

A sub-bacia hidrográfica do rio São Tomé, esta localizada no sul do estado de Minas Gerais, nos municípios de Alfenas, Machado e Serrania. Possui quase 33 mil hectares de uso diversificado como mata nativa, café, cana-de-açúcar e pecuária. A vegetação é composta por floresta estacional semidecidual ombrófila mista e cerrado, ou seja, uma área de mata atlântica em transição com o cerrado. A sub-bacia exemplifica a constituição das demais sub-bacias e bacias da região, tem produção agrícola e agropecuária de grande importância, e o rio São Tomé desemboca no reservatório de Furnas, auxiliando a produção de energia elétrica.

O objetivo deste estudo é a avaliação da evolução temporal, de 2008 a 2016, do uso e ocupação no solo e dos conflitos de uso em APP e RL na Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé, nos Municípios de Alfenas, Machado e Serrania, região Sul de Minas Gerais, e os impactos na prestação dos serviços ecossistêmicos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O CÓDIGO FLORESTAL

O primeiro Código Florestal Brasileiro foi de 23 de janeiro de 1934 (BRASIL,1934) e foi revogado pela Lei Nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965). Porém, a última reforma do Código Florestal gerou polêmicas entre ruralistas e ambientalistas. Em maio de 2012, a ex-presidente Dilma Vana Rousseff vetou 12 artigos e alterou outros 32. O atual Código Florestal entrou em vigor em 17 de outubro de 2012, a partir da promulgação da Lei n.º 12.727, que converteu a Medida Provisória n.º 571, de 25 de maio de 2012, e alterou a Lei n.º12.651, de 25 de maio de 2012 e dos dispositivos normativos correlatos (BRASIL, 2012).

As principais mudanças no código florestal brasileiro de 2012 em relação ao código anterior foram as Reservas Legais (RL) na Amazônia em áreas de florestas 80%, áreas de cerrado 35%, nas demais regiões e biomas do país as RL são de 20%. No código de 1965 as áreas eram de 50% para a região Norte e Norte da região Centro-Oeste, e 20% para as demais regiões. Alterou-se também, o cálculo de RL, que passou a incluir as Áreas de Preservação Permanente (APP), desde que esteja preservada ou em recomposição e não implique mais em desmatamento. Entretanto, Silva et al. (2012) acreditaram que essa soma pode ser ruim em termos biológicos, pois estas áreas possuem funções ambientais e características biológicas distintas, ou seja, elas desempenham papéis complementares de conservação e biodiversidade.

Em APP o parâmetro para vegetação nativa em margens de rios, lagos e nascentes é o nível regular da água, a partir da borda. No código anterior o parâmetro era o nível mais alto em faixa marginal. Permite ainda que várzeas, mangues e matas de encostas, topos de morro e áreas com altitude superior a 1.800 metros possam ser utilizadas para determinadas atividades econômicas agrossilvopastoris. As áreas de planície pantaneiras passam a ser área de “uso restrito”, aberta somente a atividades econômicas específicas. Outro ponto é a permissibilidade da supressão de vegetação em APP em atividades consolidadas até julho de 2008, desde que por utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental, incluindo atividades agrossilvopastoris. Outras atividades em APP poderão ser permitidas pelos estados, por meio de Programas de Regularização Ambiental (PRA), se não estiverem em áreas de risco. Assim como é também permitida a supressão da vegetação nativa em nascentes, dunas e restingas em casos de utilidade pública.

O código atual estabelece o conceito de áreas consolidadas, sendo essa o imóvel rural com ocupação preexistente até 22 de julho de 2008, sendo que imóveis de até 4 módulos fiscais não

precisam obrigatoriamente recompor a vegetação nativa. Quem desmatou antes da reserva legal ter o percentual aumentado, ou seja, a partir de 2000, fica isento de recompor além do exigido na época.

No que diz respeito as punições, o novo código isenta os proprietários das multas e demais sanções previstas na lei em vigor por utilização irregular de áreas protegidas, até 22 de julho de 2008. Bem como, o produtor que se inscrever no cadastro ambiental rural (CAR) e aderir ao programa de regularização fundiária terá suspensas sanções administrativas (ALTAFIN, 2011).

Módulo fiscal é uma unidade de medida expressa em hectares. Ele varia de tamanho para cada município. Essa variação se dá por diversos fatores, como: condições de produção do município, infraestrutura instalada, solo, água. Como regra geral, é adotado o critério de que quanto maior a disponibilidade dessas condições, menor será o módulo em hectares, pois menor será a área necessária para a rentabilidade da atividade desenvolvida. O módulo fiscal varia de 5 a 110 ha (EMBRAPA, 2012).

Minas Gerais possui 853 municípios. Em alguns deles o módulo fiscal é de 70 ha, no noroeste do estado. Os Municípios de Alfenas, Machado e Serrania o módulo fiscal tem 26 ha (INCRA, 2016). As propriedades rurais são definidas como: Minifúndio com 1 módulo; pequena propriedade com 2 a 4 módulos; média propriedade com 4 a 15 módulos e grande propriedade com 15 ou mais módulos. As propriedades na sub-bacia do rio São Tomé tem em média 20 a 25 ha. Assim, são propriedades de até quatro módulos fiscais.

### **2.1.1 Áreas de Preservação Permanente (APP)**

O Art. 4º do código florestal define APP como uma área coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Em relação à vegetação nativa obrigatória nas margens de rios e outros cursos d'água não houve alterações, com exceção dos lagos e lagoas que agora passar a ter uma largura definida, que o código anterior não estipulava. Os limiars são:

- a) 30 m para matas ciliares em rios de até 10 m de largura;
- b) 50 m nas margens de rios entre 10 e 50 m de largura, e ao redor de nascentes de qualquer dimensão;
- c) 100 m nas margens de rios entre 50 e 200m de largura;

- d) 200 m para rios entre 200 e 600m de largura;
- f) 500 m nas margens de rios com largura superior a 600m;
- g) 100 m nas bordas de chapadas;
- h) 100 m para lagos em zonas rurais, com exceção daqueles com menos de 20 ha, que devem ter 50 m. E 30 m em zonas urbanas.

Dentre as APP, as de áreas de topos de morros possuem uma definição muito completa, apesar de ser um tanto complexa, devido à terminologia técnica da geomorfologia. O código define como topo de morros, montes, montanhas e serras, que tenham altura mínima de 100 m e que possuam uma inclinação média maior que 25°. As áreas que forem delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação, sempre em relação à base, sendo esta definida pela planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (BRASIL, 2012). A interpretação é bastante difícil em regiões de terreno heterogêneo, pois o código define a base somente para terrenos distintos, planícies ou relevos ondulados.

Em relação as APP para áreas de encostas, ela manteve o estipulado pelo código antigo, ou seja, áreas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

### **2.1.2 Reserva Legal**

Reserva Legal (RL) é uma área fixada no interior de uma propriedade rural, com a função de garantir o uso econômico de maneira sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e gerar a conservação da biodiversidade, bem como abrigo e a proteção da fauna e flora nativa (BRASIL, 2012). Estas áreas são definidas pelo Art. 12 do código florestal brasileiro.

As áreas de RL são importantes, pois garantem uma cobertura vegetal mínima e assim a conservação da biodiversidade, por meio de corredores ecológicos e a manutenção de habitats para a fauna e a flora (OLIVEIRA; WOLSKI, 2012). Assim, segundo o código, todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa. Área esta que auxilia na formação de corredores ecológicos e na conservação dos recursos naturais (LAUDARES, 2014).

Antes da aprovação do código florestal de 2012, as áreas de RL deveriam ser averbadas em cartório, com as novas regras, o proprietário fica isento da averbação, mas passa a ser obrigado a aderir ao Cadastro Ambiental Rural (CAR).



No que diz respeito à recomposição da RL, o código estipula um prazo de 20 anos, sendo que o plantio devera ser feito, no mínimo, em 1/10 da área total necessária à sua complementação a cada dois anos (BRASIL, 2012). Permitindo o uso de espécies exóticas na restauração em 50% da RL.

### **2.1.3 Programa de Regularização Ambiental**

O Programa de Regularização Ambiental (PRA), segundo o Art. 9º do Decreto N° 7.830/12, é o conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e posseiros rurais para adequar e promover a regularização ambiental. Estas ações partem de 4 instrumentos: o Cadastro Ambiental Rural (CAR); o Termo de Compromisso; o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas e as Cotas de Reserva Ambiental (CRA).

As CRA são títulos nominais representativos de áreas com cobertura vegetal que são utilizados para compensar a falta de RL em uma outra propriedade, ou seja, um proprietário pode sanar o seu déficit arrendando ou comprando áreas nativas daqueles que tem uma reserva maior do que a prevista em lei. Funcionando com uma renda extra para quem arrenda ou vende e um auxílio para aquelas que precisam regularizar suas propriedades, contribuindo para a recuperação e conservação do meio ambiente, atribuindo valor econômico às áreas de vegetação nativa nas propriedades (LAUDARES, 2014).

## **2.2 SENSORIAMENTO REMOTO**

O Sensoriamento Remoto (SR) é um método de coleta automática de dados para o levantamento e a monitoração dos recursos terrestres (MENESES et al., 1991).

O SR é a “interação entre a radiação eletromagnética (REM) e os diferentes objetos de estudo”. Portanto, estes “objetos” tem comportamento espectral variável de acordo com suas características (PONZONI, 2002). Assim, imagens multiespectrais registradas pelos sensores dos satélites operam em diversas faixas do espectro eletromagnético, do visível (VIS), passando pelo infravermelho próximo (NIR), médio (MWIR) e pelo comprimento de onda curto (SWIR) até o infravermelho termal (TIR) e o micro-ondas (CRÓSTA, 2002).

### **2.2.1 Satélites Landsat**

A Agência Espacial Americana (NASA) lançou em 1972 o primeiro satélite de imageamento

terrestre multiespectral denominado de EARTH-1, renomeado de Landsat, para observação dos recursos naturais terrestres. Já foram lançados 8 satélites Landsat, de 1972 a 2013. Destes, 2 estão ativos o Landsat 7 e o 8, sendo que o 7 começou a apresentar falhas no imageamento em 31/05/2003, por problemas de sincronismo do scanner. O Landsat 5, de 1984 ficou ativo até 2011.

O Landsat 5 possui os sensores MSS (Multispectral Scanner System) e TM (Thematic Mapper). O TM possuiu 8 bandas: azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio, infravermelho termal, infravermelho médio-longo e pancromática. Por fim, o Landsat 8 possui dois sensores a bordo, OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor). O OLI com 9 bandas: costal, azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio, infravermelho médio longo, pancromático e cirrus. O TIRS, por sua vez, possui 2 bandas: LWIR – 1 e LWIR – 2 (Long-Wave Infrared), estas bandas são correspondentes a banda termal do sensor TM.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as características dos satélites Landsat 5 e 8:

Tabela 1: Características do satélite Landsat 5 TM.

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Intervalo (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Resolução espacial (m)</b>	<b>Resolução radiométrica (bits)</b>	<b>Resolução temporal (dias)</b>
(B1) Azul	(0,45 - 0,52)	30	8	16
(B2) Verde	(0,52 - 0,60)	30	8	16
(B3) Vermelho	(0,63 - 0,69)	30	8	16
(B4) Infravermelho Próximo	(0,76 - 0,90)	30	8	16
(B5) Infravermelho Médio	(1,55 - 1,75)	30	8	16
(B6) Infravermelho Termal	(10,4 - 12,5)	120	8	16
(B7) Infravermelho Médio Longo	(2,08 - 2,35)	30	8	16

Fonte: EMBRAPA (2016)

Tabela 2: Características do satélite Landsat 8 OLI e TIRS.

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Intervalo (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Resolução espacial (m)</b>	<b>Resolução radiométrica (bits)</b>	<b>Resolução temporal (dias)</b>
(B1) Costal	(0,433 - 0,453)	30	16	16
(B2) Azul	(0,450 - 0,515)	30	16	16
(B3) Verde	(0,525 - 0,600)	30	16	16
(B4) Vermelho	(0,630 - 0,680)	30	16	16
(B5) Infravermelho Próximo	(0,845 - 0,885)	30	16	16
(B6) Infravermelho Médio	(1,560 - 1,660)	30	16	16
(B7) Infravermelho Médio Longo	(2,100 - 2,300)	30	16	16
(B8) Pancromático	(0,500 - 0,680)	15	16	16
(B9) Cirrus	(1,360 - 1,390)	30	16	16
(B10) LWIR – 1	(10,30 - 11,30)	100	16	16
(B11) LWIR - 2	(11,50 - 12,50)	100	16	16

Fonte: EMBRAPA (2016)

### 2.2.2 Comportamento Espectral da Vegetação

O comportamento espectral depende primeiramente das características físico-químicas do objeto. No que se refere ao sensor remoto, o comportamento depende de três fatores: 1) do número de bandas que o sensor possui; 2) da largura em comprimento de onda das bandas e 3) posições das bandas no espectro eletromagnético. Para Meneses et al. (1991), um sensor tem melhor resolução espectral se possuir um maior número de bandas em diferentes regiões espectrais e com faixas estreitas de comprimentos de onda. Isto, devido à diferença na reflectância dos alvos de acordo com a composição em determinados comprimentos de onda.

Para caracterização do comportamento espectral de um alvo é necessário converter os números digitais (ND) da imagem em valores dos parâmetros físicos Reflectância e Radiância. Os valores de ND não são os mesmos, de banda para banda, até para um mesmo sensor. Assim, para conversão dos ND para os valores físicos é necessário considerar as características do sensor gerador das imagens e as condições ambientais em que foram geradas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

A vegetação apresenta comportamento diferente em cada faixa do espectro eletromagnético, ou seja, a radiação eletromagnética, proveniente do sol, interage com os pigmentos, água e espaços intercelulares das plantas em cada faixa do espectro (JENSEN, 2009). Assim, é necessário conhecer além da "assinatura espectral", os fatores que influenciam a reflectância e a absorção da energia. Isto é fundamental para a interpretação dos diferentes tipos de cobertura vegetal registradas nas imagens multiespectrais e a produção de mapas temáticos de uso e ocupação do solo. A folha da planta pode ser considerada um meio pelo qual a REM trafega. Assim, dependendo do comprimento da onda, alguns fatores fisiológicos exercem influência na interação. A medida de reflectância é afetada por diversos fatores, como: condições atmosféricas, características das parcelas do solo, índice de área foliar, estado fenológico, biomassa, umidade do solo, orientação das linhas de plantio (FIGUEIREDO, 2005; JENSEN, 2009).

A Figura 1 ilustra o comportamento espectral da vegetação e os principais fatores que controlam a assinatura espectral.

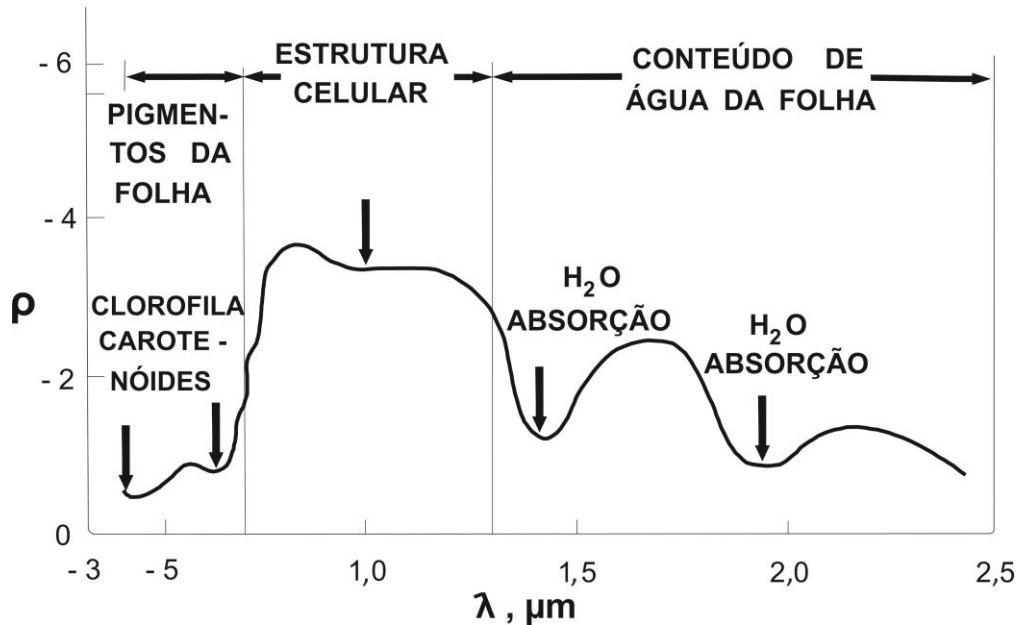


Figura 1 - Comportamento espectral da vegetação. Onde  $\rho$  é a reflectância absoluta e  $\lambda$  é comprimento de onda apresentado em  $\mu\text{m}$ .

Fonte: Adaptada de Novo (1989).

A vegetação apresenta baixa reflectância no visível em função da atividade fotossintética que absorve grande quantidade de energia pelos pigmentos foliares, especialmente clorofila, carotenos e xantofilas. A radiação interage com a estrutura da folha por absorção e espalhamento. A energia é absorvida pela clorofila e convertida em calor ou fluorescência. No infravermelho próximo é alta a reflectância da energia, resultante da interação da REM com a estrutura foliar interna (mesofilo), quanto mais lacunosa for a estrutura, maior será o espalhamento e, conseqüentemente, maiores os valores de reflectância. No infravermelho médio ocorre novamente uma redução da reflectância devido à absorção da energia por parte do conteúdo de água foliar (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009; FIGUEIREDO, 2005).

Por fim as diferentes características de reflectância e absorção dos dosséis, podem ser associadas a outros dados de sensoriamento remoto para auxiliar na identificação de estresse, produtividade, entre outras variáveis da vegetação (JENSEN, 2009).

### 2.2.3 Processamento Digital de Imagens

Nas técnicas de processamento de imagens multiespectrais é comum trabalhar com composições coloridas em cor real e em falsa-cor. As imagens coloridas são construídas sobrepondo três imagens, normalmente obtidas em canais diferentes, com filtros coloridos RGB (*Red, Green e Blue*).

Com o computador pessoal ficou mais simples a extração de informações contidas nas imagens, a partir de uma série de procedimentos que acabaram ficando padrões ao SR.

O conhecimento do comportamento espectral da vegetação permite extrair várias informações das imagens e definir outras aplicações, como determinar a variação da biomassa, o vigor da vegetação, o monitoramento de incêndios florestais, bem como produzir mapas de uso do solo, separando os diferentes tipos de vegetação com grande exatidão.

A Figura 2 ilustra a diminuição da intensidade da REM devido a vários elementos contidos na atmosfera (PONZONI et al., 2007). Portanto, é necessário corrigir as interferências causadas pela atmosfera. Existem diversos métodos de correção atmosférica nas imagens de satélite, entre os mais comuns estão: *Internal Average Relative Reflectance (IAAR)*, *Empirical Line*, *Flat Field*, Método do Histograma Mínimo, 5s, 6s e MODTRAN (*Moderate resolution atmospheric Transmission*) (LATORRE et al., 2002).

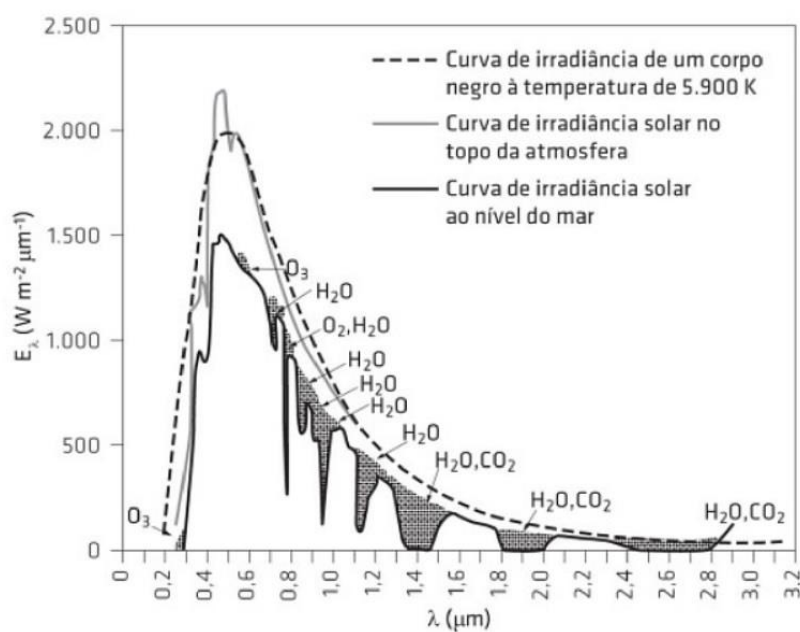


Figura 2 – Intensidade de fluxo de REM.

Fonte: Ponzoni et al. (2007)

## 2.2.4 Classificação de imagens

A classificação de imagens visa distinguir e identificar os diferentes temas presentes no terreno seja eles tipos de vegetação, hipsômetria, solos, uso e ocupação da terra e geologia, entre outros. Entretanto, há diferentes formas de realizar a classificação, que são subdivididas em 2 classes: classificação supervisionada e classificação não-supervisionada.

Na supervisionada é necessário o uso de amostras ou áreas de treinamento. Já na não-supervisionada o algoritmo do software decide com base em regras estatísticas o que deve ser separado e os pixels que pertencem a cada grupo (FIGUEIREDO, 2005). Há também técnicas de classificação que utilizam os dois tipos simultaneamente.

Alguns exemplos de classificação são: máxima verossimilhança (*MaxVer*), *Bhattacharya*, *isoseg*, *backpropagation*, distância mínima, etc.

### **2.2.5 Tabulação cruzada**

A tabulação cruzada é uma ferramenta de análise espacial que calcula a ocorrência de combinações utilizando dois mapas de entrada, normalmente em formato raster. A técnica sobrepõe os dois mapas comparando os pixels de mesma posição espacial. Durante o processo de tabulação, é criado um mapa e tabela contendo as informações espaciais resultantes da combinação e registro das diferentes combinações.

### **2.2.6 Calculo de Distância (Buffer)**

O cálculo de distância, ou buffer, consiste em criar uma área de influência ou zona a partir de uma determinada feição (linha, pontos, polígonos) previamente georreferenciada. A distância da zona de influência é definida pelo usuário. Um ponto é definido como um par de coordenadas x e y. A criação de uma zona de influência resulta em um círculo ao redor deste ponto. A linha consiste em pelo menos dois pontos conectados por um vetor. O resultado da criação de zona de influência é um corredor paralelo ao longo da linha.

Por fim o polígono consiste em um conjunto de pontos conectados por vetores cujas coordenadas do primeiro ponto coincidem com as do último. No caso dos polígonos, a zona de influência traçada pode se propagar internamente ou externamente ao polígono, cabendo ao usuário definir os objetivos pretendidos. A Figura 3 abaixo ilustra a determinação das zonas de influência cujos valores são definidos pelo usuário.

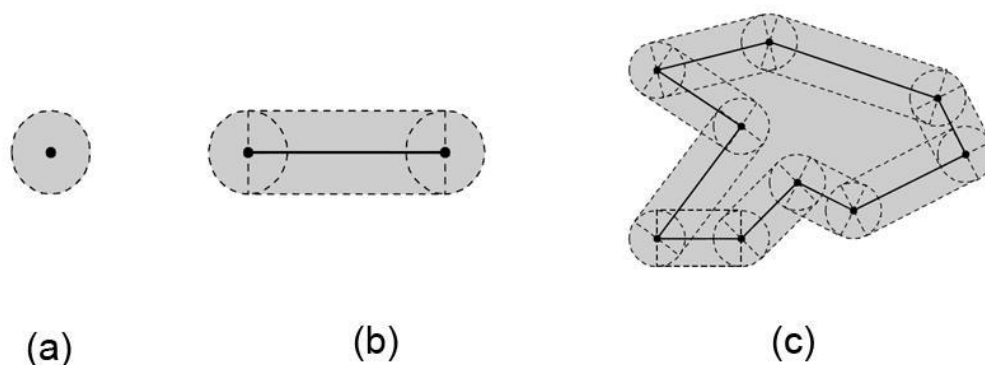


Figura 3 - Buffer ao redor de ponto (a) e linha (b) e polígono (c).

Fonte: CASANOVA et al. (2005)

### 2.3 ECOSSISTEMAS, FUNÇÕES E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS.

Ecosistemas são sistemas complexos que englobam as dinâmicas e alteração frequentes entre os seres vivos e não vivos no ambiente físico e biológico (MA, 2003). Apresentam diversas características, como variabilidade e resiliência. A primeira consiste na mudança dos estoques e fluxos com o passar do tempo e a resiliência é a habilidade de os ecossistemas retornarem ao estado natural após algum evento de perturbação (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que a população pode obter dos ecossistemas. Embora não seja de conhecimento de grande parte da população, estes serviços são essenciais, não só para a produção de alimentos, mas também para a conservação da biodiversidade, a polinização, a regulação do ciclo da água, a regulação climática, a formação dos solos e etc. (PARRON et al., 2015).

Existem ainda muitas outras definições, inclusive distinguindo serviços ambientais de ecossistêmicos, em que o segundo seria uma subcategoria do primeiro e são apenas os benefícios humanos derivados dos ecossistemas naturais (MURADIAN et al., 2010). Para melhor compreensão foram divididos em funções e serviços ecossistêmicos, conforme a proposta de Andrade e Romeiro (2009).

As funções são divididas em 4 tipos: Função de regulação, habitat, produção e informação. As duas primeiras propiciam suporte e manutenção dos processos naturais e contribuem nas demais funções. Segundo Andrade e Romeiro (2009), as funções de regulação mantêm a saúde dos ecossistemas e têm impacto direto e indireto sobre a população humana, são responsáveis pela regulação da biota.

Uma das funções é relacionada à polinização, resultantes de algumas espécies de insetos,

pássaros e morcegos e são também serviços ecossistêmicos essenciais à produção agrícola. Da mesma forma que nas proximidades de áreas agrícolas, a cadeia de presas e predadores também oferece serviços ecossistêmicos no âmbito do controle de pragas nas culturas (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). De Groot, Wilson e Boumans (2002) apontam que ecossistemas naturais abrigam espécies da fauna e da flora, na função de habitat, que contribui para a manutenção da diversidade genética e biológica.

Funções de produção estão ligadas ao fornecimento de alimentos para o consumo humano, e as funções de informação estão ligados a saúde humana, fornecendo recreação, além de informações históricas, culturais e científicas.

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (REID et al., 2005) divide os serviços ecossistêmicos em 4 categorias: serviços de provisão (ou de abastecimento), de regulação, culturais e de suporte. Os serviços de provisão são os que provêm produtos dos ecossistemas, como alimentos, madeira para combustível, produtos bioquímicos e medicinais, além de água, isso sem descuidar da sustentabilidade ecológica, de maneira que a intervenção antrópica não comprometa a integridade e o funcionamento de maneira irreversível. Um problema seria justamente o aumento da produção de alimentos, pois envolve o uso de água, além da expansão da área cultivada, que impacta ou degrada a cobertura florestal, ameaçando a biodiversidade (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Os serviços de regulação são os que afetam a qualidade do ar, a regulação do clima, o controle de erosão, a purificação da água e a polinização, entre outros. Representam a capacidade dos ecossistemas regularem alguns serviços.

Os serviços culturais tratam de valores ligados ao comportamento humano, valores religiosos, geração de conhecimento, assim como a recreação e o turismo. Já os serviços de suporte são a base para a produção dos demais serviços ecossistêmicos, como produção de oxigênio, formação e retenção do solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem de água e provisão de habitats (ANDRADE, ROMEIRO, 2009; PARRON et al., 2015).

Assim, a produção de alimentos e de outros materiais a partir dos ecossistemas deve ser feita de maneira sustentável, uma vez que são necessários para a sobrevivência humana, e dependem da integridade dos serviços ecossistêmicos, principalmente de regulação e de suporte, pois estes abrangem o controle biológico, a polinização, a ciclagem de nutrientes e a formação do solo, que possuem valores ecológicos e socioculturais atribuídos pela sociedade (MA, 2003).



### 2.3.1 Serviços ecossistêmicos e a agricultura

Um dos aspectos de destaque dos serviços ecossistêmicos seria a da valoração dos ecossistemas para a produção de alimentos.

Estudos apontam que há benefícios em se ter áreas florestais próximas a cultivos (RICKETTS et al., 2008; TAKI et al., 2010). É de conhecimento amplo, a importância das abelhas, sendo essencial a busca de alternativas para impedir o declínio de sua população e, conseqüentemente, o serviço de polinização, com o avanço das fronteiras agrícolas e urbanas (CRANMER; MCCOLLIN; OLLERTON, 2012).

A polinização, por exemplo, é um serviço econômico de grande valor, pois 2/3 das espécies de culturas necessitam de polinização, que ocorre pelas abelhas selvagens, que precisam de seus habitats conservados (RICKETTS et al., 2004). Logo, deve haver equilíbrio entre conservação e produção agrícola e, para tanto, devem ser buscadas alternativas de manejo que garantam a manutenção das abelhas e os seus habitats, sustentando o serviço ecossistêmico por elas fornecido.

O Brasil é o maior produtor de café do mundo, à frente do Vietnã e Colômbia, segundo e terceiro, respectivamente. De acordo com a estimativa de produção da CONAB (2016), o Brasil produziu 30,13 % da produção mundial, o Vietnã o 19,18 % e a Colômbia 9,41 %. No país, Minas Gerais é o maior produtor, com 59,81 % da produção nacional, as regiões centro-oeste e sul do estado são os maiores produtores com 54,12 % da produção de Minas Gerais. Sabendo da importância do café na economia sul-mineira, é importante criar um paralelo entre a produção cafeeira e os serviços ecossistêmicos, principalmente na questão de polinização. A polinização é um serviço ecossistêmico regulatório, importante para a produção de alimentos, biocombustíveis e manutenção da biodiversidade em áreas naturais (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). No café, a importância da polinização é evidenciada pelo aumento da produção de 14% (DE MARCO; COELHO, 2004) a 50% (RICKETTS et al., 2008), dependendo da existência de paisagens propícias a nidificação e reprodução, ou seja, conservando os fragmentos florestais, assim como os corredores ecológicos.

Desta forma, fica evidente a importância da manutenção das APP e RL nas propriedades agrícolas, uma vez que com uma menor produção aumentam-se as áreas de plantio a fim de compensar a baixa produtividade, acelerando assim o desmatamento (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).

## 2.4 FRAGMENTOS FLORESTAIS

Os fragmentos florestais são divisões de uma unidade do ambiente em várias partes, ou seja, um ambiente contínuo é dividido em fragmentos mais ou menos isolados e passam a ter condições ambientais diferentes em seu entorno (RAMBALDI et al., 2005).

Os principais fatores que comprometem a dinâmica do fragmento florestal são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de perturbações (VIANA et al., 1992). Esses fatores têm relação com fenômenos biológicos, tais como, efeito de borda, deriva genética e interação entre plantas e animais, que afetam a natalidade e mortalidade das plantas (VIANA; PINHEIRO, 1998).

O tamanho do fragmento é de extrema importância, uma vez que fragmentos grandes garantem uma maior manutenção das espécies por longo prazo, pois contêm, em sua maioria, populações maiores, são mais resistentes a flutuações ambientais, genéticas e demográficas, além de sofrerem menores efeitos de borda (MATZGER, 2010).

O formato destes fragmentos tem relação direta com a abundância de espécies presentes nos mesmos, uma vez que um fragmento com formato mais alongado sofre mais efeito de borda do que um fragmento que possua formato mais arredondado, ou seja, está menos suscetível, por exemplo, a incêndios e mudanças microclimáticas que ocorrem mais intensamente nas bordas dos fragmentos. Já o grau de isolamento afeta o fluxo gênico entre os fragmentos, a solução seria a criação de corredores ecológicos, como em matas ciliares e encostas, além da implementação de sistemas agroflorestais, que contribuem favoravelmente na diminuição do isolamento dos fragmentos (VIANA; PINHEIRO, 1998).

A fragmentação pode ser causada por fatores naturais e antrópicos. Na implementação de políticas públicas de conservação, como o código florestal, é importante que estes dois tipos sejam claramente diferenciados, pois alguns fragmentos naturais possuem espécies endêmicas e populações diferenciadas, sendo assim estes fragmentos devem ser tratados como áreas prioritárias para a conservação (RAMBALDI et al., 2005). Assim, na prática de ações conservacionistas deve-se considerar o uso e conservação do solo no entorno da matriz.

## REFERÊNCIAS

- ALTAFIN, I. **O projeto de reforma do Código Florestal em detalhes**, 2011.  
Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/codigoflorestal>> Acesso em: 15 dez. 2016
- ANDRADE, D.C.; ROMEIRO, A.R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Instituto de Economia–Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), SP: Texto para Discussão, v. 155, 2009.
- BRASIL. **Código Florestal**. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Brasília.
- BRASIL. **Código Florestal**. Lei nº 4.471, de 15 de setembro de 1965. Brasília.
- BRASIL, **Código Florestal**. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, Diário Oficial da União, 2012.
- CASANOVA, M.A. et al. **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Café**. Quarto Levantamento: Safra 2016/2017. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília: Conab 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 de abril. 2017
- CRANMER, L.; MCCOLLIN, D.; OLLERTON, J. Landscape structure influences pollinator movements and directly affects plant reproductive success. **Oikos**, v. 121, p. 562–568, 2012.
- CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 2002, 170p.
- DE MARCO, P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**. Vol. 13 p. 1245-1255, 2004.
- EMBRAPA. **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.br>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Módulos Fiscais**, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>> Acesso em: 18 dez. 2016
- FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Brasília- DF, 2005.
- DE GROOT, R.S.; WILSON, M.A.; BOUMANS, R.MJ. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002.
- INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Tabela com módulo fiscal dos municípios**, 2013. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal>> Acesso em: 20

dez. 2016

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres.**

São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598 p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro/Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59, 2010.

LATORRE, M. et al. Correções atmosféricas: Conceitos e fundamentos. **Espaço & Geografia**, v. 5, n. 1, p. 153-178, 2002.

LAUDARES, S. S. D.A. **Atividades de baixo impacto e uso antrópico consolidado previstos no novo código florestal brasileiro (Lei nº 12.651/12).** 2014. 171f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MA: MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment.** Washington, Island Press. 2003.

METZGER, J.P. O Código Florestal tem base científica? **Revista Natureza & Conservação**, São Paulo, v. 1, n. 8, p.01-08, 2010.

MENESES, P.R. et al. **Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites de sensoriamento remoto.** Editora Universidade de Brasília, 1991.

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

NOVO, E.M.L de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo. Edgard Blucher. 1989. 308p.

OLIVEIRA, T.; WOLSKI, M.S. Importância da Reserva Legal para a preservação da biodiversidade. **Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI**, Erechim, v. 8, n. 15, p. 40-52, 2012.

PARRON, L.M. et al. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica.** Colombo: Embrapa Florestas, 2015.

PONZONI, F.J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica.** São José dos Campos: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1ª. ed. v. I, 2002.

PONZONI, F.J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos: Parêntese, 2009.

PONZONI, F.J.; ZULLO JR, J.; LAMPARELLI, R.A.C. **Calibração Absoluta de Sensores Orbitais.** São Paulo: Parêntese, 2007.

RAMBALDI, D.M et al. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 100 p. 2005.

REID, W.V. et al. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington, Island Press, 2005.

RICKETTS, T.H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 34, p. 12579-12582, 2004.

RICKETTS, T.H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499–515, 2008.

SILVA, J.A.A. et al. **O código florestal e a ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo: SBPC, 2012. p. 149

SPAROVEK, G. et al. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos-CEBRAP**, n. 89, p. 111-135, 2011.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VIANA, V.M. et al. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: Congresso nacional sobre essências nativas, 2, São Paulo, 1992. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, 1992. p. 400-407.

TAKI H, et al. Effects of landscape metrics on Apis and non-Apis pollinators and seed set in common buckwheat. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, p. 594–602, 2010.

**Parte 2**

---

**Artigo em conformidade com as normas da Revista Brasileira de Ciências Ambientais**

**IMPlicações Ambientais do Novo Código Florestal Brasileiro /  
ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF THE NEW BRAZILIAN FOREST CODE**

Rodrigo César Pereira Nicolau<sup>1</sup>

Ronaldo Luiz Mincato<sup>2</sup>

Marcelo Polo<sup>2</sup>

Fernando Shinji Kawakubo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Ciências Ambientais pela UNIFAL-MG – Alfenas, Minas Gerais.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alfenas – Alfenas, Minas Gerais.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo – São Paulo, São Paulo.

**Resumo:** O código florestal brasileiro de 2012 incorpora na reserva legal as áreas de preservação permanente e define áreas de uso consolidado. Assim, esta pesquisa avaliou a evolução espaço temporal do uso e ocupação do solo nas áreas de proteção ambiental, de 2008 a 2016 da sub-bacia hidrográfica do Rio São Tomé, sul de Minas Gerais, diante do novo marco florestal legal. Pois, as matas prestam serviços ambientais e ecossistêmicos para sociedade. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat. A partir delas foram mapeados os usos e ocupações do solo e as áreas de preservação permanente. A partir de tais mapas foram identificados os usos ilegais e as áreas de uso consolidado. Em 2016, 55,66% das Áreas de Preservação Permanente continham uso ilegal, entretanto considerando o uso consolidado, 97,74% da sub-bacia está adequada ao código, que aponta para lei que defende os recursos florestais e os serviços ambientais ecossistêmicos com menor rigor.

**Abstract:** The Brazilian forest code of 2012 incorporates in the legal reserve the areas of permanent preservation and defines areas of consolidated use. Thus, this research evaluated the temporal evolution of land use and occupation in the areas of environmental protection, from 2008 to 2016 of the sub-basin of the São Tomé River, south of Minas Gerais, before the new legal forest framework. Well, the forests provide environmental and ecosystem services for society. Landsat satellite images were used. From these were mapped the uses and occupations of the soil and the areas of permanent preservation. From these maps were identified the illegal uses and the areas of consolidated use. In 2016, 55.66% of the Permanent Preservation Areas contained illegal use; however, considering the consolidated use, 97.74% of the sub-basin is adequate to the code, which points to a law that defends forest resources and environmental ecosystem services with less stringency.

**Palavras-chave:** Reserva Legal, Sensoriamento Remoto, Landsat, Áreas de Proteção Permanente.

**Key words:** Legal Reserve, Remote Sensing, Landsat, Permanent Protection Areas.

## INTRODUÇÃO

A avaliação ecossistêmica do milênio apontou, nos últimos 50 anos do século passado, que o homem modificou os ecossistemas mais rápida e extensivamente do que em qualquer intervalo de tempo equivalente na história da humanidade, acarretando diversas alterações nos biosistemas (REID et al., 2005). No Brasil, o código florestal existe desde 1934 (BRASIL, 1934), posteriormente substituído pelo de 1965 (BRASIL, 1965).

Em 2012, o Congresso Nacional do Brasil aprovou um novo código florestal, Lei Nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), em substituição ao de 1965 (Lei 4.771/65), que tinha sofrido diversas alterações por medidas provisórias, como em 1989, quando foram definidas as normas de preservação das matas ripárias conforme a largura dos rios. O código florestal é o principal instrumento legal de proteção e de recuperação da flora e da fauna nativas. Pois, regula e protege a vegetação nativa (VN) em propriedades públicas e privadas, com vistas a equilibrar os interesses de produção agropecuária como os da preservação ambiental (SPAROVEK et al., 2011).

O código define as áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL), criadas para a preservação dos recursos hídricos e de suas áreas de recarga, pelas matas ciliares, assim como áreas prioritárias para conservação e preservação da diversidade ecológica. Para fins de fiscalização, foi criado o cadastro ambiental rural (CAR), obrigatório para todos os imóveis rurais, que visa integrar o conjunto de dados ambientais das propriedades, para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012). Mesmo assim, a efetividade do Estado em fiscalizar estas áreas ainda é precária e aquém das necessidades. Pois, na prática, uma vasta área de vegetação natural poderá ficar sem proteção, até que o órgão fiscalizador identifique estas áreas e tome as providências previstas em lei (SPAROVEK et al., 2011).

Os órgãos fiscalizadores enfrentam problemas operacionais para cumprir as normas instituídas, devido à falta de infraestrutura e às dimensões continentais do país. Entretanto, as geotecnologias surgem como instrumentos essenciais de análise e de apoio às políticas decisórias de fiscalização. Imagens de satélite, fotografias aéreas, imagens de radar, entre outras, são uma alternativa que permite mapear o uso e ocupação do solo de maneira rápida, e eficaz, devido à variação de escalas e das diferentes formas de analisar os alvos, além do baixo custo relativo das análises. Atualmente, há vários satélites com diferentes níveis de resolução temporal e espacial, que permitem o mapeamento e o monitoramento de áreas que sofrem alterações. A NASA (*National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) lançou em 1972 o primeiro satélite Landsat, como parte do seu programa de levantamento de recursos terrestres. Já foram lançados 8 satélites sendo o último, o Landsat 8. Apesar da baixa resolução espacial (30 m) quando comparada com outros satélites de resolução submétrica (como por exemplo, WorldView, Pleiades e GeoEye), imagens do satélite Landsat tem sido utilizadas com sucesso em várias aplicações relacionadas ao mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal. A utilização de informações resultantes das imagens Landsat é potencializada ainda pela integração de informações de fontes distintas por Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

A preservação dos ecossistemas é de suma importância, pois afeta os serviços ambientais e ecossistêmicos. Tais serviços são os benefícios que a população obtém dos ecossistemas, que podem ser: de provisão de alimentos, água, material genético, etc.; de regulação, ou seja, de manutenção da qualidade do ar, controle de erosão, purificação da água, etc.; culturais, como enriquecimento espiritual, lazer, ecoturismo, etc. e de suporte, tais como, formação e manutenção da fertilidade do solo, produção de oxigênio, produção primária, diversidade biológica. Este tema promove uma mudança de paradigma sobre o manejo dos recursos naturais e auxilia a tomada de decisões sobre gestão dos recursos naturais e formulação e aplicação de políticas públicas para o bem-estar da sociedade (PARRON et al., 2015).

A Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé está localizada na Região Sul do Estado de Minas Gerais, nos Municípios de Alfenas, Machado e Serrania. O manancial hídrico é utilizado para o abastecimento de Alfenas e Serrania, com 87.519 habitantes (IBGE, 2017). Além disso, a área é dominada pelas atividades agrosilvopastoris. O rio é afluente direto do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Furnas.

Os objetivos deste estudo foram a avaliação da evolução espaço-temporal, de 2008 a 2016, do uso e ocupação no solo e os potenciais impactos na prestação dos serviços ecossistêmicos resultantes dos conflitos de uso em APP e de RL na Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé.



## MATERIAIS E MÉTODOS

A Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé está localizada nos Municípios de Alfenas, Machado e Serrania, no sul do Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil (Figura 1). A área da sub-bacia é de cerca de 33 mil hectares e apresenta usos diversificados, com destaque para o café, a cana-de-açúcar e a pecuária.

O clima da região é subtropical, classificado como Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, com verão úmido e inverno seco (PEEL et al., 2007). Segundo o RADAMBRASIL (1983), a vegetação característica da região é composta por floresta estacional semidecidual ombrófila mista e cerrado. As altitudes da sub-bacia variam de 766 a 1.306 m, com a geomorfologia dividida em: superfície dissecada de topografia montanhosa, superfície rebaixada de patamares colinosos e terraços fluviais (SILVA et al., 2011). Os solos dominantes são Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo distróficos e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico em toda a região, assim como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e Cambissolo háplico (UFV et al., 2010). A área apresenta afloramentos rochosos dos ortognaisses Alfenas e Elói Mendes (UFRJ; CPRM, 2010).

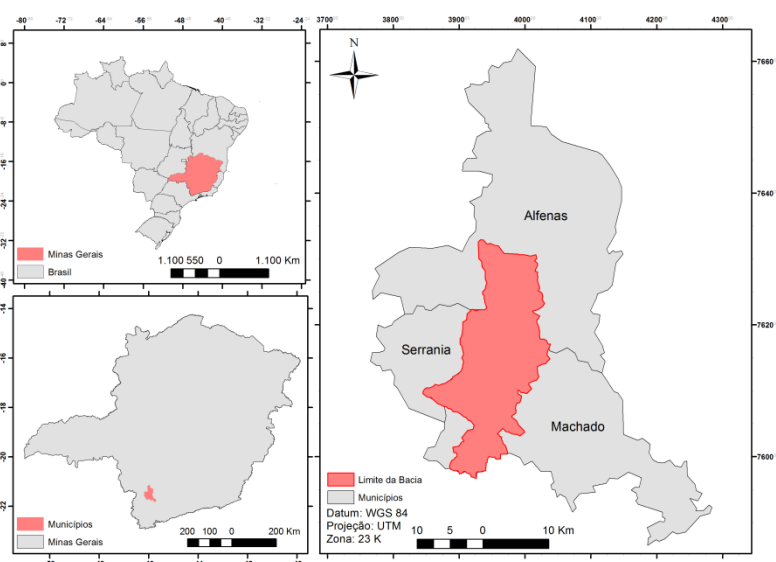


Figura 1 - Localização da Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé, sul de Minas Gerais.

Fonte: Modificado a partir de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017)

As imagens utilizadas procederam dos satélites Landsat 5 e 8, com os sensores TM (Thematic Mapper) e OLI (**Operational Land Imager**), respectivamente. Estas imagens foram obtidas gratuitamente do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ([www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)) e do USGS-GloVis (<https://glovis.usgs.gov/>). Foram utilizadas 3 cenas da órbita 219, ponto 075, com pequena variação entre as datas de cada ano, para trabalhar com situações sazonais similares tanto no que se refere a fenologia da cobertura vegetal quanto as condições atmosféricas e de iluminação solar. Assim, foram definidas as cenas do Landsat 5 de 17/07/2008 e do Landsat 8 de 31/07/2013 e de 08/08/2016. As , datas selecionadas correspondem a época mais seca do ano na região e com menor presença de nuvem.

Para a obtenção dos mapas de declividade e modelo digital de elevação (MDE) da sub-bacia, foram utilizadas quatro cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000: Alfenas (SF-23-I-I-3), Areado (SF-23-V-D-I-4), Campestre (SF-V-D-IV-2) e Machado (SF-I-III-1). Estas cartas são disponibilizadas em formato digital DGN (IBGE, 1970) e foram convertidas para o formato *shapefile* (SHP), para uso no software ArcGIS 10.1.

Após a estruturação da base cartográfica, foram gerados o Modelo Digital de Elevação (MDE) e o mapa de declividade do terreno. Este último, de acordo com EMBRAPA (1979), sendo 0 – 3 % plano, 3 – 8 % suave ondulado, 8 – 20 % ondulado, 20 – 45 % forte ondulado, 45 – 75 % montanhoso e > 75 % escarpado. Tais produtos serviram para determinar as APP em topos de morro e em declividades maiores do que 45°, como é previsto no código florestal.

Foi produzido o mapa de limites de APP de margens de corpos d'água e entorno de nascentes, conforme o código

florestal. Para tanto, foi utilizado o método de cálculo de distância (*buffer*).

De acordo com parâmetros previstos no código, foram definidas as áreas de proteção, sendo elas: faixas marginais de 30 m ao longo dos rios, pois todos os cursos d'água apresentam menos do que 10 m de largura; para lagos e lagoas foram definidos faixas com 50 m, com exceção do reservatório da UHE de Furnas, com faixa de 100 m, uma vez que o mesmo apresenta mais de 20 ha; 50 m no entorno das nascentes; encostas com declividade superior a 45° e topo de morro.

O código florestal define APP em topo de morro montes, montanhas e serras em planície e relevos ondulados. A primeira utiliza como base o espelho d'água adjacente e os relevos ondulados o ponto de sela mais próximo. Devido à área apresentar os dois tipos de relevos, foi selecionado, neste estudo, o critério do ponto de sela, pois este define uma quantidade maior de topos contemplados como áreas de APP (BRASIL, 2012).

O mapeamento do uso e cobertura do solo em 2008 foi feito a partir de imagens do satélite Landsat-5 e em 2013 e 2016 a partir do Landsat-8. Estas últimas já obtidas ortoretificadas. As imagens do Landsat 5 (2008) necessitaram de correção geométrica. A mesma foi feita por meio de pontos de controle identificados na imagem e na base cartográfica (procedimento este conhecido como georreferenciamento da imagem). No total, foram identificados 12 pontos de controle distribuídos ao longo de toda a bacia. Após o georreferenciamento, as imagens foram reamostradas utilizando o método de interpolação vizinho mais próximo, obtendo no final deste processo, a mesma projeção da base cartográfica.

Técnicas de aumento linear de contraste e de composições coloridas utilizando filtros RGB (Red, Green e Blue) foram empregadas para realçar os diferentes tipos de uso e de cobertura do solo. O aumento linear foi feito de forma interativa (CRÓSTA, 2002), em que a inclinação do histograma da imagem controla a quantidade de aumento do contraste e o ponto de intersecção com a abcissa controla a intensidade média da imagem final. Para a realização da classificação foi gerada uma imagem falsa-cor em RGB com as bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho do sensor dos satélites Landsat. A seleção dessas bandas foi baseada no fato desta composição realçar a vegetação.

A classificação do uso e ocupação do solo foi realizada pela *Maximum Likelihood Classification* (Classificação por Máxima Verossimilhança) do *software* ESRI ArcMap 10.1, que calcula a probabilidade de cada pixel pertencer a uma determinada classe amostrada com base nos valores de variância e covariância. Para redução do efeito sal e pimenta (*"salt and pepper"*) foi aplicado o *Majority Filter*, ou seja, filtragem para eliminação ou redução do ruído de classificação e o *Boundary Clean*, que é usada para limpar as bordas irregulares entre as zonas, em que os maiores valores têm prioridade, ou seja, os conjuntos de *pixels* menores, se juntam aos conjuntos maiores, evitando a classificação errônea dos *pixels* (ERDAS, 1999).

Finalizada a etapa de classificação, os erros contidos no mapeamento foram corrigidos manualmente com base na análise visual das imagens, com auxílio das imagens Google Earth de datas próximas e também por meio de informações levantadas em campo. Para verificar de maneira quantitativa o desempenho do mapeamento, foram coletados em campo 85 pontos de referência.

Os mapas de uso e ocupação do solo foram, por fim, combinados, por meio de tabulação cruzada, com os limites de APP para avaliar as atividades presentes nas áreas exclusivas de APP. Assim, foram produzidos os mapas de conflitos de uso, com a definição das áreas regulares e irregulares conforme o código florestal de 2012.

Os dados obtidos a partir do *software* ArcMap 10.1 foram lançados no Microsoft Excel 2010 e foram geradas tabelas com os valores das áreas em hectares e a porcentagem de cada área nos mapas de uso do solo e de conflitos de uso. A partir de tais dados, foi realizado o cálculo de áreas consolidadas, utilizando a quantidade de hectares presentes em 2008 e cruzados com os presentes em 2013 e em 2016 para as classes de uso do solo, com exceção de matas, água, e rochas expostas, uma vez que estas foram consideradas áreas regulares.

Também foram determinados de forma manual de todos os fragmentos florestais maiores que 50 ha na sub-bacia para os anos considerados. A partir disso foram definidas a quantidade, o tamanho e o formato destes fragmentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos mapas de uso e ocupação do solo gerados para os anos de 2008, 2013 e 2016, primeiramente, foram produzidos dados quantitativos sobre o uso e cobertura do solo, em julho de 2008, ano e mês em que foram definidas pelo código florestal como de uso consolidado. O mesmo procedimento foi adotado em 2013 e 2016.

Na classificação, algumas das classes apresentaram confusão no mapeamento em razão da similaridade espectral encontrada entre estas classes. As confusões mais frequentes observadas ocorreram com as classes café e mata e cana-de-açúcar com pasto alto e matas de menor densidade nas bordas dos rios. Apesar destes erros observados, a classificação obtida foi considerada bastante satisfatória com base na análise visual e na porcentagem de acertos observados (92%) quando comparados com os pontos de controle.

A Figura 2 ilustra os mapas de uso do solo de 2008 (A) e 2016 (B).

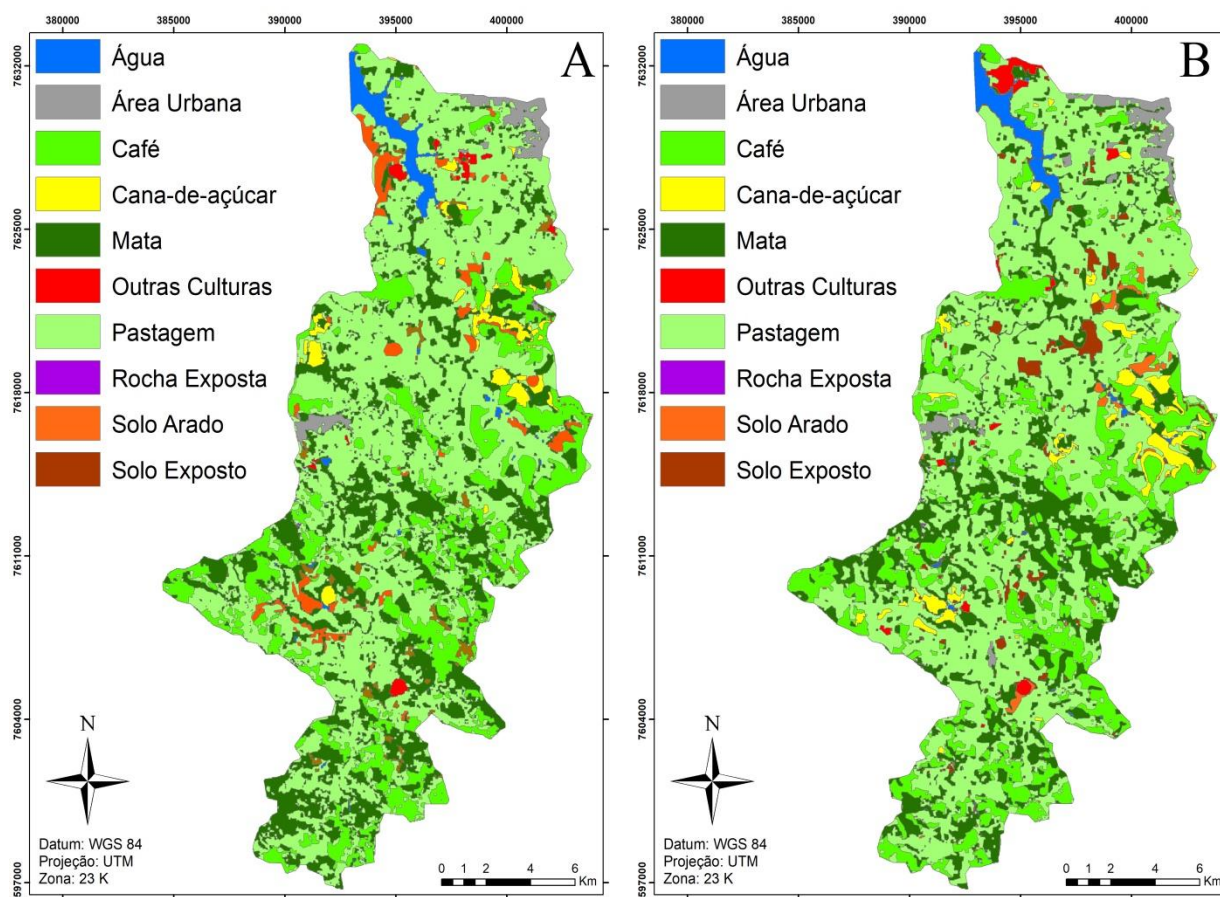


Figura 2: Mapas de uso e ocupação do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Tomé, nos Municípios de Alfenas, Machado e Serrania, Minas Gerais, Brasil, anos 2008 (A) e 2016 (B), respectivamente.

O gráfico de barras da Figura 3 ilustra dos usos presentes na sub-bacia, em hectares, para 2008, 2013 e 2016. Na Figura 2 foram definidas 10 classes de uso do solo: água, que comporta todos os corpos d'água da sub-bacia, incluindo lagos e a represa da UHE de Furnas; área urbana, que incluía as cidades de Alfenas, Serrania e algumas cedez de fazenda; café, em seus mais diversos estádios fenológicos; cana-de-açúcar; outras culturas, sendo essas diversas, como milho, eucalipto e outras culturas temporárias; mata, sendo ela primária, secundária; pastagem em geral, incluindo campos; solo arado, em preparação para o cultivo; solo exposto que é o solo exposto efetivamente, sem cobertura permanente e que se encontra mais seco e rochas expostas.

A análise dos mapas e do histograma revela, desconsiderando o pequeno erro da classificação supervisionada, não houve alterações significativas de 2008 para 2016 nos principais usos da sub-bacia. Assim, o uso mais frequente é a

pastagem com média de aproximadamente 50% da área e está presente predominantemente em terrenos ondulados, seguido de mata com cerca 20%, presente em terrenos ondulados e forte ondulados e café com média ao redor de 17%, também presente em terrenos ondulados. Os demais usos ocupam pequenas parcelas por toda a sub-bacia. Quanto as áreas de uso consolidado, a Figura 2 ilustra as parcelas que possuíam uso anterior a 22 de julho de 2008 e que mantém o mesmo uso até 2016. As principais são de pastagem, café e, subordinadamente, cana-de-açúcar distribuídos na sub-bacia.

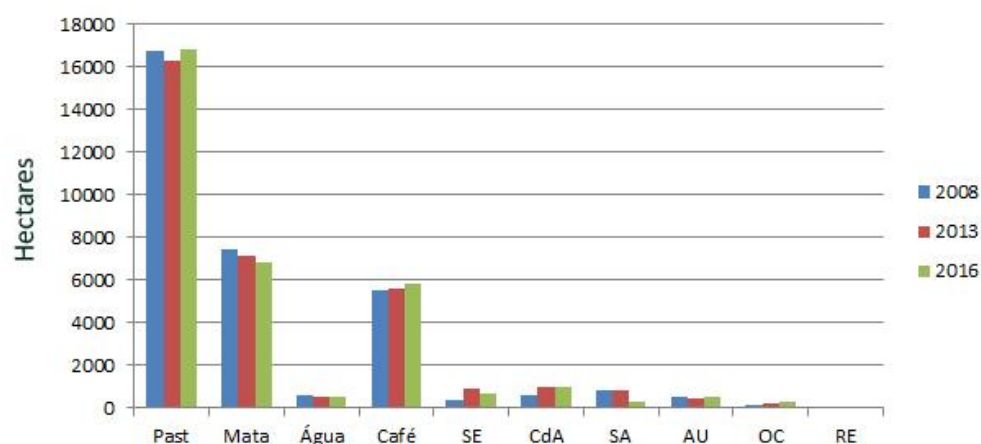


Figura 3: Uso e ocupação do solo em hectares na sub-bacia do Rio São Tomé. Past: pastagem; Mata; Água; Café; SE: solo exposto; CdA: cana-de-açúcar; SA: solo Arado; AU: área urbana; OC: outras culturas; RE: rocha exposta.

Tanto em 2008 quanto em 2013 havia fragmentos florestais raramente conectados por corredores ecológicos por toda a sub-bacia. Em 2016 foram observadas grandes áreas de mata, principalmente na área montanhosa da porção central da sub-bacia, em geral ligadas por grandes corredores ecológicos. Já, na porção norte, próximo à jusante da sub-bacia, no relevo mais plano, há a presença de fragmentos florestais isolados em meio a pastagem e com poucas conexões por mata ripária.

A classe de café é encontrada por toda a sub-bacia, ocupando uma área maior em 2016. O café é o cultivo de maior produção e importância na sub-bacia. A cana-de-açúcar é mais abundante no centro-leste e ocorre esparsamente também em outros locais da sub-bacia (Figura 2B). Há também áreas de solo exposto propriamente dito por toda a sub-bacia, além de localizadas exposições de rocha nas regiões mais montanhosas. A classe de outras culturas ocorre em locais escassos na sub-bacia.

Para avaliar se o código está sendo obedecido, foram criados, a partir da tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo e APP, os mapas de conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de APP. Estas áreas de APP devem contemplar apenas as classes água, mata e rocha exposta. Portanto, qualquer outro uso seria irregular.

A Figura 4 ilustra os mapas de conflitos de uso, com áreas irregulares nas APP. Já, o histograma da Figura 5 esquematiza a porcentagem de cada uso no interior das APP em 2008, 2013 e 2016. A partir disso foram avaliadas quais são as classes de uso que ocorrem nas áreas de APP e definidas se as mesmas são regulares ou irregulares.

A Figura 5 ilustra que mesmo ocorrendo uma melhoria gradativa na situação atual das APP, ainda predominam as áreas irregulares. De acordo com os usos presentes em APP, a porcentagem de áreas regulares foi de 45,05, 44,55 e 44,34% nos anos de 2008, 2013 e 2016 respectivamente, já as áreas irregulares foram de 54,95, 55,45 e 55,66% em 2008, 2013 e 2016 respectivamente. A Figura 5 elucida, nas APP, o predomínio de pastagens, que reflete a maior porcentagem de áreas irregulares. Entretanto, de acordo com o código, há as chamadas áreas de uso consolidado com 3.111,87 ha. Assim, considerando estas áreas, em 2013 há 98,13% de áreas regulares, e 1,87% de irregulares, já em 2016 é de 97,74% de regulares e 2,26% de irregulares, ou seja, uma diferença de 53,58 e 53,40%, respectivamente. Esta expressiva diferença se deve ao uso consolidado e não reflete a preservação das APP, comprometendo significativamente os serviços ambientais e ecossistêmicos e, conseqüentemente, os resultados socioeconômicos das atividades agrícolas na área. Neste contexto, dos 5.660,13 ha que compõem as áreas de APP seria necessário

recuperar uma área de 3.417,47 ha, uma vez que o critério de recuperação de mata ciliares, nascentes e lagos e lagoas é distinto para estas áreas.

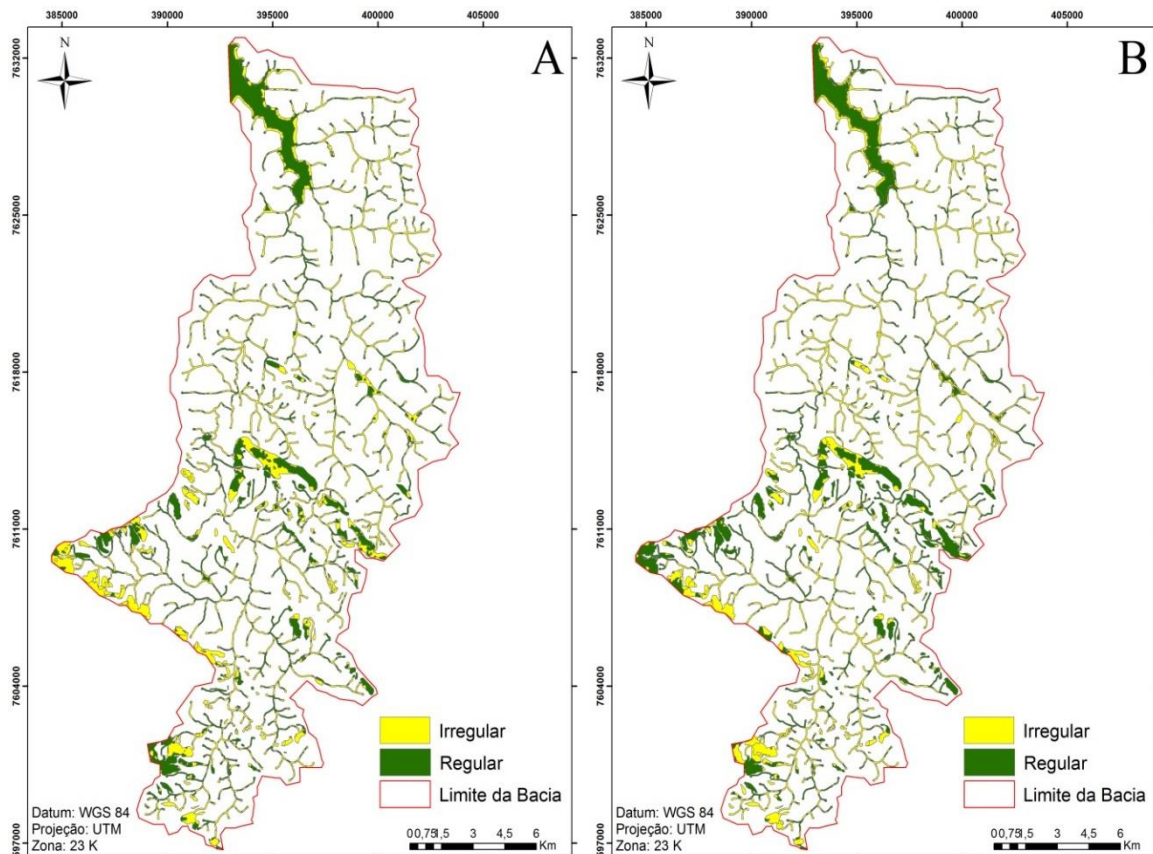


Figura 4. Mapas de conflito no uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio São Tomé, respectivamente, me 2008 (A) e 2016 (B).

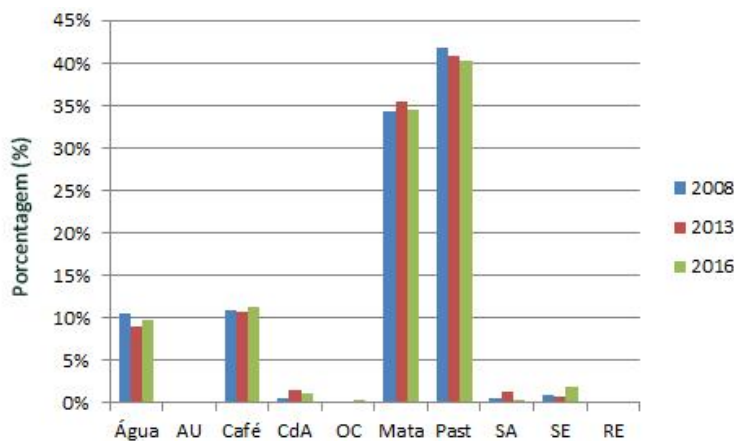


Figura 5: Porcentagem de uso nas áreas de preservação permanente (APP) na sub-bacia do Rio São Tomé localizado nos municípios de Alfenas, Machado e Serrania, Minas Gerais, Brasil. Onde, Past: pastagem; Mata; Água; Café; SE: solo exposto; CdA: cana-de-açúcar; SA: solo Arado; AU: área urbana; OC: outras culturas; RE: rocha exposta.

As áreas de RL previstas no código foram determinadas para sub-bacia como um todo, uma vez que para a realização do mapeamento individual por propriedade, seria necessário obter dados de todas as propriedades rurais que compõem a sub-bacia hidrográfica e, considerando que a sub-bacia tem cerca de 33000 ha e possui ampla predominância de pequenas propriedades, foi realizada a medição da sub-bacia como um todo. A partir de dados



obtidos do CAR, foram avaliadas o tamanho das propriedades, que varia em torno de 20 a 25 ha. Assim, em média, são propriedades de até quatro módulos fiscais e poucas teriam de recompor áreas já desmatadas, tendo que recompor somente 15 m de matas ciliares de lagos e lagoas naturais e nascentes, e 30 metros em veredas. Quanto à RL não seria necessário a recomposição, devido à anistia para as propriedades de até 4 módulos fiscais. E as que possuem mais de quatro módulos teriam que recompor somente as áreas onde não havia uso consolidado até de 22 de julho de 2008, desde que o imóvel rural esteja inscrito no CAR. Neste cenário, o total de áreas de uso consolidado é de 75,42% da sub-bacia. Neste panorama, a implicação nos serviços ambientais é significativa, uma vez que restaria menos de 25% das áreas da sub-bacia destinadas à preservação. Assim, as áreas de nidificação ficariam restritas a alguns poucos fragmentos florestais propícios, e os serviços de provisão, de regulação e de suporte estariam em risco, pois o montante de áreas preservadas é insuficiente para atender às demandas ambientais e ecossistêmicas.

Para fins de avaliação, uma vez que a sub-bacia está localizada na transição entre os biomas mata atlântica e cerrado, foi utilizada a definição do código para as demais regiões, ou seja, 20% da propriedade. Assim, foi aferido os 20% de RL previstos no código no total da sub-bacia. A área final foi de 6.599,79 ha que deveriam conter a classe de mata. Em todos os casos (2008, 2013 e 2016) a quantidade em hectares de mata são maiores que 20%, com 7.482,236 ha para 2008, 7.161,595 ha para 2013 e 6.832,02 ha para 2016. Como o próprio código permite a inclusão da APP em RL, é certo afirmar que as áreas de RL estariam em conformidade com a lei na sub-bacia.

Entretanto é necessário estimar a perda de áreas de mata correlacionando com o código florestal de 1965 (BRASIL, 1965), onde as áreas de APP não poderiam ser computadas às de RL. Utilizando o código de 1965 como base as APP e RL juntas computariam 12.393,31 ha, ou seja, 37,56% da área da sub-bacia. Já com o código de 2012, incluindo a APP dentro das áreas de RL, teríamos somente 20% da área total, uma vez que as RL excedem em hectares o tamanho das APP. Portanto, temos uma perda potencial de 17,56% nas áreas de matas nativas na sub-bacia.

Na sub-bacia há áreas de pastagens naturais, ou campos, de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado. O código florestal aponta as APP como áreas protegidas, coberta ou não por vegetação nativa (BRASIL, 2012). Assim, a vegetação nativa caracterizada como de pastagem natural (campo), se enquadra no código.

No código florestal há o conceito de área rural de uso consolidado, que seria a área de imóvel rural com ocupação antrópica anterior a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, que admite, neste último caso, a adoção do regime de pousio, não podendo assim sofrer autuação por infrações relativas à suspensão irregular da vegetação em APP e RL de acordo com o Art. 59, §4, Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012), caso o proprietário tenha aderido ao Programa de Regulação Ambiental (PRA).

A partir dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo e de áreas de preservação permanente, que deram origem ao mapa de correlação entre usos e APP, foi verificado que a inclusão do conceito de uso consolidado, a sub-bacia se adequa à legislação. Desconsiderando estas áreas, percebe-se que a maior parte das áreas irregulares é de pastagem para fins de uso na pecuária, que ocupa maior área mesmo não sendo a principal atividade econômica da sub-bacia, que causa a deterioração das matas ciliares, que são essenciais, pois contribuem na conservação dos vales fluviais e mitigação da erosão (GOTTLE, SÈNE, 1997), que, além disso, poderiam servir como corredores ecológicos, entre os fragmentos florestais. A deterioração dos fragmentos florestais leva a diversos problemas ambientais e biológicos, como dificuldade de dispersão de espécies e perda da diversidade genética, além de causar impacto nos serviços ecossistêmicos, que são responsáveis pela manutenção e fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes, qualidade da água, polinização, etc. (PARRON et al., 2015)

Mesmo após 5 anos da aprovação do código, implementação do CAR, e das políticas de pagamentos por serviços ambientais, muitas áreas ainda permanecem irregulares. A recuperação das APP e RL contribuiria diretamente na diminuição dos fragmentos florestais, pois criam corredores ecológicos e diminuem o efeito de borda. Ainda, é nos fragmentos florestais que é encontrada a maior parte da biodiversidade (VIANA; PINHEIRO, 1998). Ademais, de acordo com os autores, os fragmentos mais arredondados são menos susceptíveis ao efeito de borda e os mais alongados e estreitos são mais susceptíveis. Logo, é necessário considerar o efeito de borda nas matas ciliares, que compõem as APP, que raramente é levado em consideração, assim Viana e Pinheiro (1998) recomendam o plantio diferenciado nas bordas das matas ciliares, ou seja, de espécies que ajudem na preservação destes fragmentos que tem fator forma baixo, como por exemplo, sistemas agroflorestais. A análise dos mapas evidencia a diminuição nos fragmentos florestais com mais de 50 ha na sub-bacia, onde em 2008 eram 29 fragmentos que somavam 3.857,44 ha, já no ano de 2013 o número diminuiu para 24 fragmentos somando 3.415,72 ha, e em 2016 eram 20 fragmentos que somam

3.037,53 ha. Tais números representam 51,55% da área total de mata em 2008, 47,69% em 2013 e 44,46% em 2016.

Como notado nas imagens, houve um aumento no número de corredores ecológicos, principalmente na faixa central da sub-bacia, ligando diversos fragmentos, que possuem tamanhos e formas variados.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014), o CAR é um instrumento básico para auxiliar no processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais, onde são delimitadas as áreas de APP e RL, além de áreas rurais consolidadas, entre outras. É uma ferramenta auxiliar importante para o planejamento do imóvel rural e a recuperação de áreas degradadas. O CAR fomenta a formação de corredores ecológicos e a conservação dos demais recursos naturais que contribuíram para a melhoria da qualidade ambiental. Já o pagamento por serviços ambientais é uma proposta para estimular o cuidado com os ecossistemas, funcionando como estímulo para a gestão sustentável. Segundo Parron et al. (2015), a remuneração é sobre ações que possibilitam determinados serviços ecossistêmicos e assim os proprietários têm direitos a créditos agrícolas e contratação de seguros agrícolas em melhores condições do que as de mercado.

Para Parron et al. (2015), quando os donos de terra promovem a recuperação da cobertura vegetal, eles contribuem para a redução da erosão, aumento da captura e armazenamento de carbono e melhoria da qualidade dos corpos d'água. Sendo assim, os mapas de conflito apresentados apontam para um desconhecimento, por parte dos proprietários e usuários das terras, dos benefícios ambientais e econômicos dos serviços ecossistêmicos. Como o café é a principal atividade agrícola na sub-bacia, é importante apontar os serviços ecossistêmicos de polinização. Para Priess et al. (2007), o café, assim como outras culturas, se beneficia diretamente dos serviços de polinização. Assim, florestas intercaladas com paisagens agrícolas, proporcionariam importantes serviços ecológicos e econômicos. Tal fato é evidenciado pelas pesquisas realizadas por De Marco e Coelho (2004), Ricketts et al. (2008) e Ricketts et al. (2004) que apontam para uma melhora de 14 - 50 % na produção cafeeira, mediante a conservação dos fragmentos florestais, assim como dos corredores ecológicos, que são áreas propícias a nidificação e reprodução das espécies polinizadoras. Klein, Steffan-Dewenter e Tschardt (2003) apontaram que, quando a distância das florestas adjacentes às plantações é muito longa, há uma diminuição no conjunto de frutas e que o crescimento do número de espécies de abelhas pode promover um aumento na produção de frutas de 60 a 90%. Logo, os proprietários rurais devem investir na manutenção dos serviços ecossistêmicos e ambientais para conservar e aumentar a produtividade agrícola, como, por exemplo, a cafeeira.

Conforme averiguado, as APP são de extrema importância para os serviços ecossistêmicos, uma vez que elas afetam positivamente diversas funções ecossistêmicas, tais como, proteção dos recursos hídricos, proteção do solo, regulação local do clima, conserva os *habitats* naturais e a diversidade biológica, além de sua função social. Assim, são necessários realizar mais trabalhos focados no uso e ocupação dos solos, uma vez que, tais mudanças têm efeitos significativos nos ciclos biogeoquímicos, aquecimento global, erosão, uso sustentável, polinização e, talvez, com maior impacto adverso a biodiversidade (FOODY, 2001).

A diminuição das áreas de preservação permanente e reserva legal exerce efeito negativo nos serviços ecossistêmicos e ambientais que são prestados pelas mesmas, uma vez que foi verificado que estas áreas diminuíram por conta da permissibilidade do novo código, deve-se não apenas regularizar as porções irregulares seja através de punições ou a partir de pagamentos por serviços ambientais, assim como, deve-se continuar a realização de pesquisas com foco no código florestal e suas contribuições nos serviços ambientais e ecossistêmicos, tal que as áreas destinadas à preservação já vem diminuindo desde a aprovação do código em 2012.

Para tanto, mesmo com a implementação do Cadastro Ambiental Rural, que tem prazo máximo para dezembro de 2017 (podendo se entender a dezembro 2018 a critério do poder executivo), que visa a regularização das propriedades e busca a manutenção das áreas destinadas à preservação, observou-se que mesmo se os proprietários cumprissem todas as exigências, ainda assim as áreas de preservação permanente e reserva legal seriam insuficientes na manutenção dos serviços ecossistêmicos e ambientais, uma vez que a diferença do montante destas áreas é muito grande em relação ao código anterior (1965).

## CONCLUSÕES

O código florestal de 2012 é menos rigoroso do que o de 1965 na preservação dos recursos florestais. Apresenta,

na área, uma diferença de cerca de 53% em Áreas de Preservação Permanente e 17,56% em Reserva Legal não contempladas. Assim, a introdução das normas de áreas de uso consolidado, de inclusão de Áreas de Preservação Permanente no cálculo da área de Reserva Legal, de medidas de mata ciliares a partir da borda da calha do leito regular, entre outros fatores, levou às áreas que eram de proteção a perderem esse status e se tornaram regiões exploráveis, reduzindo drasticamente as áreas destinadas à preservação legal.

Em termos ambientais, o código florestal de 2012 representou um forte retrocesso nas leis ambientais do país, diminuindo as Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal e, por consequência, dos serviços ambientais e ecossistêmicos prestados.

O novo código contribui para a degradação de áreas previamente preservadas com a inclusão de Áreas de Preservação Permanente em Reserva Legal. Não estimula recuperação de Áreas de Preservação Permanente degradadas em função do conceito adotado de uso consolidado. Em termos legais o novo código representa um retrocesso na legislação ambiental e promove a própria degradação dos recursos florestais do país.

Diante do exposto, é necessária uma revisão do código, com vistas a preservação dos biomas e os serviços ambientais e ecossistêmicos prestados, já que o foco principal do novo código é o agronegócio e não a preservação ambiental, uma vez que permitiu que áreas destinadas a preservação fossem substituídas por outros usos a partir do conceito de uso consolidado.



## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Código Florestal**. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Brasília.

BRASIL. **Código Florestal**. Lei nº 4.471, de 15 de setembro de 1965. Brasília.

BRASIL, **Código Florestal**. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, Diário Oficial da União, 2012.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 2002, 170p.

DE MARCO, P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity & Conservation**, v. 13, n. 7, p. 1245-1255, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

ESRI. **ArcGIS Desktop** [software GIS] Version 10.2.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2014.

FOODY, G.M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, n. 80, p.185-201, 2002.

GOTTLE, A.; SÈNE, E.H. **Forest functions related to protection and environmental conservation**. In: Unasylyva Journal. Eleventh World Forestry Congress.1997. Antalay. FAO. v. 48/3-4. p 190-191. 1997.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Carta Topográfica do Município de Alfenas (FOLHA SF 23-I-I-3). 1st ed. Rio de Janeiro: 1970.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Carta Topográfica do Município de Areado (FOLHA SF 23-V-D-I-4). 1st ed. Rio de Janeiro: 1970.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Carta Topográfica do Município de Campestre (FOLHA SF 23-V-D-IV-2). 1st ed. Rio de Janeiro: 1970.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Carta Topográfica do Município de Machado (FOLHA SF 23-I-III-1). 1st ed. Rio de Janeiro: 1970.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: 11/12/2017

KLEIN, A-M.; STEFFAN–DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1518, p. 955-961, 2003.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Ambiental Rural**, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/desenvolvimento-rural/cadastro-ambiental-rural>> Acesso em: 20 jan. 2017

NOVO, E.M de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Edgar Blucher. 1989. 308p.

PARRON, L.M. et al. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences discussions**, v. 4, n. 2, p. 439-473, 2007.

PRIESS, J. A. et al. Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. **Ecological Applications**, v. 17, n. 2, p. 407-417, 2007.

RADAMBRASIL. **Levantamento dos recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Folhas SF. 23 / 24, Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. 780p.

REID, W.V. et al. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington, Island Press, 2005.

RICKETTS, T.H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 34, p. 12579-12582, 2004.

RICKETTS, T.H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.

SILVA, A.C. et al. Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio São Tomé. Gestão de Extensão e Estudos Independentes: **Revista do I Fórum de Extensão Universitária**. 2011. 9p.

SPAROVEK, G. et al. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos-CEBRAP**, n. 89, p. 111-135, 2011.

UFV, et al. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, **Fundação Estadual do Meio Ambiente**, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 20 de fev. de 2017. Escala 1:650.000

UFRJ; CPRM. Mapa Geológico de Alfenas. Rio de Janeiro, **Serviço Geológico do Brasil**, 2010. Escala 1:100.000

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

### Parte 3

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança do código florestal brasileiro, no ano de 2012, gerou bastante discussão pelas diversas mudanças propostas. O chamado “novo código” teve como principais mudanças à inclusão das Áreas de Preservação Permanente (APP) no cálculo de Reserva Legal (RL), a criação das áreas de uso consolidado, mudança da metragem de matas ciliares sendo tomada como parâmetro a borda da calha do leito regular do rio e a criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR).

O CAR surgiu como um método de fiscalização das propriedades rurais, já que toda propriedade deve aderir ao mesmo. Assim, realizando o cadastro de todas as propriedades é buscado o conhecimento de quais delas se encontram dentro do previsto pelo código, e quais devem se readequar. Entretanto, sabe-se que até o dia 06/06/2017 foram 3.242.840 imóveis cadastrados, de um total estimado de 5,6 milhões estimados até o final de 2017, ou seja, com o prazo final para o cadastro ainda faltam muitas propriedades a se cadastrarem. Evidentemente, muitos proprietários não irão aderir ao CAR, principalmente aqueles que detêm minifúndios ou até mesmo pequenas propriedades.

Diante das dificuldades em se obter fiscalização adequada, as geotecnologias surgem como uma ferramenta robusta para a fiscalização de regiões, utilizando imagens de sensoriamento remoto em conjunto com dados de sistemas de informação geográfica, é possível que as análises de uso e ocupação do solo sejam feitas de maneira rápida e eficaz. A escala temporal destas imagens pode ser de dias, semanas e meses, dependendo da resolução espacial das imagens adquiridas, o que propicia que estudos temporais como este sejam realizados.

Para tanto, analisando os dados obtidos pela elaboração dos mapas, observa-se que o código florestal brasileiro (2012), regrediu em relação ao anterior de (1965), tornando-se mais permissível, anistiando proprietários de terra que possuísem uso consolidado anterior a 22 de julho de 2008, diminuindo áreas de APP principalmente em mata riparia, agregando APP no cálculo de RL.

É importante que as áreas destinadas à preservação sejam mantidas desta forma, uma vez que estas oferecem serviços ecossistêmicos e ambientais que são de suma importância, não só para o bem-estar da sociedade mais também na produção agrícola, no âmbito de polinização e na melhoria da qualidade da água e solos.