

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**GABRIEL HENRIQUE DE OLIVEIRA**

**EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA COM BASE NO SISTEMA  
DE CAPACIDADE DE USO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DO CÓRREGO DO COROADO, ALFENAS - MG**

**Alfenas/MG  
2022**

GABRIEL HENRIQUE DE OLIVEIRA

EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA COM BASE NO SISTEMA  
DE CAPACIDADE DE USO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DO CÓRREGO DO COROADO, ALFENAS - MG

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia, pela Universidade Federal de Alfenas.

Área de Conhecimento: Geografia

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato.

Alfenas/MG  
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas

Solicite a elaboração da ficha catalográfica na  
Biblioteca do seu **Campus**

Ficha Catalográfica elaborada por um bibliotecário responsável  
Bibliotecário-Documentalista CRB6/XXXX

**EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA COM BASE NO SISTEMA  
DE CAPACIDADE DE USO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DO CÓRREGO DO COROADO, ALFENAS - MG**

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a Dissertação/Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas.

Aprovada em: 22 de fevereiro de 2022.

Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato  
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Assinatura:

Prof. Dr. Joaquim Ernesto Bernardes Ayer  
Centro Universitário de Paulínia - UNIFACP

Assinatura:

Prof. Dr. Felipe Gomes Rubira  
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Assinatura:

*Dedico este trabalho aos meus  
pais, Giovana e Bráulio, pois sem eles  
este trabalho e muitos dos meus sonhos  
não se realizariam.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Alfenas, pela oportunidade oferecida.

Ao corpo docente da Universidade Federal de Alfenas/ UNIFAL-MG

Ao Programa de Pós-graduação em Geografia.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato, orientador e amigo, pelos conhecimentos transmitidos, confiança depositada para realização deste trabalho e especialmente por acreditar em seus alunos.

Ao colega Guilherme Henrique Exedito Lense, pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho

À Isabella Aversa, por ficar ao meu lado e me apoiar durante essa fase final, você é especial na minha vida, amo-te.

E, principalmente, aos meus pais e minha irmã, pelo apoio e amor incondicional, sem eles nada disso seria possível, amo vocês.

## RESUMO

O sul de Minas Gerais é uma região de elevada atividade agrícola, que demanda uso intensivo do solo. Essa atividade além de reduzir a capacidade produtiva para os cultivos pode causar sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes e corpos d'água. Para evitar o uso do solo além da capacidade de suporte, em longo prazo, é fundamental o planejamento do uso, adotando práticas de manejo adequadas e que previnam sua degradação. Portanto, para o planejamento sustentável a análise multitemporal da capacidade de uso da terra em bacias hidrográfica traz diversas vantagens como preservação das suas funções ambientais, ecossistêmicas e econômicas, promove a redução dos riscos de danos ambientais e a manutenção dos recursos naturais. Diante de tais questões, a região do sul de Minas Gerais tem grande parte dos solos destinados para diferentes cultivos, em geral, sem preocupações com os impactos negativos. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi realizar a análise multitemporal de adequação de uso do solo na sub-bacia hidrográfica do Córrego Coroado no Município de Alfenas, entre 1989 e 2019. O trabalho foi executado de acordo com o levantamento do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Os resultados apontam diversas alterações no uso e ocupação do solo e na evolução da adequação do uso do solo. Com a proposta de adequação ocorre a possibilidade de tornar as áreas da sub-bacia cada vez mais produtivas.

Palavras-chave: Análise multitemporal; Adequação do solo; Atividade agrícola.

## **ABSTRACT**

The south of Minas Gerais is a region of high agricultural activity, which demands intensive use of the soil. This activity, in addition to reducing the productive capacity for crops, can cause serious environmental damage, such as silting and pollution of water sources and bodies. In order to avoid using the land beyond its carrying capacity, in the long term, it is essential to plan its use, adopting appropriate management practices that prevent its degradation. Therefore, for sustainable planning, the multitemporal analysis of land use capacity in hydrographic basins brings several advantages such as preservation of their environmental, ecosystem and economic functions, promotes the reduction of risks of environmental damage and the maintenance of natural resources. Faced with such issues, the southern region of Minas Gerais has a large part of the soils destined for different crops, in general, without concerns about negative impacts. Thus, the objective of this work was to carry out a multitemporal analysis of land use suitability in the Córrego Coroado watershed in the Municipality of Alfenas, between 1989 and 2019. The work was carried out according to the survey of the physical environment and classification of land in the capacity-use system. The results point to several changes in land use and occupation and in the evolution of land use adequacy. With the adequacy proposal, there is the possibility of making the areas of the sub-basin more and more productive.

**Keywords:** Multitemporal analysis; Soil suitability; Agricultural activity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classes de capacidade de uso das terras. ....	24
Figura 2 - Classes de uso do solo .....	25

## LISTA DE QUADROS

Quadro	1	-Tabela	1-Práticas	conservacionistas	–
EPAMIG.....					21

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 OBJETIVOS GERAIS .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>28</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>29</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>
<b>6 ANEXO – ARTIGO A SER SUBMETIDO NA REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, o ser humano interage com a natureza, com intensidade diferenciada em função de seu respectivo desenvolvimento científico e tecnológico. A relação do homem com a natureza vem se tornando cada vez mais intensa, principalmente pela necessidade por insumos. Portanto, a crescente demanda por alimentos devido ao aumento populacional tem exigido que a agricultura se torne mais produtiva.

As problemáticas relacionadas ao uso da terra fazem parte da sociedade. Pelo o solo ser um recurso natural limitado e não renovável, os crescentes problemas ambientais geram conflitos de uso devido às suas limitações, necessitando de uma harmonização para a sua utilização. Nesse contexto, o uso de práticas e manejos sustentáveis, baseadas em princípios conservacionistas, que visem à manutenção do equilíbrio hidrossedimentológico na região é indispensável.

O Brasil nos últimos anos apresenta recordes na produção, exportação e comercialização de alimentos para todo o mundo, tornando-se referência global no setor (VIBIAN; ARAÚJO; CAVAZZINI, 2021). Devido ao aumento de demanda por alimentos nos últimos séculos está sendo exigido o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes para o aumento da produtividade. Portanto, o manejo e uso do solo são essenciais, pois proporciona diversos benefícios socioeconômicos e ambientais. Para realizar essa manutenção dos diversos sistemas produtivos em uma sub-bacia é necessário conservar os solos e a biodiversidade dentro da área de estudo.

Uma forma de avaliar a qualidade da utilização dos recursos naturais de maneira sustentável, no que diz respeito ao solo, é a sua utilização correta, porém o solo deve ser usado segundo alguns atributos que tendem a ser restritivos à sua utilização, tais como: declividade, presença de erosão, fertilidade do solo, profundidade efetiva, risco de inundação, declividade, dentre outros.

O planejamento adequado na utilização dos solos para fins agrícolas necessita basear-se em informações básicas para o prolongamento de sua capacidade produtiva e racionalidade quanto ao uso e conservação. Dessa forma, o diagnóstico e prognóstico de forma adequada evita os potenciais prejuízos socioeconômicos e ao meio ambiente.

Neste cenário, o conhecimento das potencialidades do solo, do clima e do relevo é extremamente importante para se estabelecer o uso conveniente da terra em cada área. Portanto, além do planejamento do uso da terra evitar o esgotamento dos solos, os quais, em países de clima tropical como o Brasil, apesar da baixa fertilidade natural se encontram submetidos à intensa dinâmica pluvioerosiva, necessitam de um manejo adequado, para

evitar a erosão hídrica e evitar a perda dos fertilizantes utilizados para corrigir a natural baixa fertilidade.

Neste cenário, o conhecimento das potencialidades do solo, do clima e do relevo é extremamente importante para se estabelecer o uso conveniente da terra em cada área. Além do planejamento do uso da terra visa evitar o esgotamento dos solos, a erosão hídrica e também a perda dos fertilizantes utilizados.

Dessa forma diversos sistemas de avaliação de uso do solo foram desenvolvidos, entre eles o Sistema de Capacidade de uso da terra de Marques et al. (1957; 1958; 1971), Oliveira e Berg (1985) e o de Lepsch et al. (1991; 2015) que é um dos principais. O Sistema de Capacidade de uso da terra de Lepsch et al. (1991; 2015) é um instrumento de gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas e de propriedades rurais. Esse sistema define classes de capacidade de uso da terra considerando o uso mais adequado, eficiente e as limitações para uso do solo. Correlacionado ao mapa de uso do solo, o sistema aponta áreas acima da capacidade de uso e áreas sob risco de processos de degradação, como erosão hídrica, lixiviação de nutrientes e perda da capacidade produtiva.

Esse sistema foi desenvolvido originalmente nos Estados Unidos por Klingebiel e Montgomery (1961), representando uma classificação técnica, que realiza um agrupamento qualitativo de tipos de solos sem considerar a localização ou as características econômicas da terra. Nesse processo, diversas características e propriedades são sintetizadas, visando à obtenção de classes homogêneas de terras, para definir sua máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo, especialmente da erosão acelerada.

Diante de tais questões, o estudo atual foi desenvolvido na área da Sub-Bacia hidrográfica do córrego Coroadado, que pertencente à bacia hidrográfica do Rio Grande e está inserido na Fazenda Capoeirinha (Ipanema Agrícola SA), no município de Alfenas, sul de Minas Gerais, Brasil. O trabalho objetivou a realização de uma proposta de adequação do uso da terra com base na capacidade de uso de Lepsch et al. (1991; 2015), realizando uma em uma análise multitemporal entre os anos 1989 e 2019.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

O trabalho objetivou a realização de uma proposta de adequação do uso da terra com base na capacidade de uso de Lepsch et al. (1991; 2015), realizando uma em uma análise multitemporal entre 1989 e 2019 na da sub-bacia hidrográfica do córrego do Coroado, Alfenas-MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Indicar propostas para adequação do uso e manejo de acordo com práticas sustentáveis;
- Determinar as potencialidades e limitações do uso agrícola na sub-bacia;
- Identificar os setores que apresentam maior criticidade em relação aos processos erosivos.

### 3 JUSTIFICATIVA

O sul de Minas Gerais é uma região de elevada atividade agrícola, que demanda uso intensivo do solo. Além de reduzir a capacidade produtiva algumas culturas, causam sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes de água. Para evitar o uso do solo além de sua capacidade de suporte em longo prazo, é fundamental o planejamento do uso racional, adotando práticas de manejo adequadas e que previnam sua degradação (GIBOSHI; RODRIGUES; LOMBARDI NETO, 2006).

Perda de produtividade e erosão dos solos é desencadeada pela utilização inadequada das terras e isso remete a prejuízos para o agricultor. (MENDONÇA; LOMBARDI NETO; 2006; CUNHA; PINTON, 2012; AYER et al., 2015). A degradação do solo em sub-bacias hidrográficas provoca diversos problemas ambientais e econômicos, considerando que esse processo contribui para a diminuição da fertilidade dos solos, perda de nutrientes e carbono orgânico presentes nas partículas, acarretando grandes prejuízos para as atividades econômicas no país (EDUARDO, 2012), também o material removido pode ser depositado nos cursos d'água causando o assoreamento e alterando ambientais do rio.

Portanto para o planejamento ambiental, analisar a capacidade de uso da terra em sub-bacia hidrográfica como unidade de estudo traz as seguintes vantagens se o estudo for aplicado: preservação das suas funções ecológicas e econômicas, racionalização da utilização dos recursos; adoção de práticas conservacionistas de forma integrada; redução de riscos ambientais e manutenção dos mananciais (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

Diante disso, a região sul de Minas Gerais tem grande parte dos solos destinados a cultivos, em geral, sem preocupação com os impactos negativos do cultivo. Desse modo, a avaliação multitemporal do uso e ocupação da terra, associado com a capacidade de uso possibilitará a minimização dos impactos causados aos solos, possibilitando o desenvolvimento de propostas de adequação aumentando a produção na sub-bacia hidrográfica.

#### 4 REFERENCIAL TEÓRICO

O solo é um recurso natural complexo e dinâmico formado a partir da atuação conjunta dos fatores climáticos, geomorfológicos, material de origem, organismos vivos e o tempo (LIMA, 2001).

Todo esse processo ocorre a partir da pedogênese que envolve a atuação de processos de intemperismo físico, biológico ou químico. Dessa forma, o tipo de rocha de origem e a transferência dos minerais particulados, após o processo de pedogênese influenciam as características e fertilidade do solo. Dessa forma, compreender e identificar quais são os processos atuantes no solo contribui para a mitigação, conservação e o funcionamento desses sistemas naturais.

Logo, para evitar o uso do solo além de sua capacidade de suporte em longo prazo, é fundamental o planejamento do uso sustentável adotando práticas de manejo adequadas e que previnam sua degradação (GIBOSHI; RODRIGUES; LOMBARDI NETO, 2006). Diante disso, as práticas de manejo devem ser adotadas considerando quais são os tipos de solo, sua estrutura, os fatores climáticos e a geologia da área. Nesse contexto, é necessário compreender os tipos de solo da área de estudo, a fim de entender suas necessidades.

O tipo de solo mais abundante e utilizado na agropecuária do sul de Minas Gerais é o Latossolo, que em condições naturais, possuem grande estabilidade e resistência à erosão (AYER et al., 2015). Contudo, sem o uso de técnicas apropriadas de manejo do solo e sem a cobertura vegetal necessária, ocorre a degradação e alteração da estrutura e a perda do próprio solo, de matéria orgânica, nutrientes e demais insumos usados no cultivo do solo pela erosão.

Concomitantemente a formação do solo, ocorre à erosão do solo com a remoção de suas partículas pela atuação de forças exógenas, principalmente pela ação do vento e da água. A erosão é a energia cinética dos agentes erosivos, que com diminuição progressiva da energia, ocorre à deposição dos sedimentos originada do material erodido (WEILL, 1999).

Dentre as principais alterações causadas pela erosão estão à redução da porosidade do solo, que afeta a permeabilidade hídrica (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Além disso, as práticas de manejos ineficientes, além da erosão hídrica podem acarretar o assoreamento dos corpos d'água, a contaminação dos recursos hídricos e da cadeia trófica, devido ao carreamento de insumos agrícolas, além de perdas de solo insustentáveis, acima do limite da Tolerância de Perda de Solo (TPS).

Existem vários tipos de erosão quanto ao grau de intensidade. A erosão hídrica é ocasionada pela ação erosiva da chuva, que causa a desagregação e a remoção das

partículas do solo promovendo o transporte desse material fragmentado por escoamento superficial (BRADY; WEIL, 2013). A erosão por fluxo concentrado desenvolve-se em linhas de talvegue ou nos cursos de drenagem de primeira ordem, resultando no entalhamento vertical do terreno, no rebaixamento das vertentes laterais e no alargamento do vale da drenagem (ZACHAR; BINGHAM 1982). A erosão laminar ocorre através do escoamento superficial difuso da água da chuva de maneira lenta e é de difícil mensuração, porém sempre se espalha sobre extensas áreas, chegando a recobrir cerca de dois terços ou mais das encostas, em uma bacia de drenagem, durante um pico de evento chuvoso, sendo considerada uma das principais responsável pela de sedimento em uma bacia hidrográfica (Horton, 1945). Portanto, determinar os riscos potenciais de intensificação da erosão e estimar as perdas de solo é importante para o planejamento ambiental e das atividades agrícolas e pecuárias de uma região (LIMA, 2001).

Dessa forma, para manter o funcionamento dos sistemas naturais de uma determinada área, evitando grandes perdas para a erosão e impactos ambientais concomitantes, deve ocorrer o equilíbrio biótico, abiótico do meio ambiente e da biodiversidade. Uma forma de auxiliar o funcionamento desses sistemas e realizando práticas conservacionistas corretas. Segundo a EPAMIG de maneira geral existem três tipos principais de práticas conservacionistas, as vegetativas, as edáficas e as mecânicas, apontadas a seguir.

Quadro 1 – Práticas conservacionistas - EPAMIG

Práticas conservacionistas – EPAMIG		
Vegetativas	Edáficas	Mecânicas
Florestamento e Reflorestamento	Uso do solo de acordo com sua capacidade	Distribuição racional dos caminhos e corredores
Manejo de Pastagens	Adubação verde	Preparo do solo e plantio em contorno
Plantas de cobertura	Eliminação e controle do fogo	Sulcos e camalhões em pastagens
Plantio direto	Calagem	Canais divergentes
Culturas em faixas	Adubação química	Canais escoadouros
Cordões de vegetação permanente	Adubação orgânica	Patamares
Alternância de capinas		Banquetas individuais
Ceifa do mato		Terraços
Cobertura morta		
Faixa de bordadura		
Quebra-ventos		

Fonte: EPAMIG

Dentre as práticas conservacionistas vale destacar as que abordam a cobertura vegetal, pois acarreta a proteção do solo, atuando na prevenção e controle da erosão.

Nesse caso, a vegetação exerce papel de amortecedor da energia cinética contida na gota d'água da chuva e seu impacto com o solo, evitando o primeiro estágio da erosão.

A prática conservacionista edáfica de uso de acordo com a sua capacidade encaixa diretamente com o objetivo desse trabalho, pois o primeiro passo para alcançar uma agricultura sustentável é adequar as terras segundo a sua capacidade de uso. O sistema de capacidade de uso da terra de Lepsch et al. (2015) visa identificar as limitações permanentes e possibilidades de uso das terras, sistematizando as informações de uma determinada área para definir a máxima capacidade de uso da terra.

Esse sistema é uma classificação técnica- interpretativa originalmente estruturada pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos, para agrupar solos em classes de capacidade de uso, o qual foi adaptado para as condições do Brasil por Lepsch et al. (1991; 2015), estando na sua quarta aproximação revisada. Assim, considerando a ampla adaptação para o cenário brasileiro, entende-se que tal avaliação técnica é essencial para se compreender o quadro de degradação das terras agrícolas da área estudada.

Atualmente, o sistema de classificação da terra está publicado pelo título "*Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*" (LEPSCH et al., 2015). A utilização do atual sistema é recomendada, segundo Lepsch et al. (2015), principalmente para fins de planejamento de práticas de conservação, ao nível de propriedades ou para pequenas bacias hidrográficas. Porém, como agrupa diversas variáveis, tem sido utilizada para solução de outros problemas que não são necessariamente relacionados à erosão (LEPSCH et al., 2015).

Este sistema caracteriza as propriedades do meio físico de forma sintetizada visando obter agrupamentos de terras similares, com o objetivo de observar a máxima capacidade de uso do solo para a agricultura. Dessa forma, o sistema define grupos, classes, subclasses e unidades. Os grupos constituem categorias de nível mais elevado, estabelecidos com base na maior ou menor intensidade de uso das terras, designada, em ordem decrescente, pelas letras A, B e C (LEPSCH et al., 2015).

Este sistema caracteriza as propriedades do meio físico de forma sintetizada visando obter usos de terras similares, com o objetivo de observar a máxima capacidade de uso do solo para a agricultura. Dessa forma, o sistema define grupos, classes, subclasses e unidades. Os grupos constituem categorias de nível mais elevado, estabelecidos com base na maior ou menor intensidade de uso das terras, designada, em ordem decrescente, pelas letras A, B e C (LEPSCH et al., 2015).

Grupo A: terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre;

Grupo B: terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre;

Grupo C: terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água.

As classes de capacidade de uso são oito, convencionalmente designadas por algarismos romanos, em que a intensidade de uso é decrescente no sentido I-VIII, conforme ilustrado na Figura 1.

Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;

Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

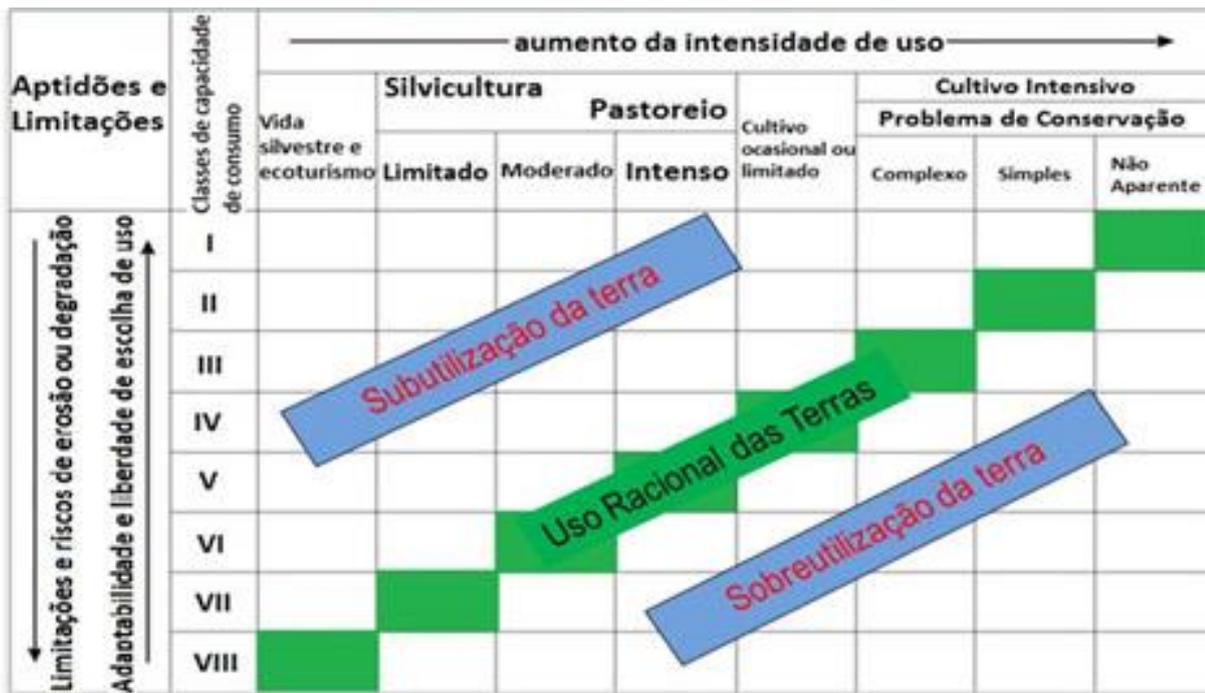
Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;

Classe V: terras adaptadas – em geral para pastagens, e, em alguns casos, para reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação – cultiváveis apenas em casos muito especiais;

Classe VI: terras adaptadas – em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação – cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;

Classe VII: terras adaptadas – em geral somente para pastagens ou reflorestamento – com problemas complexos de conservação;

Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, que podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água.

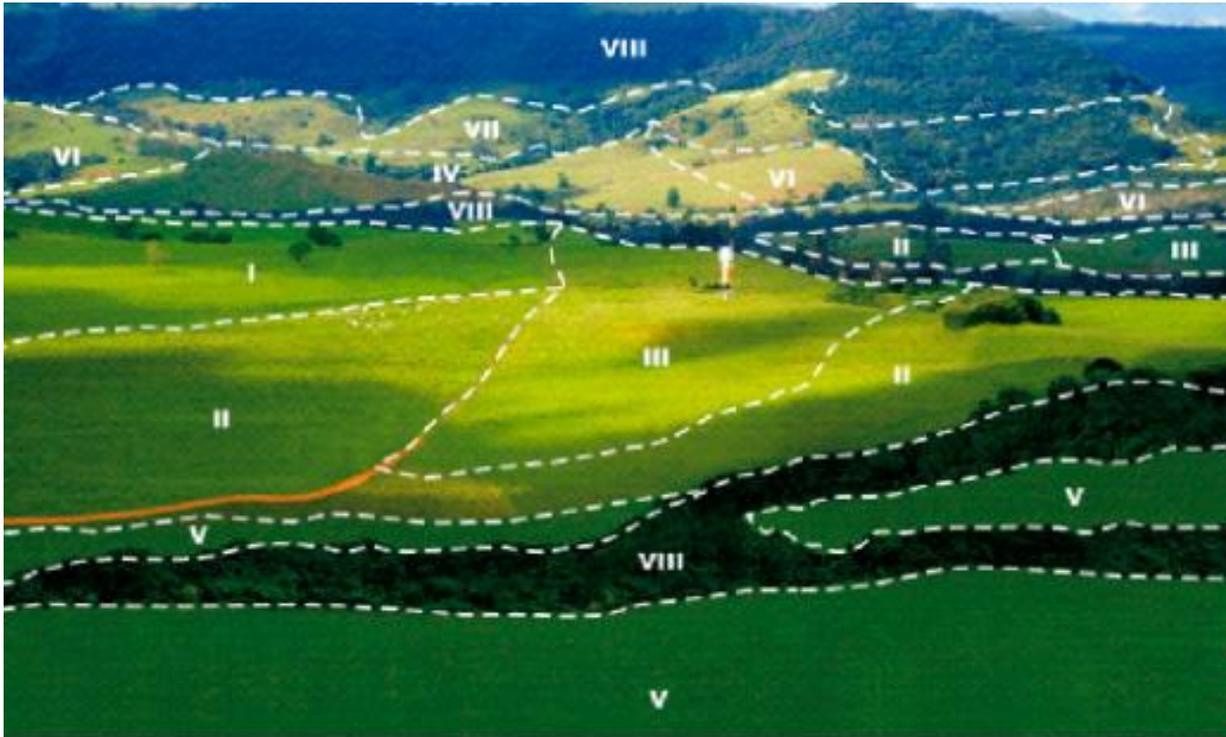


Fonte:

Figura 1. Classes de capacidade de uso das terras, de LEPSCH et al. (2015).

As classes de capacidade de uso do solo (Figura 2) são definidas, em termos gerais, pelo ponto de vistas das condições da terra, ou seja, as condições locais de relevo, clima, solo e por suas interações, sem considerar as características econômicas ou a localização da área (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; LEPSCH et al., 2015). Para a classificação da capacidade de uso existem quatro níveis hierárquicos estruturados em quatro categorias: grupos, classes, subclasses e unidades. Quanto menor o nível da categoria, a classificação indica a maior possibilidade de uso mais intensivo, ou então de menor restrição para a área (LEPSCH et al., 2015).

Figura 2. Classes de uso do solo



Fonte: LEPSCH et al. (2015).

Esses grupos hierárquicos consideram o ordenamento das culturas agropecuárias, por ordem decrescente de intensidade de uso, em culturas anuais, perenes, pastagens/reflorestamento e vida silvestre, identificando as terras passíveis de qualquer utilização, seguindo-se as indicações das classes definidas de forma prévia, que indicam as restrições quanto ao uso do solo, como mostrado na figura 2. As áreas que não possibilitam o desenvolvimento de vegetação, são denominadas: tipos de terreno e, não são classificadas em nenhuma das classes de capacidade de uso, enquadrando-se afloramentos de rochas, areias de praias, áreas escavadas pelo homem etc. (LEPSCH et al., 2015).

Para realizar todos esses processos de planejamento ambiental citados anteriormente o uso do geoprocessamento é indispensável. O planejamento é destinado a resolver, racionalmente, os problemas que afetam uma sociedade situada em determinado espaço, em determinada época, através de uma previsão ordenada capaz de antecipar suas consequências. Para realizar esse processo de planejamento os usos dos Sistemas de Informação Geográfica e do Sensoriamento Remoto são de suma importância, pois a partir dele obtemos os dados espaciais para as análises necessárias no planejamento.

A aplicação da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica facilita o monitoramento do uso do solo, pois técnicas relativamente simples podem fornecer informações que permite a avaliação pontual e temporal, reparação e readequação dos usos, a um custo aceitável, sendo assim (PELEGRIN, 2001).

Segundo Shimabukuro et al. (1993), para avaliar e monitorar as condições ambientais das sub-bacias e suas mudanças ao longo de séries temporais é importante o uso de SIG's e sensoriamento remoto; por lidarem com um grande volume de dados espaço-temporais. Estas técnicas têm conferido vantagens crescentes em termos de custo-benefício e periodicidade no levantamento dos recursos naturais, no ordenamento territorial do meio rural e na solução dos impactos ambientais (MOREIRA et al., 2019).

À viabilidade do monitoramento de grandes áreas e a repetitividade proporcionada pela utilização de dados de Sensoriamento Remoto, sendo usado como fonte de dados para Sistema de Informação Geográfica proporciona a criação de mapas temáticos atuais, utilizados como uma camada de dados, como por exemplo, o mapa temático de ocupação de solo, do presente trabalho.

As aplicações do geoprocessamento são multidisciplinares, podendo ser aplicado na análise ambiental, socioeconômicas e saúde, separadamente ou em conjunto, dependendo do objetivo do usuário.

## REFERÊNCIAS

AYER, J. E. B.; OLIVETTI D.; MINCATO R. L.; SILVA M. L. N.; **Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 45, p. 180-191, 2015.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução técnica: LEPSCH, I. F. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. **Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídio total e ácido graxos em camarão rosa (Penaeus brasiliensis)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 17, n. 3, 1997.

CUNHA, C.M.L.; PINTON, L. G. **Avaliação da capacidade de uso das terras na bacia hidrográfica do córrego do cavalheiro – Analândia, SP**. São Paulo: UNESP, Revista Geociências. v.31, n.3, 2012, p.-459-471.

EDUARDO, E.N. **Determinação da erodibilidade e do fator cobertura e manejo do solo sob condições de chuva natural e simulada**. Seropédica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A; LOMBARDI NETO, F. **Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.10. n.4, p. 861-866. 2006.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological society of America bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. **Land - capability classification**. Washington, D. C. USDA, 1961. 21p. (Agriculture Handbook 210)

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. SIQUEIRA, D. S. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1º edição, Viçosa 2015.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.

LIMA, V. C. **Fundamentos de pedologia.** Fundamentos de pedologia Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2001. 343p

MARQUES, J. Q. A.; BERTONI, J.; GROHMANN, F. **Levantamento conservacionista.** Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, SP, 1957. 33p. (Boletim 67). 67

MARQUES, J. Q. A. **Manual brasileiro para levantamentos conservacionistas: 2- aproximação.** Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos (ETA). Rio de Janeiro, RJ, 1958. 135p.

MARQUES, J. Q. A. **Manual para levantamento da capacidade de uso da terra: 3- aproximação.** Escritório Brasil-Estados Unidos (ETA). Rio de Janeiro, RJ, 1971. 433p.

MENDONÇA, I. F. C.; LOMBARDI NETO, F.; VIÉGAS, R. A. **Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Riacho Uma, Sapé, PB.** Campina Grande: Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.10, n.4. 2006. p. 888-895

MOREIRA, K. F. **Geotecnologias aplicadas na análise de uso da terra de uma microbacia.** Geotecnologias aplicadas na análise de uso da terra de uma microbacia, p. 1-388–416. SIG aplicado no diagnóstico do uso e ocupação do solo de microbacias hidrográficas. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

OLIVEIRA, J. B.; BERG, M. V. D. **Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras.** II Memorial Descritivo. Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, SP, 1985. 60p. (Boletim Técnico n. 0 102).

PELEGRIN, L. A. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao mapeamento do uso do solo: a Bacia do Rio Pará como um exemplo.** 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Análise Espacial) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/MG, 2001.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** Tópicos em ciência do solo, v. 5, p. 49-134, 2007.

SHIMABUKURO, M.T., JOLY, C.A., CRÓSTA, A.P., SILVA, A.B. **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para o estudo de microbacias. O caso do córrego Gouveia, SP.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENCORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. Anais. Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993. p.273-7.

VIBIAN S.; DE ARAÚJO J.; CAVAZZINI L. A. **Os impactos na implementação da moratória da soja no Brasil e os índices de consumo internacional.** South American Development Society Journal, v. 7, n. 21, p. 254, 2021.

WEILL, M. A. M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP) através do índice de tempo de vida.** Piracicaba, 1999. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ZACHAR, Z.; BINGHAM, P. M. **Regulation of white locus expression: the structure of mutant alleles at the white locus of *Drosophila melanogaster*.** Cell, v. 30, n. 2, p. 529-541, 1982.



# **Evolução do uso da terra com base no sistema de capacidade de uso da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego do Coroado, Alfenas - MG**

Gabriel Henrique de Oliveira<sup>1</sup>, Joaquim Ernesto Bernardes Ayer<sup>2</sup>, Felipe Gomes Rubira<sup>3</sup>,  
Ronaldo Luiz Mincato<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas, Av. Jovino Fernandes Sales, 2.600, Cep 37133-840, Alfenas, Minas Gerais, E-mail: [gabriel.henrique@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:gabriel.henrique@sou.unifal-mg.edu.br). <sup>2</sup> Professor do Centro Universitário de Paulínia (UNIFACP). Rua Maria Vilac, 121 – Jardim ela Vista. Cep: 13.140-000 – Paulínia – São Paulo, E-mail: [joaquimeba@gmail.com](mailto:joaquimeba@gmail.com). <sup>3</sup> Professor da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Av. Jovino Fernandes Sales, 2.600, Cep 37133-840, Alfenas, Minas Gerais, E-mail: [felipe.rubira@unifal-mg.edu.br](mailto:felipe.rubira@unifal-mg.edu.br). <sup>4</sup> Professor da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Cep: 37.130-001 – Alfenas, Minas Gerais, Email: [ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br](mailto:ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br).

## **RESUMO**

O sul de Minas Gerais é uma região de elevada atividade agrícola, que demanda uso intensivo do solo. Essa atividade além de reduzir a capacidade produtiva para os cultivos pode causar sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes e corpos d'água. Para evitar o uso do solo além da capacidade de suporte, em longo prazo, é fundamental o planejamento do uso, adotando práticas de manejo adequadas e que previnam sua degradação. Portanto, para o planejamento sustentável a análise multitemporal da capacidade de uso da terra em bacias hidrográficas traz diversas vantagens como preservação das suas funções ambientais, ecossistêmicas e econômicas, promove a redução dos riscos de danos ambientais e a manutenção dos recursos naturais. Diante de tais questões, a região do sul de Minas Gerais tem grande parte dos solos destinados para diferentes cultivos, em geral, sem preocupações com os impactos negativos. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi realizar a análise multitemporal de adequação de uso do solo na sub-bacia hidrográfica do Córrego Coroado no Município de Alfenas, entre 1989 e 2019. O trabalho foi executado de acordo com o levantamento do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Os resultados apontam diversas alterações no uso e ocupação do solo e na evolução da adequação do uso do solo. Com a proposta de adequação ocorre a possibilidade de tornar as áreas da sub-bacia cada vez mais produtivas.

**Palavras-chave:** Análise multitemporal; Adequação do solo; Atividade agrícola.

## **Evolution of land use based on the use capacity system of the Córrego Coroado Hydrographic Sub-basin, Alfenas - MG**

### **ABSTRACT**

The south of Minas Gerais is a region of high agricultural activity, which demands intensive use of the soil. This activity, in addition to reducing the productive capacity for crops, can cause serious environmental damage, such as silting and pollution of water sources and bodies. In order to avoid using the land beyond its carrying capacity, in the long term, it is essential to plan its use, adopting appropriate management practices that prevent its degradation. Therefore, for sustainable planning, the multitemporal analysis of land use capacity in hydrographic basins brings several advantages such as preservation of their environmental, ecosystem and economic functions, promotes the reduction of risks of environmental damage and the maintenance of natural resources. Faced with such issues, the southern region of Minas Gerais has a large part of the soils destined for different crops, in general, without concerns about negative impacts. Thus, the objective of this work was to carry out a multitemporal analysis of land use suitability in the Córrego Coroado watershed in the Municipality of Alfenas, between 1989 and 2019. The work was carried out according to the survey of the physical environment and classification of land in the capacity-use system. The results point to several changes in land use and occupation and in the evolution of land use adequacy. With the adequacy proposal, there is the possibility of making the areas of the sub-basin more and more productive.

**Keywords:** Multitemporal analysis; Soil suitability; Agricultural activity.

### **Introdução**

Desde o início da civilização, a humanidade interage com a natureza, com intensidade diferenciada em função de seu respectivo desenvolvimento científico e

tecnológico. A relação do homem com a natureza vem se tornando cada vez mais intensa, principalmente pela necessidade por insumos. Portanto, a crescente demanda por alimentos devido ao crescimento demográfico tem exigido uma maior produção por parte dos sistemas agrícolas.

As problemáticas relacionadas ao uso da terra fazem parte da sociedade. Pelo o solo ser um recurso natural limitado e não renovável, os crescentes problemas ambientais geram conflitos de uso devido às suas limitações, necessitando de uma harmonização para a sua utilização.

Dessa forma a elaboração de um plano emergencial e de um protocolo para ações anteriores e posteriores aos desastres é fundamental para assegurar o bem-estar da população (Servidoni et al., 2021). Nesse contexto, o uso de práticas e manejos sustentáveis, baseadas em princípios conservacionistas, que visem à manutenção do equilíbrio hidrossedimentológico na região é indispensável.

O Brasil nos últimos anos apresenta recordes na produção, exportação e comercialização de alimentos para todo o mundo, tornando-se referência global no setor (VIBIAN; ARAÚJO; CAVAZZINI, 2021). Devido ao aumento de demanda por alimentos nos últimos séculos está sendo exigido o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes para o aumento da produtividade. Portanto, o manejo e uso do solo são essenciais, pois proporciona diversos benefícios socioeconômicos e ambientais. Para realizar essa manutenção dos diversos sistemas produtivos em uma sub-bacia é necessário conservar os solos e a biodiversidade dentro da área de estudo.

Uma forma de avaliar a qualidade da utilização dos recursos naturais de maneira sustentável, no que diz respeito ao solo, é a sua utilização correta, porém o solo deve ser usado segundo alguns atributos que tendem a ser restritivos à sua utilização, tais como: declividade, presença de erosão, fertilidade do solo, profundidade efetiva, risco de inundação, declividade, dentre outros.

O planejamento adequado na utilização dos solos para fins agrícolas necessita basear-se em informações básicas para o prolongamento de sua capacidade produtiva e racionalidade quanto ao uso e conservação. Dessa forma, o diagnóstico e prognóstico de

forma adequada evita os potenciais prejuízos socioeconômicos e ao meio ambiente.

Neste cenário, o conhecimento das potencialidades do solo, do clima e do relevo é extremamente importante para se estabelecer o uso conveniente da terra em cada área. Portanto, além do planejamento do uso da terra evitar o esgotamento dos solos, os quais, em países de clima tropical como o Brasil, apesar da baixa fertilidade natural se encontram submetidos à intensa dinâmica pluvioerosiva, necessitam de um manejo adequado, para evitar a erosão hídrica e evitar a perda dos fertilizantes utilizados para corrigir a natural baixa fertilidade.

Neste cenário, o conhecimento das potencialidades do solo, do clima e do relevo é extremamente importante para se estabelecer o uso conveniente da terra em cada área. Além do planejamento do uso da terra visa evitar o esgotamento dos solos, a erosão hídrica e a perda dos fertilizantes utilizados.

Dessa forma diversos sistemas de avaliação de uso do solo foram desenvolvidos, entre eles o Sistema de Capacidade de uso da terra de Marques et al. (1957; 1958; 1971), Oliveira e Berg (1985) e o de Lepsch et al. (1991; 2015) que é um dos principais. O Sistema de Capacidade de uso da terra de Lepsch et al. (1991; 2015) é um instrumento de gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas e de propriedades rurais. Esse sistema define classes de capacidade de uso da terra considerando o uso mais adequado, eficiente e as limitações para uso do solo. Correlacionado ao mapa de uso do solo, o sistema aponta áreas acima da capacidade de uso e áreas sob risco de processos de degradação, como erosão hídrica, lixiviação de nutrientes e perda da capacidade produtiva.

Esse sistema foi desenvolvido originalmente nos Estados Unidos por Klingebiel e Montgomery (1961), representando uma classificação técnica, que realiza um agrupamento qualitativo de tipos de solos sem considerar a localização ou as características econômicas da terra. Nesse processo, diversas características e propriedades são sintetizadas, visando à obtenção de classes homogêneas de terras, para definir sua máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo, especialmente da erosão acelerada.

Diante de tais questões, o estudo atual foi desenvolvido na área da Sub-Bacia hidrográfica do córrego Coroado, que pertence à bacia hidrográfica do Rio Grande

e está inserido na Fazenda Capoeirinha (Ipanema Agrícola SA), no município de Alfenas, sul de Minas Gerais, Brasil. O trabalho objetivou a realização de uma proposta de

adequação do uso da terra com base na capacidade de uso de Lepsch et al. (1991; 2015), realizando uma em uma análise multitemporal entre os anos 1989 e 2019.

### Materiais e Métodos

A Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Coroado está localizada no Município de Alfenas, sul de Minas Gerais (Figura 1-A) entre as coordenadas UTM 403784 a 406399 W e 7620076 a 7616515 S, zona 23K, representando uma área total de 540 hectares. A sub-bacia pertence à Bacia Hidrográfica do

Rio Grande e é afluente do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas, que possui importância estratégica no abastecimento elétrico e hídrico da região (Ayer et al., 2015). A figura a seguir representa a localização da área de pesquisa com o mapa digital de solos (B).

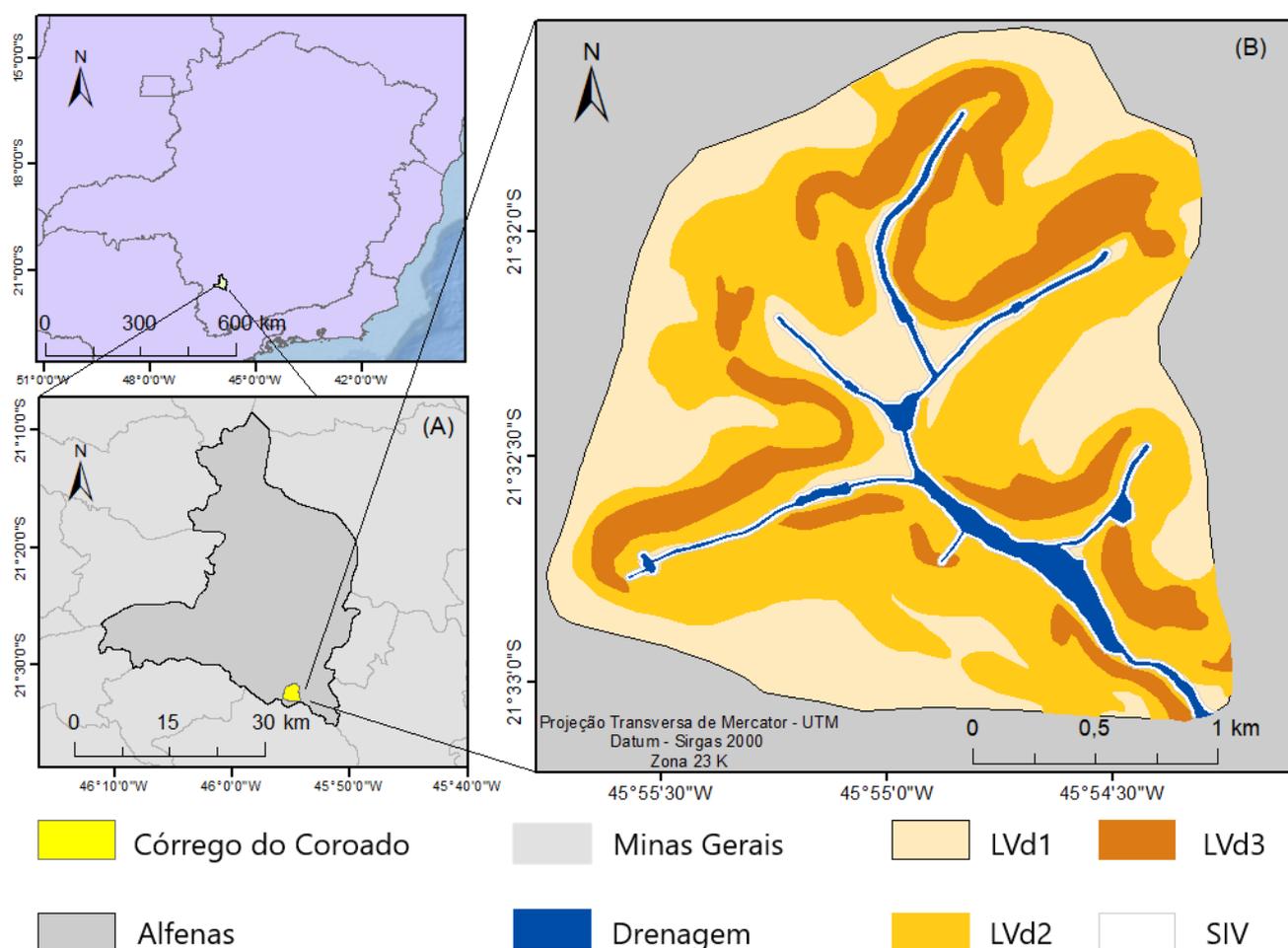


Figura X. (A) Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego do Coroado – Alfenas/MG. (B) Solos da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Coroado. Latossolo Vermelho distrófico em relevo plano a levemente ondulado (LVd1), relevo ondulado (LVd2) e relevo fortemente ondulado (LVd3), solos indiscriminados de várzea (SIV) (USDA, 1999).

Para estudos agrícolas é necessário caracterizar os aspectos físicos da área de estudo. O clima da região de acordo com a classificação Köppen de 1900 é subtropical de altitude (Cwb) com precipitação média anual de 1.500 mm, sendo entre outubro e março a maior concentração de chuvas. (Sparovek,

2007). A temperatura média anual oscila entre 21 e 23° C. O verão e a primavera são mais quentes, com máximas diárias de 28 a 30° C. No inverno, as médias mensais variam de 17 a 19° C, com mínimas diárias entre 9 e 10° C (Alfenas, 2006). O Sul de Minas Gerais possui história geológica complexa de evolução,

caracterizada por múltiplos ciclos magmáticos, metamórficos e cataclásticos, que se sobrepõem. A área é marcada por marcante tectônica de empurrão de orientação E-W, associada à Cunha de Varginha - Guaxupé (Hasui, 2010).

O arcabouço geológico da área ocupa o setor central da Província Tectônica da Mantiqueira, ao sul do Cráton do São Francisco e no limite norte da Cunha de Varginha - Guaxupé. É formada por rochas pré-cambrianas de alto grau metamórfico, como hiperstênio granulitos, gnaisses graníticos bandados, em associação com rochas neopaleozóicas. As altitudes variam de 800 a 1200 m e as cotas mais elevadas resultam da ocorrência das rochas charnoquíticas em meio às colinas gnáissicas. Na área, a tectônica intensa, de orientação E-W, formaram áreas rebaixadas preenchidas por coberturas pedológicas recentes e sedimentos quaternários (Hasui, 2010).

A unidade geológica da área de estudo, o Complexo Varginha – Guaxupé, é constituído por dois litofácies, o granulítico basal e o

paragnaisse migmatítico, ambos neoprototerozoicos, que pelo intemperismo gera materiais argilosos ou silto-argilosos, coerentes e de permeabilidade restrita (Ayer et al., 2019). Em Alfenas, os Latossolos Vermelhos distróficos, textura argilosa, fase cerrado, relevos plano e suave ondulado são dominantes (Ayer et al., 2019). Devido à idade pré-cambriana, a área é relativamente estável, com ação da erosão reduzida em relação aos solos dos relevos acidentados. Pois, devido à longa exposição do substrato geológico à meteorização, que gera Latossolos espessos e de porosidade e permeabilidade elevadas (Brasil, 1962).

A área de estudo está situada no planalto Sul de Minas Gerais ou planalto de Varginha, superfície Alto Rio Grande (DNPM, 1979), do planalto Atlântico do Sudeste (Ab'Saber, 1975). A declividade da área de estudo (Figura 2-A) varia de 795 a 922 m, com três valores de declive (B) 0-8%, 8-21% e 21->45%. O modelado é caracterizado pela dissecação homogênea e predomínio de colinas e morros (Brasil, 1962; DNPM, 1979).

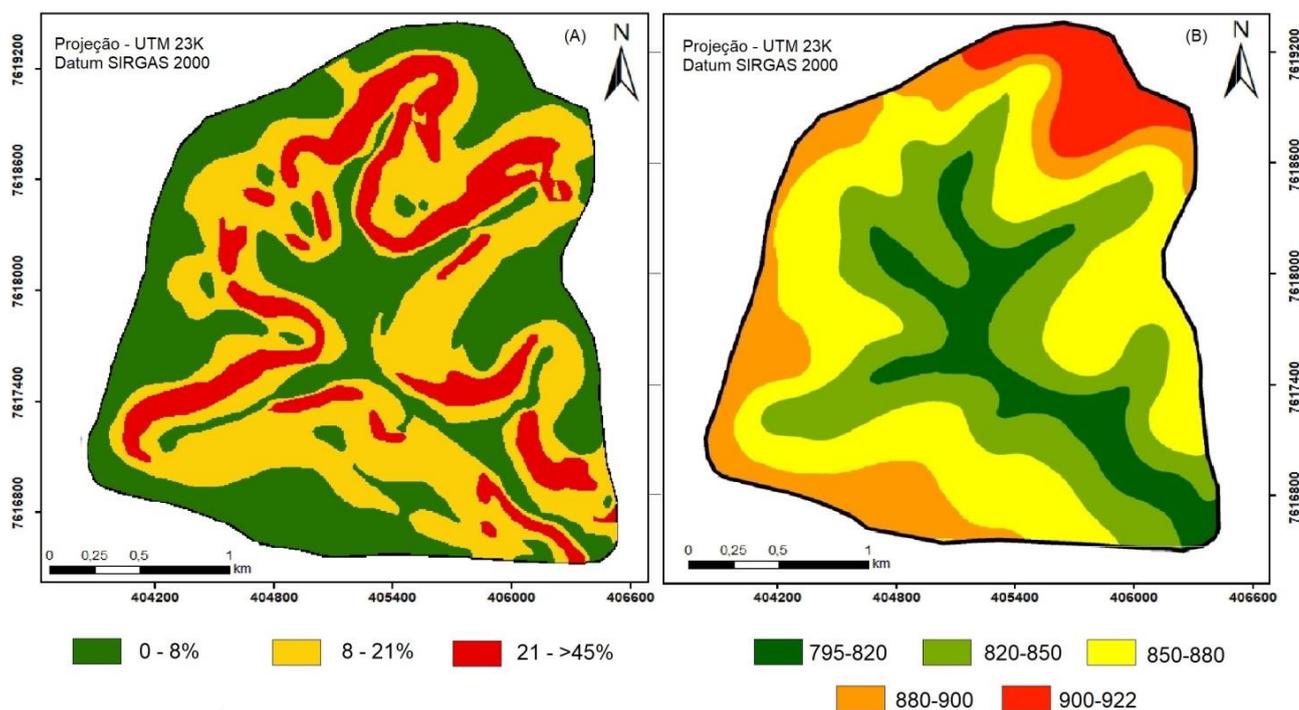


Figura 2. (A) Declividade da área de estudo, com três valores de declive 0-8%, 8-21% e 21->45%. (B) Hipsômetria em metros variando de 795 a 922 m.

Na área encontram-se fragmentos de vegetação nativa, típicos de mata atlântica e de cerrado. De acordo com Brasil (1962), a região do lago da UHE de Furnas apresenta as fisionomias vegetais Campos, Savanas

(Cerrados) e Formações florestais (mata Atlântica). Sendo que Alfenas está localizada na transição entre estes biomas. Todo o banco de dados foi submetido a processos de padronização e

georreferenciamento no sistema datum SIRGAS 2000, projeção UTM Fuso 23 K manipulados no software ArcMap 10.8. As análises multitemporais foram realizadas sobre o uso e ocupação das terras e na proposta de adequação de uso. A avaliação multitemporal do uso e cobertura do solo e de adequação de uso foi baseada na série histórica de 1989, 1999, 1999, 2009 e 2019, correspondente ao período de 40 anos. Esse processo foi realizado por comparação entre os materiais finais de cada ano analisado, observando as diferentes culturas, quantidade de área em hectares plantados, distribuição das culturas e a quantidade de áreas inadequadas e adequadas.

Por conseguinte, para executar a metodologia de Lepsch et. al. (2015) foram necessárias imagens de satélites Landsat-5 (Sistema de scanner multiespectral: 80 m e Mapeador Temático: 30 m) de 1989, 1999, 2009 e Landsat-8 (Pancromático: 15 m, Multiespectral: 30 m e Termal: 100 m) de 2019, a fim de melhorar os materiais como as feições de relevo, hidrografia e uso e ocupação do solo.

Algumas das informações utilizadas para definição da capacidade de uso das terras foram obtidas de Lense et. al. (2019) por intermédio de grupo de pesquisa sobre erosão e conservação do solo no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Alfenas – MG, como as análises físicas e químicas do solo.

A confecção do mapa digital de solos (Figura 1-B) foi feito a partir do uso do modelo digital de elevação como atributo básico de formação do solo (McBratney; Santos, 2003), combinado com descrições morfológicas, análises físicas e químicas de amostras de solo realizadas por Lense et al. (2019). As amostras do solo foram coletadas em diferentes pontos adentrando nas profundidades de acordo com as classes de relevo e uso do solo. A profundidade e a descrição morfológica de cada solo foram feitas em micro trincheiras (40 x 40 x 60 cm).

As análises do solo foram realizadas de acordo com os atributos físicos, tais como textura e permeabilidade do solo à água. A partir do resultado desses fatores podem-se definir as propriedades do solo, como o teor

de matéria orgânica, fertilidade, capacidade de troca catiônica, entre outros atributos.

O Modelo de Elevação Digital e a declividade (Figura 2-B) foi obtido com base nas curvas de nível do Mapa Topográfico de Alfenas (IBGE, 1970) 1:50000, com 20 m de equidistância entre as curvas de nível da sub-bacia.

A classificação do uso das terras foi feita utilizando o software ArcMap 10.8, baseado em levantamentos de campo e imagens do satélite Landsat-5 e Landsat-8 nas datas de 5 de março de 1989, 12 de setembro de 1999, 23 de agosto de 2009 e 5 de março de 2019. Para compreender os diferentes usos foram observadas diferentes variáveis nas imagens, como: padrões de uso da terra, textura, cor e rugosidade da imagem, realizando a classificação manual dos diferentes usos.

A determinação das classes de capacidade de uso do solo obedeceu aos critérios estabelecidos no “Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso” (Lepsch et al., 2015).

Seguindo as características do meio físico descrito, a classificação das terras identificou cinco classes de uso, sendo elas I, II, IV, VII e VIII, conforme é exposto a seguir (Figura 3). As cores de uso convencional para o mapa de capacidade de uso são I: verde-clara; II: amarela; IV: azul; VII: marrom; VIII: roxa. Porém para a observação mais clara das classes essa paleta de cores foi adaptada, sendo: I: verde; II: verde-clara; IV: amarelo; VII: laranja; VIII: vermelho. As classes identificadas apresentam as seguintes descrições: Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação; Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação; Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação; Classe VII: terras adaptadas, com problemas complexos de conservação; Classe VIII: terras impróprias para cultura podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água.

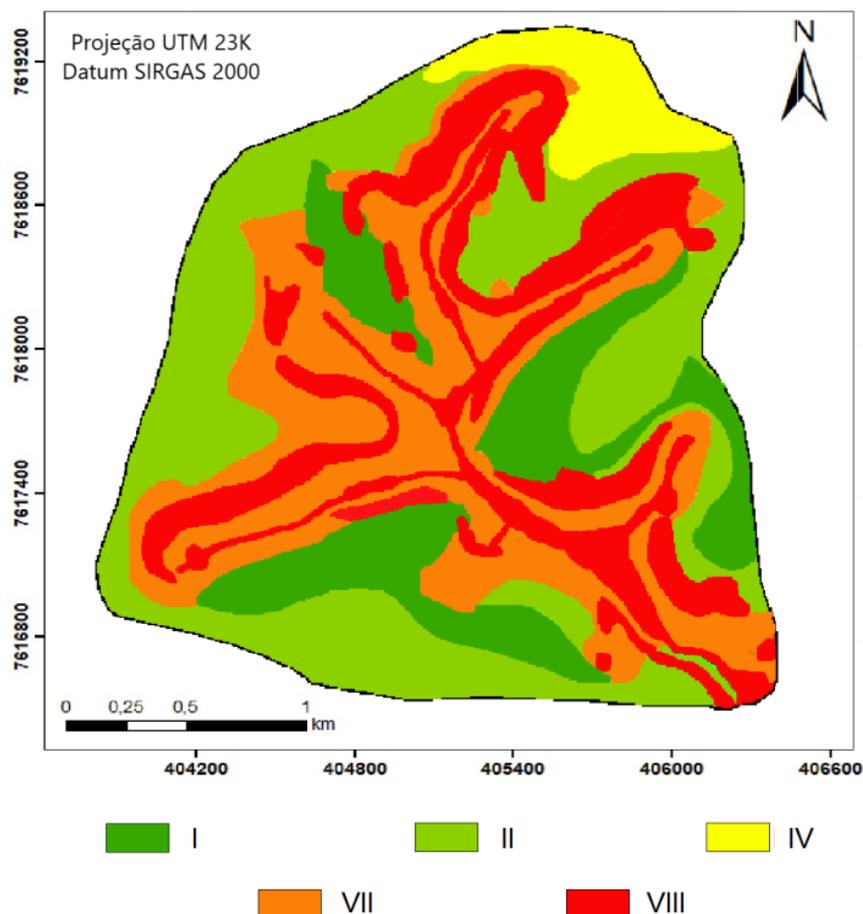


Figura 3. Classes de capacidade de uso da terra.

Segundo o planejamento do uso da terra é essencial considerar diversas características e propriedades do solo. Segundo Lepsch et al. (2015) os principais pontos a serem analisados para realizar esse planejamento são a declividade do terreno, a erosão, a erodibilidade dos solos, os fatores limitantes da terra e o uso atual. O uso de uma fórmula obrigatória para realizar o planejamento é essencial, pois visa realizar uma padronização de informações para levantamento e planejamento do uso agrícola das terras. Nessa fórmula as características da terra são representadas por símbolos e conforme equação, sendo alguns dos dados sobre as características dos solos foram obtidas por meio de pesquisas bibliográficas e de campo, realizado por Lense et. al. (2019):

$$\frac{PE-T-P}{D-E} FLE-U:$$

Em que: PE = Profundidade efetiva do perfil de solo;

T = Textura do solo;

P = Permeabilidade de água no solo;

D = Classe de declividade;

E = Erosão aparente;

FLE = Fatores limitantes específicos das classes e subclasses de capacidade de uso;

U = Uso atual das terras;

Com o uso da fórmula foi possível avaliar a capacidade de uso da terra na sub-bacia de estudo, permitindo definir os graus de limitação e restrição do solo, com base nos atributos de fragilidade, sensibilidade e vulnerabilidade físico-ambiental de maior e menor risco, auxiliando na definição das classes de uso da terra (Figura 3).

Conforme Nanini (2005), o diagnóstico da adequação agrícola das

terras de uma região envolve a caracterização do meio físico, do uso atual e a determinação da capacidade de uso das terras. Com esses dados é possível analisar a compatibilidade entre a capacidade de uso e o uso da terra, além de poder identificar as áreas utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente (acima da capacidade de uso) e as subutilizadas (abaixo da capacidade de uso) conforme a aplicação da Fórmula Mínima Obrigatória (Guerra; Melo, 2013).

Para realizar a adequação do uso das terras Cunha e Pinton (2012), sugere a sobreposição do mapa de capacidade de uso das terras com o uso atual, indica as áreas onde o uso do solo está inadequado com sua capacidade de uso. Se o solo é utilizado de forma inadequada, ou seja, além da sua capacidade, os impactos causados tendem a aumentar, ocasionando problemas de uso e conservação do solo (Lepsch et al., 1991; Cunha; Pinton, 2012).

Portanto, para realizar o processo de adequação do atual trabalho foi realizada a sobreposição do mapa de classes de capacidade de uso das terras com o de uso e ocupação do solo dos diferentes anos estudados. Após realizar essa sobreposição a proposta de adequação foi gerada, indicando as áreas de uso adequado e inadequado. Todo esse processo foi executado no software ArcMap 10.8.

## Resultados

O mapeamento do uso e ocupação da terra foi realizado com diferentes bandas de satélites Landsat. A classificação das imagens foi baseada nos parâmetros cor, textura e rugosidade, utilizando o software ArcMap 10.8.

A partir dos dados previamente obtidos e dos documentos cartográficos com indicação de áreas com uso inadequado, foram propostas medidas para adequar o uso das terras de acordo com a capacidade de uso de cada uma delas e com isso contribuir para melhorar a produtividade dos sistemas agrícolas locais, com vista a garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental.

A área de estudo apresenta diversos usos de solo, dentre eles se destaca o cultivo

de café. Outras classes de uso incluem milho, mata nativa, cana-de-açúcar, eucalipto, pastagem, edificações civis e vias de acesso. As figuras a seguir representam a distribuição espacial do uso da terra ao longo de 1989, 1999, 2009 e 2019, com a proposta de adequação de uso.

A figura (4-A) a seguir ilustra a predominância do plantio de milho e áreas de pastagem no ano de 1989. Apresenta ainda a segunda menor quantidade de mata nativa do período avaliado, próximas às drenagens. É ainda notável a escassez de rotas de acesso e de áreas residenciais.

Em todo o período avaliado, o ano de 1999 (Figura 4-B) foi o pior em hectares de mata nativa, apresentando apenas 66,52 ha de um total de 540 ha. Essa diminuição de mata nativa pode ser explicada devido ao desenvolvimento de eucalipto e café em áreas de mata nativa. A ausência de áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL) também alteram a dinâmica ambiental natural (AYER et al., 2015) dessa sub-bacia. O novo Código Florestal de 2012 ainda estabelece normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito, podendo concluir que em 1989 e 1999 a lei não previa proteção intensiva dessas áreas.

Esse ano ficou marcado pela expansão do cultivo de café, aumentando a área ocupada de 9,31 ha para 93,94 ha. O crescimento do plantio de café causou a substituição das áreas de pastagem na região de classe IV, representando uma alteração significativa na proposta de adequação (Figura 6). No entanto, o cultivo de milho predomina em 1999, mesmo com uma dominância menor. Houve a expansão das áreas residenciais em relação a 1989, mantendo esse padrão de área ocupada até 2019.

A Figura 4 (C) ilustra para o ano de 2009 a redução, em relação a 1999, de 72,84% das áreas de cultivo de milho na sub-bacia, que foram quase que totalmente substituídas pelo plantio de café. O cultivo de café passou a dominar na sub-bacia. Houve ainda a presença do cultivo de cana-de-açúcar em áreas pretéritas de pastagens. É notável o crescimento de 36,02 ha de matas nativas nas bordas dos corpos d'água.

A Figura 4 (D) ilustra que o ano de 2019 teve menores áreas destinadas à agricultura. As áreas agrícolas diminuíram devido à expansão das matas nativas que cresceram 91,35 ha, em dez anos. Na

agricultura, o café manteve o domínio apesar de perder área para o milho e a mata nativa. As áreas de cana-de-açúcar e residenciais não foram alteradas de 2009 para 2019 e os povoamentos de eucalipto diminuíram 50%.

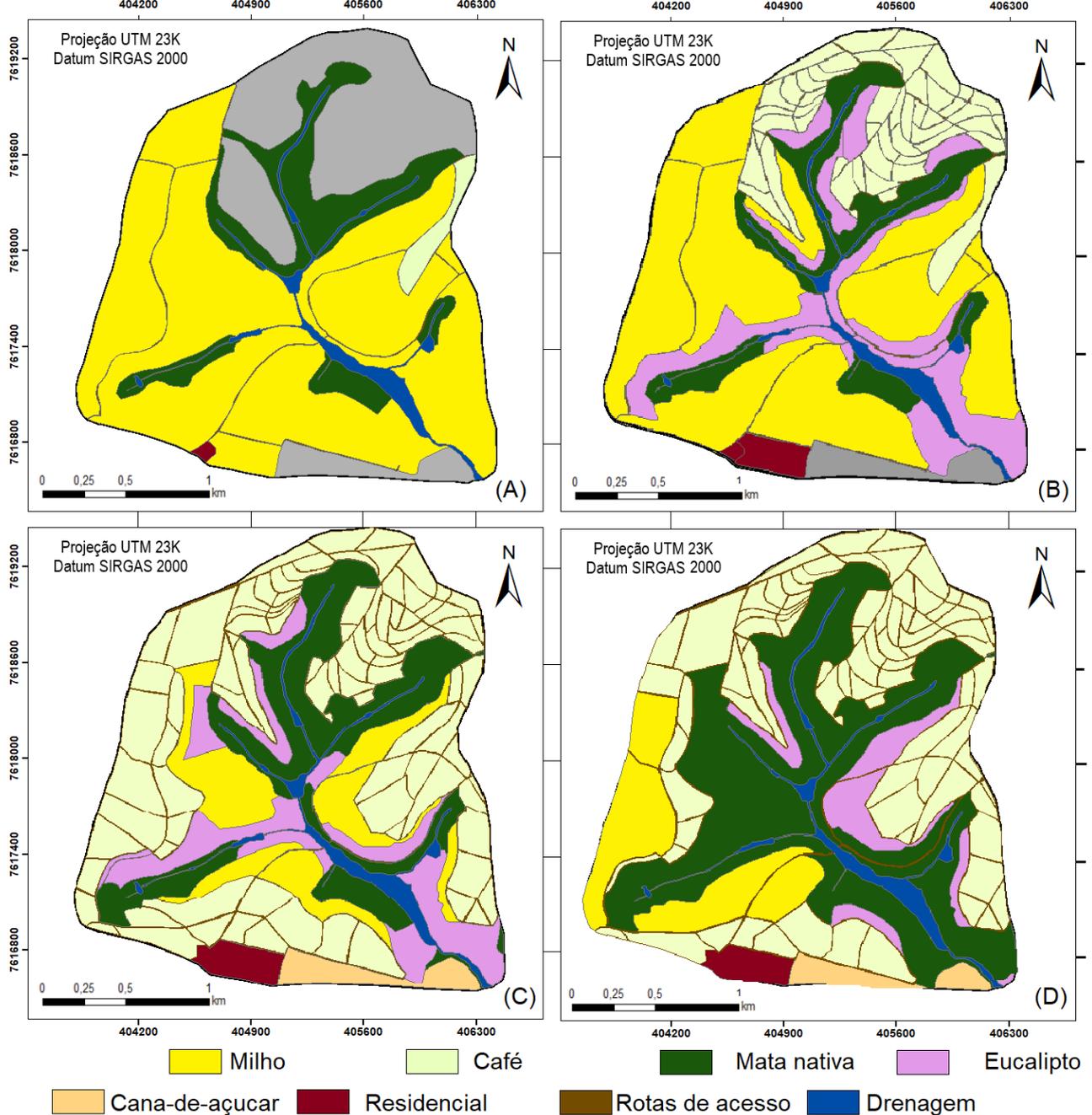


Figura 4. Uso e ocupação do solo em (A) 1989, (B) 1999, (C) 2009 e (D) 2019.

Entre os anos 2009 e 2019 o uso da terra apresentou uma melhoria em relação ao crescimento de mata nativa próxima a drenagem da área. Mesmo com melhorias o mapa de adequação (Figura 5) de uso da terra aponta diversas áreas inapropriadas, necessitando de atenção para essas regiões, evitando que as áreas com uso da terra

inadequado continuem a crescer no futuro. Em todo o período estudado ocorreram substituições de cultivos, de milho, café, pastagem, eucalipto, cana-de-açúcar e mata nativa. A alteração mais significativa no estudo de sub-bacias e o crescimento da área mata nativa. Isto reflete a evolução da adequação do solo com o crescimento das áreas adequadas,



1989 essa área foi ocupada por pastagem e por alguns hectares de milho, necessitando de técnicas de manejo, como a realocação das atividades para áreas de uso mais intensivo, técnicas diretas e indiretas de recuperação de pastagem.

A figura 4-B ilustra que, em 1999, as áreas adequadas representam 65,3% e as inadequadas 31,6% do total sub-bacia. As áreas de usos inadequados estão associadas à presença de eucalipto nas Classes VI e VIII, que são classe de usos restritos direcionados para a proteção da fauna e flora, recreação dos ambientes protegidos e para o armazenamento de água, exigindo extremo cuidado para a agricultura. A escassez de matas nativas e por cultivos agrícolas em declividades mais acentuadas da sub-bacia também aumentam as áreas de uso inadequado.

No ano de 2009 a proposta de adequação (Figura 4-C), mostra 69,1% da sub-bacia está com uso adequado e 27,8% inadequado. Os usos inadequados estão relacionados à presença de cultivos próximos às drenagens, principalmente de milho e eucalipto nas classes VI e VIII. Atividades agrícolas em solos impróprios e em áreas de declividade acentuada caracterizam os principais usos inadequados.

Em 2019 as áreas adequadas (Figura 4-D) representam 77,5% e as inadequadas 20,7% do total de área da sub-bacia. Os usos inadequados estão relacionados aos povoamentos de eucalipto em áreas de uso do solo mais restritivos, como a classe VI, onde devem ser privilegiadas as pastagens e/ou reflorestamentos. Em áreas da bacia é observado que o uso impróprio está nas declividades mais acentuadas (classe IV).

No período estudado ocorreram substituições de cultivos, de milho, café, pastagem, eucalipto, cana-de-açúcar e mata nativa. A alteração mais significativa no estudo de sub-bacias e o crescimento da área mata nativa. Isto reflete a evolução da adequação do solo (Figura 5) com o crescimento das áreas adequadas, demonstrando que o uso do solo na sub-bacia está cada vez mais adequado.

Em 1999 houve a menor área de mata nativa e em 2019 foi detectado um crescimento de 306,3% da área de mata. Esse crescimento ocorreu principalmente em classes de uso e ocupação do solo VI e VIII, que aumentaram as áreas de uso adequado na sub-bacia.

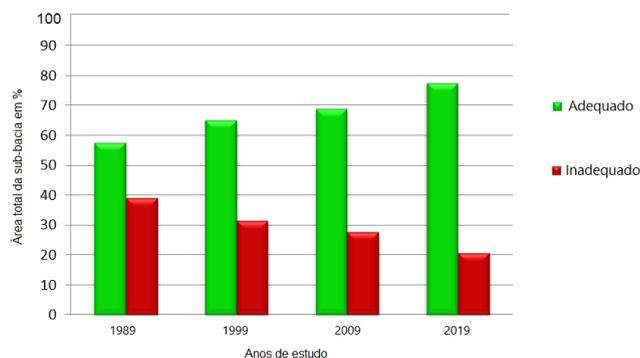


Figura 5. Evolução da adequação de uso

O cultivo de milho diminuiu de 325 para 66 ha entre 1989 e 2019, devido ao crescimento do cultivo do café a partir de 1999. As áreas de café em 2019 revelam uso adequado do solo nas classes I e II. Todavia, vale ressaltar que o cultivo do café ainda ocorre em áreas de uso inadequado nas classes IV, VI e VIII.

A cana-de-açúcar e a pastagem são exemplos de uso em áreas inadequadas. Isso devido às pastagens na classe IV e pela cana-de-açúcar ser danosa ao solo, pois sua queima provoca o aumento do teor de cinzas no solo e agrava o processo de erosão do solo pela falta de cobertura vegetal, após sua safra.

Por fim, o eucalipto afeta o suprimento de água, sobretudo nos locais onde substitui a vegetação nativa (Rodrigues et al., 2021). Consequentemente, a presença de eucalipto entre 1999 e 2019 configura áreas de uso inadequado, por ser uma atividade desenvolvida em classes de capacidade de uso restritas.

Entre os anos 2009 e 2019 o uso da terra apresentou uma melhoria em relação ao crescimento de mata nativa próxima a drenagem da área, podendo concluir que o novo Código Florestal de 2012 apresentou resultados na sub-bacia de estudo. Mesmo com melhorias o mapa de adequação de uso da terra aponta diversas áreas inapropriadas, necessitando de atenção para essas regiões, evitando que as áreas com uso da terra inadequado continuem a crescer no futuro.

Na evolução desses anos está ocorrendo alterações entre os usos e coberturas do solo desenvolvidas, variando entre milho, café, pastagem, eucalipto, cana-de-açúcar, drenagem, residencial e mata nativa. A principal evolução de uso e ocupação da terra é de mata nativa, assegurando a qualidade dos recursos hídricos e do solo. Entre 1999 e 2019 houve um aumento de 191,47% nas áreas de mata nativa. Podemos observar essas variações a partir da tabela a seguir (Tabela 1).

**Tabela 1:** Evolução dos usos e coberturas do solo na sub-bacia do Córrego do Coroado de 1989 a 2019.

Uso e Cobertura do solo	1989		1999		2009		2019	
	Área (ha)	%						
Mata nativa	72,55	3,43	66,52	2,31	102,54	8,98	193,89	5,90
Drenagem	17,5	3,24	17,5	3,24	17,5	3,24	17,5	3,24
Milho	325,7	0,31	254,63	47,15	69,92	12,94	65,48	12,12
Café	9,31	1,72	93,94	17,39	254,87	47,19	203,83	7,74
Pastagem	107,8	19,96	15,49	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Residencial	1,12	0,20	9,62	1,78	9,92	1,83	9,92	1,83
Eucalipto	0,00	0,00	88,36	16,36	69,19	12,81	34,15	6,32
Cana-de-açúcar	0,00	0,00	0,00	0,00	15,08	2,79	15,08	2,79
TOTAL	540	100	540	100	540	100	540	100

A análise do uso e cobertura do solo do município, de 1989 a 2019, aponta que vegetação nativa aumentou sua ocupação de maneira significativa. Todavia, 1989 e 1999 apresentam apenas 13,43% e 12,31% de ocupação do território total (Tabela 1). Vale ressaltar que a vegetação da área de estudo não é composta apenas de fragmentos florestais, pois o município se encontra na transição entre diferentes biomas (Brasil, 1962). As áreas consideradas nessa classe foram reunidas formações vegetais florestais e campos em regeneração.

O crescimento de mata nativa na sub-bacia até o ano de 2019 pode estar relacionado à obrigatoriedade de manter parte da propriedade preservada. Assim, os agricultores são obrigados, de acordo com o Código Florestal de 2012, a recompor apenas as Áreas

de Preservação Permanente (Ayer, et. al., 2019). Dessa forma, a disposição das matas nativas na região é condicionada pelo relevo e pela obrigatoriedade de manter a presença de mata ciliar. Nas figuras de uso e ocupação da terra demonstra que as áreas de mata nativa ocorrem nas áreas de declividades mais baixas, principalmente nas áreas de várzea.

Por fim, para manter o funcionamento dos sistemas, evitando grandes perdas para a erosão e impactos ambientais concomitantes, deve ocorrer o equilíbrio biótico, abiótico do meio ambiente e da biodiversidade. Uma forma de auxiliar o funcionamento desses sistemas e realizando práticas conservacionistas corretas. Segundo a EPAMIG (Quadro 1) de maneira geral existem três tipos principais de práticas conservacionistas, as vegetativas, as edáficas e as mecânicas, apontadas a seguir.

Quadro 1 – Práticas conservacionistas - EPAMIG

Vegetativas	Edáficas	Mecânicas
Florestamento e Reflorestamento	Uso do solo de acordo com sua capacidade	Distribuição racional dos caminhos e corredores
Manejo de Pastagens	Adubação verde	Preparo do solo e plantio em contorno
Plantas de cobertura	Eliminação e controle do fogo	Sulcos e camalhões em pastagens
Plantio direto	Calagem	Canais divergentes
Culturas em faixas	Adubação química	Canais escoadouros
Cordões de vegetação permanente	Adubação orgânica	Patamares
Alternância de capinas		Banquetas individuais
Ceifa do mato		Terraços
Cobertura morta		
Faixa de bordadura		
Quebra-ventos		

Dentre as práticas conservacionistas vale destacar as que abordam a cobertura vegetal, pois acarreta na proteção do solo, atuando na prevenção e controle da erosão. Nesse caso, a vegetação exerce papel de amortecedor da energia cinética contida na gota d'água da chuva e seu impacto com o solo, evitando primeira fase do processo erosivo.

A prática conservacionista edáfica de uso de acordo com a sua capacidade encaixa diretamente com o objetivo desse trabalho, pois o primeiro passo para alcançar uma agricultura sustentável é adequar as terras segundo a sua capacidade de uso. Porém todas as técnicas disponíveis nesse quadro podem ser utilizadas dentro da sub-bacia hidrográfica a fim de realizar a conservação.

### Conclusões

A análise multitemporal entre 1989 e 2019 da sub-bacia hidrográfica do Córrego do Coroado revelou diversas alterações no uso e ocupação do solo. Houve um crescimento das áreas de mata nativa, mostrando que as atividades realizadas para a preservação estão sendo corretas. Porém alguns usos como em áreas declividade mais acentuada e principalmente nas classes de uso IV, VI e VIII apresenta usos inadequados.

Porém, a análise multitemporal da proposta de adequação mostra que as áreas adequadas estão se tornando cada vez maiores. Com a adoção de princípios conservacionistas e técnicas de manejo descritos no trabalho é possível aumentar a produtividade agrícola da área.

A partir da proposta de adequação de uso do solo aliado com a aplicação da capacidade de uso da terra é possível evitar processos de degradação, como erosão, assoreamento de rios e lixiviação de insumos agrícolas, contaminando as águas superficiais e subterrâneas. Portanto, essa alternativa melhorará a qualidade dos serviços ambientais, desde que concilie a produção agrícola com gestão conservacionista.

### Referências

- Alfenas. Prefeitura Municipal Leitura Técnica do plano diretor de Alfenas - MG, Alfenas: Prefeitura Municipal, 2006. 189p
- Ayer, J. E. B.; Olivetti D.; Mincato R. L.; Silva M. L. N.; Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 45, p. 180-191, 2015.
- Ayer, J. E. B.; Garofalo D. F. T.; Olivetti D.; Silva M. L. N.; Mincato R. L.; Evolução do uso e cobertura do solo do município de Alfenas, sul de Minas Gerais. Ferreira M. F. M.; Vale A. R. (org.). Dinâmicas geográficas no sul de Minas Gerais.(Ed) Curitiba, p. 110-130, 2017.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Boletim técnico nº 13 do Serviço Nacional De Conservação dos Solos. Rio de Janeiro: Brasil, 1962. 462 p.
- Cunha, C.M.L.; Pinton, L. G. Avaliação da capacidade de uso das terras na bacia hidrográfica do córrego do Cavalheiro – Analândia, SP. São Paulo: UNESP, Revista Geociências. v.31, n.3, 2012, p.-459-471.
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Sapucaí: Estados de Minas Gerais e São Paulo relatório final de geologia. Brasília: DNPM/CPRM, 1979.
- Guerra, H. O. C.; Melo A. C. Análise da capacidade do uso da terra utilizando a fórmula mínima obrigatória no assentamento Patativa do Assaré no município de Patos/PB (Capacity analysis of soil use using the Minimum Obligatory Formula in the Patativa do Assaré...). Acta Geográfica, v. 7, n. 14, p. 55-75, 2013.
- Hasui, Y. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste Brasileiro e a estruturação regional. Geociências, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta Topográfica do município de Alfenas (FOLHA SF 23-1- 1-3), 1970. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-referenciais/bases-cartograficas/cartas.html>>. acesso: 25/03/2020;
- Klingebiel, A.A.; Montgomery, P. H. 1952 - capability classification. Washington, D. C.

- USDA, 1961. 21p. (Agriculture Handbook 210).
- Lense, G. H. E.; Parreiras, T. C; Moreira, R. S.; Avanzi, J, C; Mincato; R. L. Estimates of soil losses by the erosion potential method in tropical latosols. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 43, 2019.
- Lepsch, I. F.; Bellinazzi JR., R.; Bertolini, D.; Espindola, C. R. Siqueira, D. S. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1º edição, Viçosa 2015.
- Lepsch, I. F. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991
- Marques, J. Q. A.; Bertoni, J.; Grohmann, F. Levantamento conservacionista. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, SP, 1957. 33p. (Boletim 67). 67
- Marques, J. Q. A. Manual brasileiro para levantamentos conservacionistas: 2- aproximação. Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos (ETA). Rio de Janeiro, RJ, 1958. 135p.
- Marques, J. Q. A. Manual para levantamento da capacidade de uso da terra: 3- aproximação. Escritório Brasil-Estados Unidos (ETA). Rio de Janeiro, RJ, 1971. 433p.
- McBratney, M.L; Santos, B. On digital soil mapping *Geoderma*, 117 (2003), pp. 3-52
- Nanini, M. R. Estabelecimento da Capacidade de Uso das Terras como Subsídio para o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental Federal das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná. *Revista de Ciências AgroAmbientais*. V.3. Alta Floresta-MT, 2005. pp.1-14.
- Oliveira, J. B.; Berg, M. van den. Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. II Memorial Descritivo. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, SP, 1985. 60p. (Boletim Técnico n. 0 102).
- Rodrigues, G. S. S. C.; Ross J. L. S.; Teixeira J.; Santiago O. R. P. L.; Franco C. EUCALIPTO NO BRASIL.
- Sparovek, G. Computer assisted Köppen climate classification: case study for Brazil. *International Journal of Climatology*. v. 27 n.2, 2007. p.257-266.
- Servidoni, L. E., Ayer, J. E. B., Estella, P. V. M., Oliveira, G. H. DE, e Mincato, R. L. (2021). Atributos morfométricos e hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. *Revista Do Departamento De Geografia*, 41(1).
- Vibian S.; Araújo J.; Cavazzini L. A.; Os impactos na implementação da moratória da soja no Brasil e os índices de consumo internacional. *South American Development Society Journal*, v. 7, n. 21, p. 254, 2021.
- USDA, United States Department of Agriculture. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2. ed. Washington: USDA, 1999. 871p.