

## DEFINIÇÃO DE ÁREAS COM NECESSIDADE DE INTERVENÇÃO AGROECOLÓGICA EM FRUTAL/MG POR MEIO DO USO DE SIG

## DEFINITION OF AREAS WITH NECESSITY OF AGROECOLOGICAL INTERVENTION IN FRUTAL MUNICIPALITY THROUGH GIS

## DEFINICIÓN DE ÁREAS CON NECESIDAD DE INTERVENCIÓN AGROECOLÓGICA EN FRUTAL POR MEDIO DEL USO DE SIG

LÍVIA CAROLINE SOUZA REZENDE

Pós-graduada em Agroecologia no Cerrado pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal. Av. Dezesete, 730, CEP 38240-000, Centro, Itapagipe, Minas Gerais  
liviar.engambiental@gmail.com

THIAGO TORRES COSTA PEREIRA

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal. Av. Professor Mário Palmério, 1001, Bairro Universitário, CEP 38200-000, Frutal, Minas Gerais  
thiago.pereira@uemg.br

PATRÍCIA DIAS TAVARES

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – Campus Planaltina. Rodovia DF - 128, km 21 s/n, CEP 73380-900, Brasília, Distrito Federal  
patricia.tavares@ifb.edu.br

### RESUMO

A intensificação da agricultura e os monocultivos no Cerrado brasileiro têm demonstrado perdas significativas ao meio ambiente, despertando a preocupação da sociedade na busca de uma agricultura sustentável. Voltando-se para o discurso e a prática dos princípios agroecológicos, este trabalho tem o objetivo de espacializar, analisar e definir, por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG), áreas agrícolas que compõe o terço superior do córrego Bebedouro (Frutal/MG) usando como critério de seleção uma Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica (ENIA). Associando os aspectos identificados *in loco* ao processamento de dados por meio do software QGIS, que permitiu compreender a dinâmica de ocupação da área em estudo, foi possível gerar o mapa de uso e ocupação do solo. A escala ENIA, elaborada neste estudo e usada como uma ferramenta de avaliação e diagnóstico foi sobreposta a este mapa por meio do somatório de indicadores, classificando quais as áreas têm maiores necessidade de intervenção agroecológica, levando em consideração, sobretudo, o tipo de cobertura, o manejo e a conservação do solo, e o uso dos insumos. Os resultados da aplicação da escala ENIA mostraram que 43,1% das áreas necessitam de média intervenção agroecológica, 34,9% necessitam de alta intervenção agroecológica e 2,5% necessitam de baixa intervenção agroecológica. A vegetação nativa presente entre fragmentos florestais e áreas de APP correspondente a 18,6% da unidade territorial do terço superior da bacia, apresentando-se deficitária considerando suas funções ambientais e sua importância para a manutenção da biodiversidade, cobertura do solo e recarga hídrica.

**Palavras-chave:** Agroecologia; Agricultura intensiva; Cerrado; Geoprocessamento.

## ABSTRACT

The increase of agricultural activity and monoculture in Brazilian Cerrado ecosystems have shown significant environmental losses, mainly in terms of water availability and quality, productive capacity and soil quality, as well as a decrease of biodiversity, increasing the concern of society in the search for sustainable forms of agriculture. Therefore, we aim to delimit, analyze and define, through GIS, agricultural areas of the upper third of the Bebedouro stream (Frutal municipality/Minas Gerais State/Brazil) using a Necessity of Agroecological Intervention Scale (ENIA). Through QGIS software, the land use and occupation map was created. The ENIA scale, developed in this study and used as an assessment and diagnostic tool, was superimposed on this map through the sum of indicators, classifying which areas according to the necessity of agroecological intervention. The results showed that 43.1% of the areas require medium agroecological intervention, 34.9% require high agroecological intervention and 2.5% require low agroecological intervention. This way, the present study may help future agricultural projects on the region that focus on sustainable development, allowing a soil occupation compatible with the maintenance of natural resources.

**Key words:** Agroecology; Intensive agriculture; Cerrado ecosystem; Geoprocessing.

## RESUMEN

La intensificación de la agricultura y los monocultivos en el Cerrado brasileño ha demostrado pérdidas significativas al medio ambiente, despertando la preocupación de la sociedad en la busca de una agricultura sustentable. Al volverse para el discurso y la práctica de los principios agroecológicos, este trabajo tiene el objetivo de especializar, analizar y definir por medio de Sistema de Información Geográfica (SIG), áreas agrícolas que componen el tercio superior del corriente Bebedouro (municipio de Frutal/Provincia de Minas Gerais/Brasil) usando como criterio de selección una Escala de Necesidad de Intervención Agroecológica (ENIA). Asociando los aspectos identificados in loco al procesamiento de datos por medio del software QGIS, que permitió comprender la dinámica de ocupación del área en estudio, fue posible generar el mapa de uso y ocupación del suelo. La escala ENIA, elaborada en este estudio y usada como una herramienta de evaluación y diagnóstico fue superpuesta a este mapa por medio de sumatorio de indicadores, clasificando cuales áreas poseen más necesidad de intervención agroecológica, levando en consideración, sobre todo, el tipo de cobertura, el manejo y la conservación del suelo, y el uso de insumos. Los resultados de aplicación de la escala ENIA mostraron que 43,1% de las áreas necesitan media intervención agroecológica, 34,9% necesitan alta intervención agroecológica e 2,5% necesitan baja intervención agroecológica. La vegetación nativa presente entre fragmentos forestales y áreas de APP correspondiente a 18,6% de la unidad territorial del tercio superior de la bacía, presentándose deficitaria considerando sus funciones ambientales e su importancia para la manutención de la biodiversidad, cobertura del suelo y recarga hídrica.

**Palabras clave:** Agroecología; Agricultura intensiva; Cerrado; Geoprosesamiento.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos cinquenta anos a agricultura vivenciou intensas modificações, que refletiram na transformação de todo sistema agroalimentar (GLIESSMAN; TITTONELL, 2015; GLIESSMAN, 2016). A agricultura se vinculou à indústria, que produz insumos agrícolas como agrotóxicos, fertilizantes químicos sintéticos e sementes modificadas geneticamente para se adaptarem às diferentes condições edafoclimáticas (PERFECTO; VANDERMEER, 2010; HOLT-GIMÉNEZ; ALTIERI 2013; BRODZIŃSKA, 2015). Por outro lado, a indústria absorve da agricultura matéria prima para a produção industrial, como alimentos e combustíveis (PERFECTO; VANDERMEER, 2010). No Brasil, essa modernização também veio atrelada à manutenção da estrutura fundiária, com a concentração de terras, gerando grandes áreas de monoculturas (DELGADO, 2001). Todas essas mudanças prometiam o aumento da oferta de alimentos para acabar com a fome mundial. No entanto, apesar dos aumentos em produtividade, também foram criadas muitas externalidades socioambientais, a ponto da segurança alimentar ainda ser um problema mundial (GLIESSMAN; TITTONELL, 2015).

O uso dos pacotes tecnológicos dispensam as condições ecológicas naturais dos ecossistemas, transformando o ambiente para a produção agrícola (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2008). Desse modo, os agroecossistemas se tornaram simplificados e dependentes de insumos industriais. Tais aspectos fizeram com que fosse necessário converter áreas naturais para que se pudesse fazer agricultura, levando também à simplificação das paisagens (VANDERMEER; PERFECTO, 2007; DIDHAM et al., 2015).

Os sistemas agrícolas convencionais são dependentes de combustíveis fósseis, possuem baixa eficiência energética e alta degradação ambiental, gerando impactos sobre a saúde dos trabalhadores rurais e consumidores. A redução da biodiversidade agrícola promove a perda de variedades locais e dos saberes tradicionais associados. Entre as consequências sociais está o aumento do êxodo rural, criando um problema social sem precedentes (SILVEIRA, 2010; ABREU et al., 2012).

Apesar de considerado como um dos países mais biodiversos, as condições propícias para as atividades agropecuárias no Brasil fizeram avançar a fronteira agrícola. Hoje o agronegócio é considerado uma das principais atividades econômicas (DENARDIN et al., 2013). No contexto, o Cerrado se transformou em um dos biomas brasileiros mais impactados com esse avanço, por apresentar solos profundos, bem drenados e relevo plano/suave ondulado, sendo estas boas condições para a mecanização agrícola (PEREIRA et al., 2018). As características de sua vegetação fizeram com que Cerrado fosse considerado menos frágil que a Amazônia, facilitando o avanço agrícola, tendo como consequência a fragmentação desse bioma. A intensificação da agricultura e os monocultivos resultaram em perdas significativas dos recursos naturais, como quantidade e qualidade das águas, capacidade produtiva e qualidade do solo e biodiversidade, o que vem despertando preocupação da sociedade na busca por uma agricultura de base ecológica. Myers et al. (2000), especificamente em relação ao Cerrado, apontam que se trata de um dos 25 ecossistemas prioritários para a conservação da biodiversidade, em nível mundial, devido ao grande endemismo aliado à ameaça de extinção de espécies, sendo portanto a sua preservação fundamental para o equilíbrio ambiental do planeta.

Um dos caminhos para a transição de sistemas convencionais para os de sistemas de base ecológica é a agroecologia (GLIESSMAN, 2016). A agroecologia é considerada uma abordagem que associa os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos capazes de produzir uma visão holística e sistêmica sobre os agroecossistemas. Portanto, se torna capaz de estabelecer novas estratégias de desenvolvimento rural e de promover a transição para formas de agricultura de base ecológica e sustentáveis. O manejo dos sistemas agroecológicos tem como princípio o

uso de recursos locais, como saberes e biodiversidades, o que propicia uma agricultura mais próxima do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas naturais (CAPORAL, 2009; ALTIERI, 2012; MENDONÇA et al., 2013; GLIESSMAN, 2016).

A Agroecologia ultrapassa o uso de práticas alternativas e o desenvolvimento de agroecossistemas com pouca dependência de agroquímicos e energéticos externos, uma vez que a proposta agroecológica evidencia agroecossistemas complexos nos quais componentes biológicos, físicos e químicos fornecem os mecanismos para que os próprios sistemas subsidiem a fertilidade do solo, sua produtividade e a sanidade dos cultivos (ASSIS, 2005; ALTIERI, 2012).

Nesta perspectiva, a Agroecologia ocupa um papel importante na consolidação e fortalecimento socioambiental de agroecossistemas e no efetivo desenvolvimento econômico, sendo passível de enfrentar os desafios provenientes da produção agrícola convencional, proporcionando segurança alimentar por meio dos cultivos orgânicos livres de agrotóxicos e promovendo a preservação do meio ambiente a partir de seus princípios e formas de manejo.

Aliado à agroecologia, o uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser instrumentos valiosos de análise, interpretação e quantificação socioambiental, auxiliando no estabelecimento de paisagens multifuncionais (MASTRANGELO et al., 2014). Nesse estudo desenvolvemos uma Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica (ENIA), na qual alguns atributos relacionados ao manejo dos solos, tipo e característica de culturas foram aplicados no Geoprocessamento de maneira a espacializar e quantificar áreas com maior ou menor necessidade de aplicação do modelo agroecológico.

Portanto, o estudo teve como objetivo espacializar, analisar e definir, por meio de SIG, áreas agrícolas que compõe o terço superior do córrego Bebedouro (Frutal/MG) usando como critério de seleção a Escala ENIA.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A área estudada abrange o terço superior da bacia hidrográfica do córrego Bebedouro, localizada na zona rural do município de Frutal, mesorregião do Triângulo Mineiro. Ocupa aproximadamente 4,86 ha, correspondente a 2% da área territorial (Figura 1).

A região de Frutal está inserida na bacia hidrográfica do baixo rio Grande (Comitê de Bacia GD8) que possui um total de 18 sedes municipais. O GD8 apresenta uma área de drenagem de 18.784 km<sup>2</sup> e disponibilidade hídrica de 2 a 10 litros/s/km<sup>2</sup> (IGAM, 2007).

Inserido no bioma Cerrado, o município de Frutal constitui parte do prolongamento do Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná. Apresenta clima tropical, com uma estação seca bem definida e precipitação média anual que varia de 1400 a 1500 mm, sendo as chuvas concentradas nos meses de outubro a março. A estação seca, de 4 a 5 meses, coincide com os meses mais frios. A temperatura média anual é de 25° C com média máxima de 31° C (IGAM, 2007).

Na área de estudo ocorre predominantemente os Latossolos Vermelhos distróficos típicos de textura média A moderado relevo plano/suave ondulado (desenvolvidos de arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe). São solos muito profundos, bem drenados, com boa continuidade do sistema poroso e teores relativamente baixos de matéria orgânica (PEREIRA et al., 2018).

A bacia hidrográfica do córrego Bebedouro faz parte de um plano de ação futuro da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) para a captação de água e complementação do abastecimento de água no município. Por isso é importante identificar as atividades inseridas dentro da bacia, verificando como os níveis de manejo e práticas agrícolas poderão influenciar na conservação dos solos, na quantidade e qualidade das águas e quais alternativas socioambientais serão capazes de racionalizar o uso dos recursos naturais na bacia.

## 2.2. Verificação da Área de Estudo

Após a definição da unidade de análise para o estudo, foram verificados *in loco* os tipos de atividades agrícolas desenvolvidas nas propriedades localizadas no terço superior da bacia do córrego Bebedouro. Em campo observou-se as técnicas de manejo adotadas para as diferentes culturas, uso de práticas conservacionistas, uso do pacote tecnológico em função da cultura desenvolvida, áreas com propriedades familiares e áreas ocupadas por monoculturas.

Utilizou-se um GPS de navegação para alocar diversos pontos dentro da bacia. Foram identificados: propriedades familiares, pastagens extensivas, plantio de cana-de-açúcar, seringal/produção de látex, fruticultura/plantio de manga, agricultura intensiva, considerada neste trabalho como área de rotatividade entre o plantio de cana-de-açúcar e alguma leguminosa, como a soja.

## 2.3. Uso do SIG

O processamento dos dados foi realizado por meio do software Quantum GIS (QGIS), que possui código aberto e funciona em várias plataformas (BOSSLE, 2015).

O mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado utilizando imagens do satélite Landsat-8 OLI, da órbita ponto 221/74, com data de passagem em 20 de agosto de 2015, disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

As imagens utilizadas possuem resolução espacial de 30 metros. Foram utilizadas apenas três bandas do satélite para obter a composição colorida RGB, utilizando-se a sequência 4/3/2 que possibilitou uma visualização mais clara das feições existentes na área de estudo. O recorte da bacia e a definição das redes de drenagem foram feitas por meio do complemento TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*) que é um conjunto de ferramentas para construção de análises hidrológicas com base no Modelo Digital de Elevação – MDE SRTM.

Contudo, foi necessário realizar alguns ajustes no polígono da bacia gerado automaticamente pelo software QGIS, uma vez que algumas redes de drenagem que estão inseridas no terço superior da bacia do córrego Bebedouro não haviam sido capturadas pelo programa.

Para a classificação e confecção do mapa de uso e cobertura do solo optou-se por utilizar a vetorização visual de modo a criar polígonos que permitiram delimitar e quantificar as diferentes áreas dentro da bacia, obtendo um resultado mais condizente com a realidade local, ao invés de se utilizar a classificação automática. Foram identificadas quatro classes no terço superior da bacia hidrográfica do córrego Bebedouro: Corpos d'Água, Cobertura Vegetal Natural, Cobertura Vegetal Plantada e Superfície Construída.

## 2.4. Elaboração e Aplicação da Escala ENIA

A escala ENIA (Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica) foi desenvolvida neste trabalho para espacializar áreas dentro da bacia estudada capazes de serem substituídas, do modelo agrícola convencional para o agroecológico, tendo como base o mapa do tipo de uso e cobertura do solo gerado, sobre o qual se aplicou a escala, que opera por meio do somatório de indicadores, gerando os níveis de necessidade de intervenção agroecológica de cada área (Tabela 1).

**Tabela 1:** Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica – ENIA.

Grupos																
Sistema agrícola				Tipo de cultura						Adoção de práticas conservacionistas (intensidade)			*Uso do pacote tecnológico			
Subgrupos																
Monocultura Tecnificada	Pastagem	Propriedade familiar diversificada	Silvicultura	Cana-de-açúcar	Soja/Milho/Sorgo	Manga	Abacaxi	Seringal	Horticultura convencional	Capim plantado	Baixa	Média	Alta	Agrotóxicos	Fertilizantes	Sementes modificadas
Peso 3	Peso 2	Peso 1	Peso 1	Peso 3	Peso 3	Peso 3	Peso 2	Peso 2	Peso 1	Peso 1	Peso 3	Peso 2	Peso 1	Peso 3	Peso 2	Peso 1
Peso máximo: 7				Peso máximo: 15						Peso máximo: 6			Peso máximo: 6			

\*Uso provável estipulado conforme modelo agrícola atual.

∑ pesos - Necessidade:	Alta	maior que 13
	Média	entre 8 e 13
	Baixa	menor que 8

A necessidade de intervenção foi idealizada tendo como sentido a prioridade de ação (alta, média ou baixa). Foram considerados todos os tipos de cultura da região de Frutal. A metodologia utilizada para aplicação da escala foi o somatório de indicadores que possuem diferentes pesos em função do sistema agrícola, tipo de cultura, intensidade da adoção de práticas conservacionistas e uso do pacote tecnológico, que resultaram na classificação, para as diferentes áreas da bacia, em alta, média ou baixa necessidade de intervenção agroecológica.

Ressalta-se que para o indicador “adoção de práticas conservacionistas” utilizou-se como critério de análise o número de práticas adotadas por áreas, sendo que o uso de um a cinco tipos de práticas foram consideradas de baixa intensidade, o uso de seis a dez tipos de práticas foram consideradas de média intensidade; e o uso de onze ou mais práticas foram considerados de alta intensidade.

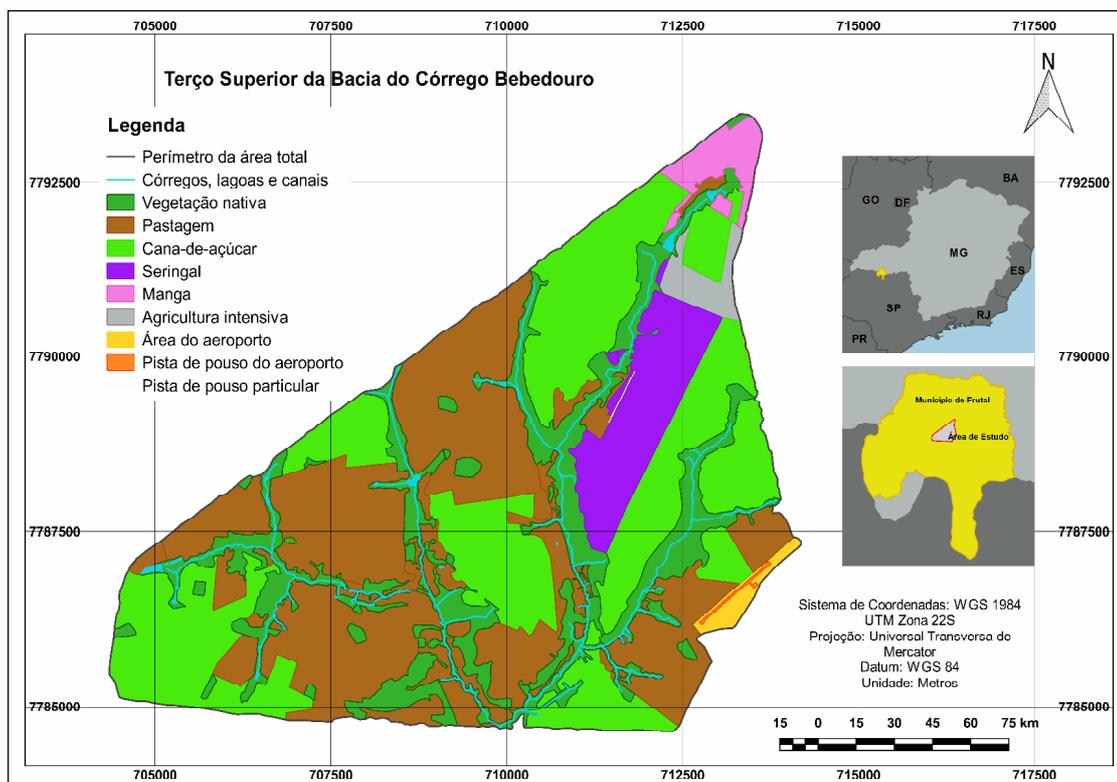
As práticas conservacionistas analisadas foram: a) práticas vegetativas: plantas de cobertura, cobertura morta, rotação de culturas, formação e manejo de pastagem, cultura em faixa, faixa de bordadura, quebra vento e bosque sombreador, cordão vegetativo permanente, manejo do mato e alternância de capins; b) práticas edáficas: cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra, controle de fogo, adubação verde, química ou orgânica e calagem; c) práticas mecânicas: preparo do solo e plantio em nível, distribuição adequada dos caminhos, sulcos e camalhões em pastagens, enleiramento em contorno, terraceamento, patamares, banquetas individuais, subsolagem, irrigação, drenagem e bacias de captação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de uso do solo (Figura 1) mostra que as áreas de pastagem extensiva predominam na bacia, seguido pelo plantio de cana-de-açúcar, o que reflete a situação do Brasil, que possui 2/3 de sua área rural ocupada por pastagens (IBGE, 2006). A área considerada como agricultura intensiva também é usada para o plantio de cana-de-açúcar, pois foi observado *in loco* o preparo da terra para a rotatividade de cultura, normalmente feita entre a cana-de-açúcar e algum tipo de cultura leguminosa, como a soja. O seringal ocupa uma área correspondente a 6,5% e o plantio de manga 2,1% do total. A cobertura da vegetação nativa se faz presente no entorno de cursos d'água, sendo verificados alguns pequenos fragmentos entre as pastagens e o plantio de cana-de-açúcar, provavelmente relacionadas à reserva legal, correspondendo a um percentual de área de 18,6% (Tabela 2).

**Tabela 2:** Porcentagem das classes no terço superior do córrego Bebedouro, Frutal MG.

Ocupação/atividades	Área (ha)	%
Cana-de-açúcar	1.623,2	33,4
Pastagem	1.796,6	37
Seringal	317,9	6,5
Fruticultura (manga)	101,2	2,1
Agricultura intensiva	72,3	1,5
Vegetação nativa	905,5	18,6
Área do aeroporto	46,9	0,9
Área total	4.863,6	100



**Figura 1-** Mapa de uso e ocupação do solo do terço superior do córrego Bebedouro, Frutal MG.

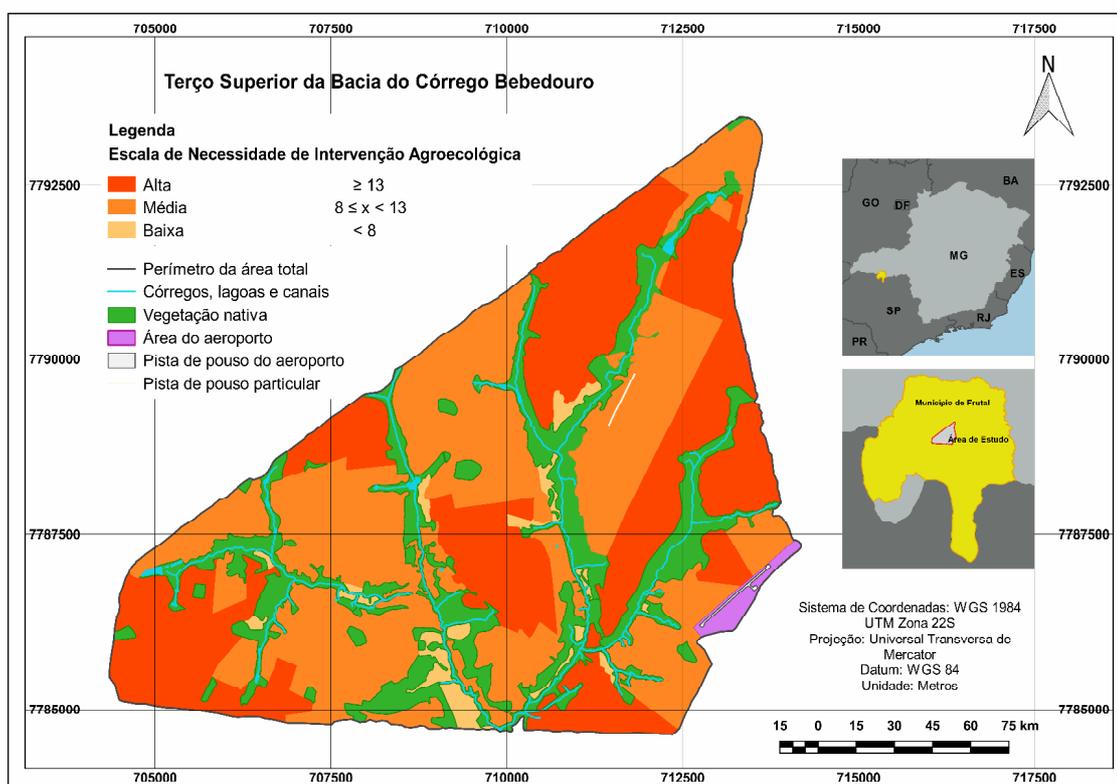
O mapa de uso e ocupação do solo auxiliou na compreensão da dinâmica de ocupação da área e definição dos tipos de manejo e técnicas empregadas em cada cultura, destacando quais áreas estão mais susceptíveis à degradação ambiental. Os dados obtidos com auxílio do mapa de uso do solo ajudaram a definir o nível de intervenção agroecológica necessária em cada área. A intervenção agroecológica propõe elevar a complexidade ecológica dos sistemas produtivos, através da manutenção e/ou aumento da biodiversidade local, o que é um dos passos para a transição agroecológica (CAPORAL, 2009; GLIESSMAN, 2016).

Os resultados da escala ENIA são apresentados na Tabela 3 e a espacialização das informações na Figura 2.

**Tabela 3:** Somatório de indicadores por tipo de cultura, córrego Bebedouro, Frutal MG.

Atividades	Sistema agrícola	Tipo de cultura	Adoção de práticas conservacionista	Uso do pacote tecnológico	$\Sigma$ indicadores
Cana-de-açúcar	Monocultura tecnificada = Peso 3	Cana = Peso 3	Baixa = Peso 3	Agrotóxico + Fertilizante = Peso 5	Peso 14 ENIA alta
Pastagem	a) Pastagem = Peso 2 + Prop. Familiar = Peso 1 b) Pastagem = Peso 2	Capim plantado = Peso 1	Baixa = Peso 3	Fertilizante + Semente modificada = Peso 3	Peso 10 ENIA média
Agricultura intensiva	Monocultura tecnificada = Peso 3	Soja/Milho/Sorgo = Peso 3	Baixa = Peso 3	Agrotóxico + Fertilizante + Semente modificada = Peso 6	Peso 15 ENIA alta
Manga	Silvicultura = Peso 1	Manga = Peso 3	Baixa = Peso 3	Agrotóxico + Fertilizante = Peso 5	Peso 12 ENIA média
Seringal	Silvicultura = Peso 1	Seringal = Peso 2	Baixa = Peso 3	Agrotóxico + Fertilizante = Peso 5	Peso 11 ENIA média

Obs.: Manga e seringal foram considerados atividades silviculturais.



**Figura 2** - Aplicação da Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica - ENIA sobre as áreas do terço superior do córrego Bebedouro, Frutal MG.

As áreas ocupadas com cana-de-açúcar e agricultura intensiva foram as que apresentaram maior necessidade de intervenção agroecológica. Em seguida, como necessidade média, estão as áreas com pastagem, manga e seringal. Uma das áreas de pastagem, em virtude de seu manejo, foi considerada de “baixa necessidade”.

A cana-de-açúcar se tornou uma das principais atividades econômicas do município de Frutal, ocupando de maneira crescente áreas de pastagens e algumas áreas de cultura temporária (PAIVA; GONÇALVES JÚNIOR; PAIVA et al., 2011). O avanço da cana-de-açúcar, como em outros municípios dos Estados de SP e GO, promoveu mudanças no perfil produtivo da agricultura, passando muitas vezes de uma agricultura de diversidade à monocultura em larga escala. As propriedades familiares foram vendidas ou arrendadas para essa atividade.

Esta monocultura é muito dependente do uso de pacote tecnológico para atender a sua demanda de condições químicas do solo e controle fitopatológico. Deste modo, esta atividade se fundamenta no uso excessivo de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças, fertilizantes sintéticos e corretivos da acidez do solo, com vistas a garantir a produtividade, pois os Latossolos da região possuem características predominantes como distrofia e acidez, além de baixa disponibilidade de P, quase sempre inferiores a  $1 \text{ mg dm}^{-3}$ . Há o emprego de maquinários pesados no preparo do solo, plantio, colheita, carregamento e transporte da cana-de-açúcar tornando o solo mais susceptível à compactação e mais propenso a erosão, principalmente laminar, fatos comumente observados ao longo dos plantios.

Ainda foi possível observar em campo o baixo emprego de práticas conservacionistas do solo, sendo elas resumidas basicamente a terraceamentos e plantio em nível. Em muitas situações as áreas cultivadas com cana-de-açúcar são terras arrendadas, o que gera falta de interesse por parte das usinas de açúcar e etanol em adotar práticas de conservação, sendo este talvez o principal problema envolvendo a falta de ações conservacionistas nas áreas de cultivo.

A área considerada como agricultura intensiva atende à rotatividade de culturas, que ocorre em média entre 5 e 6 anos após o plantio da cana-de-açúcar. Trata-se de área que tem a sua capacidade produtiva altamente explorada e que constantemente sofre ação de máquinas pesadas no preparo do solo. O manejo empregado nessa área se assemelha ao realizado nas áreas com cana-de-açúcar.

O perfil de manejo dessas áreas é extremamente degradante, reduzindo a estabilidade e resiliência do agroecossistema, além de torna-lo dependente de agrotóxicos em virtude da redução de biodiversidade e aumento da resistência de organismos patogênicos (PERES et al., 2005; SOARES; PORTO, 2007; PERES, 2009; SOARES; PORTO, 2011; ABRASCO, 2015). Intervenções que possibilitem aumento da biodiversidade e restauração dos serviços ecológicos são fundamentais para auxiliar na recuperação ambiental dessas áreas.

As áreas de pastagens são ocupadas prioritariamente por propriedades familiares, que possuem a pecuária extensiva como principal fonte de sustento. As pastagens são formadas predominantemente por *Brachiaria spp.*, que possuem alto rendimento em solos corrigidos do Cerrado. Segundo informação dos agricultores, na formação das pastagens das áreas estudadas, foram utilizadas sementes melhoradas e adubação do solo.

Verificou-se baixa adoção de práticas conservacionistas do solo, com uso mais comum de terraceamentos sem manutenção e bacias de captação em pontos isolados. Como consequência, verifica-se o processo de erosão laminar acentuada em praticamente todas as áreas de pastagem, com destaque para alguns locais específicos nos quais os solos estavam em estágio avançado de degradação. Tal fato é recorrente não somente na região, mas no Brasil (DIAS-FILHO, 2014), bem como a presença de pastagem degradada em solos de Cerrado (BONO et al., 1996; PERON; EVANGELISTA, 2004), nos Mares de Morros (PORTUGAL; COSTA; COSTA et al., 2010), em solos da bacia do rio Doce (SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2011), na Caatinga (PARENTE; PARENTE, 2010), dentre outros locais.

As áreas ocupadas com pastagem classificadas como “baixa necessidade de intervenção agroecológica” estão localizadas entre fragmentos de vegetação nativa e outras culturas. Nestes locais a pastagem não foi introduzida, tratando-se de uma tipologia de Cerrado, os campos sujos.

Nas áreas ocupadas com seringueira, o principal manejo está relacionado à manutenção da oferta nutricional das árvores, evitando desequilíbrios que levem a prejuízos na produção de látex (MARTO, 2007). A seringueira é uma planta exigente em termos de propriedades físicas do solo e condições hídricas, considerando que a mesma necessita retirar da subsuperfície uma grande quantidade de água para suportar a produção de látex (contém 68% de água). O controle de pragas normalmente é feito através do uso de fungicidas e inseticidas (MARTO, 2007). Também são utilizadas substâncias descoagulantes no tronco, para manter constante o fluxo de látex, sendo altamente nocivas à saúde. Em campo verificou-se a consorciação da seringueira com palmeiras para a produção de palmito.

Em relação ao plantio de manga, o mesmo passa por constante fertilização para que haja frutificação, com adubações nas fases de plantio, formação e produção. No controle de doenças normalmente se observa o uso abusivo de agrotóxicos e a agressividade crescente dos patógenos (TAVARES, 2004).

Ressalta-se que apesar da fruticultura ser classificada como “média necessidade de intervenção agroecológica” em função dos indicadores utilizados, esta área necessita de grande atenção no que se refere à preservação ambiental por estar próxima à nascente do córrego Bebedouro, ser cabeceira de drenagem e desempenhar serviços ambientais fundamentais para o agroecossistema.

Com base nas características de manejo e a necessidade de intervenção agroecológica apontadas na escala ENIA, foram sugeridas estratégias de intervenção capazes de contribuir para a transição agroecológica e construção de outras formas de desenvolvimento rural. Algumas estratégias de intervenção para a promoção de uma agricultura de base ecológica são apresentadas a seguir: a) a minimização dos processos erosivos, com o uso contínuo de adubos orgânicos e enfatizando o uso de biomassa vegetal para fins de cobertura de solo; b) incorporação de técnicas conservacionistas do solo e manutenção das mesmas; c) redução da dependência externa de insumos quanto à nutrição nitrogenada, por meio da reciclagem, da fixação biológica e uso intensivo de rotação fundamentados no cultivo de leguminosas; d) ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica com otimização, disponibilidade e balanços dos fluxos de nutrientes; e) compostagem, considerando o aproveitamento de resíduos vegetais e animais localmente disponíveis; f) uso de rotação de pastagem estabelecendo um modelo físico para o manejo de gado, como o Pastoreio Racional Voisin; g) incorporação de sistemas consorciados como os sistemas agrofloretais por meio de modelos diversificados; h) cultivos intercalares com leguminosas e integração animal; i) manutenção do equilíbrio nutricional das plantas, evitando situações de estresse, de modo que os mecanismos de defesa não sejam alterados e possam manifestar-se plenamente; j) exploração das sinergias que emergem de interações planta-planta, plantas-animais e animais-animais; k) manutenção de níveis toleráveis de populações de fitoparasitas, estimulando os agentes de controle biológico e plantas espontâneas, sem o emprego de técnicas que representem impactos de natureza ecotoxicológica; l) adequação de métodos de irrigação (e aplicação de vinhaça devidamente distribuída ao longo da paisagem, quando assim for necessária) com vistas à racionalização do uso de água e de fontes renováveis de energia; m) expansão de experiências relacionadas ao manejo ecológico, valorizando a agrobiodiversidade (EMBRAPA, 2011).

Propostas de práticas para conduzir a transição agroecológica das formas de uso do solo no terço superior da bacia do córrego Bebedouro são apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4:** Técnicas agroecológicas que podem ser aplicadas nas culturas.

Cana-de-açúcar	Práticas conservacionistas do solo vegetativas, edáficas e mecânicas, como: plantio direto, rotatividade de culturas, cordão vegetativo permanente, ciclagem de nutrientes, controle de fogo, adubação orgânica, adubação verde, uso de biomassa vegetal, cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra, plantio em nível, distribuição adequada dos caminhos, terraceamento, patamares, irrigação com correto dimensionamento (inclusive vinhaça), drenagem e bacias de captação; Aplicação de vinhaça e reciclagem de efluentes orgânicos; Fixação biológica de nitrogênio; Controle biológico de insetos; Manejo integrado de pragas, patógenos e plantas espontâneas; Diversificação com outras culturas simultaneamente.
Agricultura intensiva	Práticas conservacionistas do solo vegetativas, edáficas e mecânicas, como: plantio direto, rotatividade de culturas, ciclagem de nutrientes, cordão vegetativo permanente, uso de cobertura morta, controle de fogo, adubação orgânica, uso de biomassa vegetal, adubação verde, cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra, quebra vento, plantio em nível, terraceamento, patamares, irrigação com correto dimensionamento, drenagem e bacias de captação; Fixação biológica de nitrogênio; Controle biológico de insetos; Cultivos intercalares com leguminosas e integração lavoura-pecuária; Manutenção do equilíbrio nutricional das plantas.
Pastagem	Práticas conservacionistas do solo vegetativas, edáficas e mecânicas, como: manejo do mato e alternância de capins, cordão vegetativo permanente, cobertura morta, formação e manejo de pastagem (rotações de pastagem), controle de fogo, adubação orgânica, adubação verde, ciclagem de nutrientes, compostagem, manutenção do número de animais de acordo com a capacidade de uso da terra, distribuição adequada dos caminhos, terraceamento, patamares, drenagem e bacias de captação; Manutenção do equilíbrio nutricional do pasto.
Silvicultura	Práticas conservacionistas do solo vegetativas, edáficas e mecânicas, como: uso de cobertura morta, controle de fogo, adubação orgânica, ciclagem de nutrientes, adubação verde, uso de biomassa vegetal, plantio de acordo com a capacidade de uso da terra e em nível, terraceamento, patamares, enleiramento em contorno, drenagem e bacias de captação; Fixação biológica de nitrogênio; Manejo integrado de pragas, patógenos e plantas espontâneas; Controle biológico de formigas; Integração lavoura-pecuária-floresta; Produção Integrada de Frutas – PIF; Consorciamento com outras culturas; Manutenção do equilíbrio nutricional das plantas.

A Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica (ENIA) também poderá ser utilizada como instrumento de gestão e controle público e privado, podendo abranger áreas maiores e com diversas culturas. Podem-se criar zoneamentos regionais, assim como existem os ambientais, ecológicos econômicos e agrícolas; sendo possível incorporar outros tipos de indicadores à ENIA capazes de aprofundar a análise de classificação de áreas quanto à necessidade de intervenção, semelhante ao que acontece com os indicadores de qualidade do solo, vulnerabilidade e potencialidades ambientais, aptidão agrícola das terras, aptidão climática, indicadores sociais e econômicos; suprimindo informações para o planejamento de ações e avaliação ambiental, e oferecendo bases para o desenvolvimento sustentável da agricultura e consolidação da agroecologia, sobretudo na região de Frutal.

Cita-se como exemplo o Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE) para a produção de etanol e açúcar, elaborado pela Embrapa Solos, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas visando à expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro (MANZATTO et al., 2009), disponibilizando uma base de dados espaciais para o planejamento do cultivo sustentável das terras com cana-de-açúcar em harmonia com a biodiversidade e a legislação vigente.

A noção basilar de uma intervenção agroecológica deverá orientar-se, primeiramente,

pela busca de maior complexidade ecológica dos sistemas de produção, sendo que quanto mais diversificados e integrados forem os sistemas de cultivos e criação de animais, mais próximos estarão da sustentabilidade ambiental. Com a efetiva aplicação da ENIA idealiza-se bons resultados produtivos, diminuição dos riscos ambientais, manutenção da qualidade do solo e água e formulação de sistemas de produção economicamente viáveis e socialmente aceitáveis, conforme ponderações da Articulação Nacional de Agroecologia-ANA.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de SIG e o processamento de dados pelo software QGIS, aliado à verificação *in loco* da área estudada se mostrou eficiente para o desenvolvimento do presente trabalho. O mapeamento de uso e ocupação do solo apresentou resultados satisfatórios condizentes com a realidade local, permitindo a compreensão da dinâmica de ocupação das culturas dentro do terço superior da bacia do córrego Bebedouro, fundamental para a aplicação da Escala de Necessidade de Intervenção Agroecológica-ENIA.

Os resultados da aplicação da ENIA mostraram que: 2,5% das áreas necessitam de baixa intervenção agroecológica; 43,1% necessitam de média intervenção agroecológica; 34,9% necessitam de alta intervenção agroecológica.

A vegetação nativa apresenta-se deficitária, como hoje é o cenário atual de boa parte do Cerrado brasileiro, considerando suas funções ambientais e sua importância para a manutenção da biodiversidade, cobertura do solo e recarga de hídrica.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Curso em Agroecologia no Cerrado, da Universidade do Estado de Minas Gerais, pela possibilidade de execução do projeto. Este trabalho é uma iniciativa do Grupo de Pesquisa/CNPq Uso e Conservação de Solo e Água.

#### REFERÊNCIAS

- ABRASCO. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015, 624p.
- ABREU, L. S.; BELLON, S.; BRANDENBURG, A.; OLLIVER, G.; LAMINE, C.; DAROLT, M. R.; AVENTURIER, P. Relações entre agricultura orgânica e agroecologia: desafios atuais em torno dos princípios da agroecologia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 26, p. 143-160, 2012.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3a edição. Rio de Janeiro: AS/PTA, 2012, 400p.
- ASSIS, R. L. **Agricultura orgânica e agroecologia: questões conceituais e processo de conversão**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, Documentos 196, 2005, 35p.
- BONO, J. A. M.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, M. M.; SILVA, M. L. N. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. **Pasturas tropicais**, v. 18, n. 2, p. 1-8, 1996.
- BOSSLE, R. C. **QGIS e geoprocessamento na prática**. São José dos Pinhais: Íthala, 2015, 231p.
- BRODZIŃSKA, K. Problems of Biodiversity Conservation in Polish Agriculture. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, p. 155-169, 2015.

- CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis**. Brasília, 2009, 30p.
- DELGADO, G. C. Expansão e modernização do setor agropecuário no pós-guerra: um estudo da reflexão agrária. **Estudos avançados**, v. 15, n. 43, p. 157-172, 2001.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGNELLO, A.; COGO, N. P. Uma análise do conceito à adoção. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Ed). **Agricultura conservacionista no Brasil**. Brasília: Embrapa, p. 1-23, 2013.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014, 38p.
- DIDHAM, R. K.; BARKER, G. M.; BARTLAM, S.; DEAKIN, E. L.; DENMEAD, L. H.; FISK, L. M.; PETERS, J. M.; TYLIANAKIS, J. M.; WRIGHT, H. R.; SCHIPPER, L. A. Agricultural Intensification Exacerbates Spillover Effects on Soil Biogeochemistry in Adjacent Forest Remnants. **PloS ONE**, p. 1-32, 2015
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Integrado de Produção Agroecológica: Fazendinha Agroecológica km 47**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011.
- GLIESSMAN, S. How to leave industrial agriculture behind by shifting food systems toward agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 40, p. 757-758, 2016.
- GLIESSMAN, S.; TITTONELL, P. Agroecology for Food Security and Nutrition. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, p. 131-133, 2015.
- HOLT-GIMÉNEZ, E.; ALTIERI, M. A. Agroecology, food sovereignty, and the new green revolution. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 37, p. 90-102, 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 775p.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande – GD8. 2007. Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/GD8.aspx>>. Acessado em: 10/08/2016.
- MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Documentos 110, 2009, 55p.
- MARTO, G. B. T. **Hevea brasiliensis (Seringueira)**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2007. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/hevea.brasiliensis.asp>>. Acessado em: 19/08/2016.
- MASTRANGELO, M. E.; WEYLAND, F.; VILLARINO, S. H.; BARRAL, M. P.; NAHUELHUAL, L.; LATERRA, P. Concepts and methods for landscape multifunctionality and a unifying framework based on ecosystem services. **Landscape Ecology**, v. 29, p. 345-358, 2014.
- MATOS, A. K. V. Revolução Verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, v. 10, n. 12, p. 1-17, 2010.
- MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; BOTELHO, M. I. V.; FERNANDES, R. B. A. Agroecologia, conservação do solo e da água e produção de alimentos na agricultura familiar. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Ed). **Agricultura conservacionista no Brasil**. Brasília: Embrapa, p. 382-411, 2013.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- PAIVA, R. G.; GONÇALVES JÚNIOR, F. A.; PAIVA, D. G. A cana-de-açúcar no município de Frutal-MG - Brasil. **Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL, p. 1-9, 2011.
- PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M. Impacto do pastejo no ecossistema caatinga. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 13, n. 2, p. 115-120, 2010.

PEREIRA, T. T. C.; ALMEIDA, I. C. C.; OLIVEIRA, F. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; PINHEIRO, L. S.; MATUK, F. A. Hydopedology of a high tableland with Cerrado, Brazilian central plateau: the Frutal catchment case study. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

PERES, F. Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 1995-2004, 2009.

PERES, F.; SILVA, J. J. O.; ROSA, H. V. D.; LUCCA, S. R. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 27-37, 2005.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, p. 5786-5791, 2010.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 575-585, 2010.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; LEITE, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SANTOS, G. R.; MARQUES, J. J. G. S. M.; MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1029-1039, 2010.

SILVEIRA, S. M. P. Estratégias para fomentar o desenvolvimento rural. **Revista de Estudos Sociais**, v. 2, n. 24, p. 75-88, 2010.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. S. Uso de agrotóxicos e impactos econômicos sobre a saúde. **Rev. Saúde Pública**, 2011.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. S. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no Cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 131-143, 2007.

TAVARES, S. C. C. H. Cultivo da mangueira: Manejo integrado de doenças. Embrapa Semiárido, Sistemas de Produção 2, 2004. Disponível em: <[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmanga/doencas.htm](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/doencas.htm)>. Acessado em: 19/08/2016.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales**. Vol. 3. Icaria editorial, 2008.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. **Conservation biology**, v. 21, p. 274-277, 2007.