

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM EDUCAÇÃO  
AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**ELISA REGINA DA SILVA**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE AGROECOSSISTEMAS E  
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOBRE O CULTIVO DE *COFFEA ARABICA* L.  
EM MANEJO CONSERVACIONISTA**

IBATIBA

2018

**ELISA REGINA DA SILVA**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE AGROECOSSISTEMAS E  
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOBRE O CULTIVO DE *COFFEA ARABICA* L.  
EM MANEJO CONSERVACIONISTA**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação *Lato Sensu* em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ivanete Tonole da Silva.

IBATIBA

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Ifes - Campus Ibatiba)

---

S586i Silva, Elisa Regina da, 1992-  
Indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas e atributos químicos do solo sobre o cultivo de *coffea arabica* L. em manejo conservacionista / Elisa Regina da Silva. – 2018.  
34 f. : Il. ; 30 cm.

Orientadora: Ivanete Tonole da Silva  
Monografia (especialização) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação *Lato Sensu* em Educação Ambiental e Sustentabilidade, 2018.

1. Agricultura orgânica. 2. Solos - Manejo. 3. Fertilidade do solo. 4. Café - Cultivo. 5. Serra, Caparaó (ES). 6. Sustentabilidade. 7. Monografias - Pós-graduação. I. Silva, Ivanete Tonole da. II. Instituto Federal do Espírito Santo. Campus Ibatiba. III. Título.

CDD: 631.584

**ELISA REGINA DA SILVA**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE AGROECOSSISTEMAS E  
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOBRE O CULTIVO DE *COFFEA ARABICA* L.  
EM MANEJO CONSERVACIONISTA**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação *Lato Sensu* em Educação Ambiental e Sustentabilidade do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

Aprovado em: 07 de novembro de 2018.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ivanete Tonole da Silva  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientadora

Prof. Dr. Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro Interno

Prof<sup>a</sup>. Ma. Kelly Nery Bighi  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro Externo

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pela saúde, pelo dom do entendimento, pela proteção e por sempre me amparar em seus braços.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba pelo suporte e pela oportunidade de estudo.

À todos os professores que contribuíram para a minha formação acadêmica e em especial à professora Ivanete Tonole da Silva, que me recebeu para orientação com tamanha prontidão e carinho, sem a qual seria impossível a realização deste trabalho.

À todos os amigos que participaram da pós.

À minha família, em especial às minhas irmãs Adriana, Juliana, Mariana e Pollyana pelo amor que tem por mim.

Ao meu companheiro de vida e amado noivo Fernando Gomes Silveira Filho, que vibrou desde o resultado positivo do processo seletivo desta pós, e quem foi o meu maior incentivador para finalização deste projeto, muito obrigada meu amor! Você foi imprescindível para esta realização!

Ao querido produtor José Sebastião de Faria, o principal responsável pela realização desta pesquisa, que possui mente aberta, consciência e sensibilidade para com a agroecologia. Que nos recebeu em sua propriedade de portas abertas! Gratidão por ter te conhecido!

À minha inspiradora, minha querida mãe Sebastiana Lucia Affonso (*in memoriam*) que foi a pessoa que mais me incentivou a estudar, a sonhar e persistir e me mostrou que é possível alcançar a vitória mesmo quando tudo parecer impossível!

## RESUMO

Com a expansão da cafeicultura no Caparaó capixaba, região que possui relevo e condições climáticas que favorecem a degradação dos solos e dos ecossistemas, é primordial a incorporação de manejos diferenciados nas lavouras, uma vez que o manejo correto da cultura e do solo é a chave para o aumento da produtividade e sustentabilidade do agroecossistema. Para reverter esse quadro, é necessária a adoção de técnicas alternativas às convencionais, que melhorem e até recuperem as áreas degradadas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade e os atributos químicos dos solos de agroecossistemas com café arábica com manejo conservacionista. O trabalho foi conduzido em propriedade rural localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto, região do Caparaó, estado do Espírito Santo. A avaliação da sustentabilidade foi realizada por meio da ferramenta ISA, e as avaliações dos atributos químicos foram feitas em agroecossistemas de café arábica com manejo convencional e com manejo orgânico, e em uma área de mata em estágio sucessional médio. Os solos foram coletados de forma aleatória, numa profundidade de 0-20 cm e enviados para análise química. O delineamento foi inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. Os resultados das análises químicas foram submetidos à análise de variância e as médias entre os diferentes ecossistemas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Conclui-se que a propriedade é sustentável, entretanto, o seu índice está no limite mínimo de sustentabilidade (0,71). Os entraves que impedem a propriedade de alcançar a sustentabilidade foram a gestão do estabelecimento e capacidade produtiva do solo. A substituição da mata nativa por lavouras de café alteraram a fertilidade do solo. O manejo orgânico do cafeeiro aumentou os teores de matéria orgânica do solo (4,02 dag DM<sup>-3</sup>). A lavoura com manejo convencional apresentou maior fertilidade que a lavoura orgânica.

**Palavras-chave:** Indicadores. Manejo orgânico. Fertilidade.

## ABSTRACT

With the expansion of coffee plantations in Caparaó capixaba, a region that has relief and climatic conditions that favor the degradation of soils and ecosystems, it is essential to incorporate differentiated management in the crops, since the correct management of the crop and the soil is the key to increase the productivity and sustainability of the agroecosystem. In order to reverse this situation, it is necessary to adopt alternatives to conventional techniques that improve and even recover degraded areas. In this sense, the objective of this work was to evaluate the sustainability and the chemical attributes of the soils of agroecosystems with arabica coffee with conservationist management. The work was conducted in rural property located in the community of Cerro in the municipality of Dores do Rio Preto, Caparaó region, Espírito Santo state. Sustainability assessment was carried out using the ISA tool, and the chemical attributes evaluations were performed in arabica coffee agroecosystems with conventional management and organic management, and in a medium successional forest area. The soils were randomly collected at a depth of 0-20 cm and sent for chemical analysis. The design was completely randomized with three treatments and five replicates. The results of the chemical analyzes were submitted to analysis of variance and the means between the different ecosystems were compared by the Tukey test at the 5% probability level. We conclude that the property is sustainable, however, its index is in the minimum sustainability limit (0.71). The obstacles that impede ownership of achieving sustainability were the management of the establishment and productive capacity of the soil. The substitution of native forest for coffee plantations altered soil fertility. The organic management of coffee increased the soil organic matter content (4.02 dag dm<sup>-3</sup>). Tillage with conventional management showed higher fertility than organic farming.

**Keywords:** Indicators. Organic management. Fertility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapas de localização dos agroecossistemas em estudo.....	13
Figura 2- Subíndices de sustentabilidade, aspectos socioeconômicos e ambientais do estabelecimento rural na comunidade do Cerro, no município de Dores do Rio Preto- ES.....	20
Figura 3- Indicadores de fertilidade do solo de lavoura orgânica e convencional com café arábica em propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES.....	26



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição das áreas e do manejo adotado no ano de 2017, nas lavouras de café convencional e orgânico.....	14
Tabela 2- Subíndices e indicadores que compõem a ferramenta ISA.....	16
Tabela 3- Subíndices e índices de sustentabilidade do estabelecimento rural localizado na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES.....	18
Tabela 4- Índices de sustentabilidade dos aspectos socioeconômicos de uma propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES.....	21
Tabela 5- Índices de sustentabilidade dos aspectos ambientais de uma propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES.....	22
Tabela 6- Atributos químicos de solos de capoeira, café convencional e orgânico e de mata, no município de Dores do Rio Preto- ES.....	27

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>IMPORTÂNCIA DA PESQUISA</b> .....	12
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	12
3.1	OBJETIVO GERAL .....	12
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
4.1	DETERMINAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES .....	15
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	16
4.3	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE AGROECOSSISTEMAS .....	16
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
5.1	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE AGROECOSSISTEMAS .....	18
5.2	ATRIBUTOS QUÍMICOS .....	27
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	31
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

A região do Caparaó capixaba caracteriza-se pelo relevo forte ondulado montanhoso, contribuindo para as perdas de solo e água pela erosão hídrica (PAULA et al., 2013). Com a expansão da cafeicultura nessas áreas, é primordial a incorporação de manejos diferenciados nas lavouras, uma vez que o manejo correto da cultura e do solo é a chave para o aumento da produtividade e sustentabilidade do agroecossistema (CARVALHO et al., 2009).

Segundo Fontes e Pereira (2003), muitos cafeicultores estão buscando maximizar a produção, e que para tal, precisam compreender os fatores que a influenciam, e dentre os vários fatores, devido à baixa fertilidade natural dos solos brasileiros, a nutrição assume papel importantíssimo no caminho para o aumento da produtividade.

Nessa busca, manejar a fertilidade do solo utilizando adubos e corretivos de forma eficiente é, de acordo com Lopes e Guilherme (2007) o principal fator para incremento de produtividade nas culturas, independente se é de origem orgânica, mineral ou organomineral. O material de origem, as alterações causadas pelos sistemas e o manejo cultural, fazem com que os atributos químicos do solo tenham uma distribuição bastante complexa (SOUZA et al., 2008), por isso, a análise desses atributos é essencial para adoção de estratégias de gestão que visam o aumento da produtividade (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O manejo da agricultura convencional é considerado potencialmente impactante, uma vez que, neste sistema de produção as práticas de cultivo intensivo, monocultivo, irrigação, uso de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas, tornam-se altamente dependentes de insumos externos (FERNANDES et al, 2013). Em contrapartida, o manejo orgânico, considerado mais sustentável do ponto de vista ambiental que o convencional, tem sido crescente, representando cerca de 0,3% da área total de café no Brasil (GIOMO et al, 2007).

A degradação ambiental causada pela conversão da floresta em outros agroecossistemas e pelo mau uso dos recursos naturais compromete o suprimento de nutrientes e, conseqüentemente, as plantas (LUIZÃO, 2007). Na região do Caparaó capixaba, o elevado monocultivo e a prática do manejo convencional, contribuem para o aumento da degradação ambiental, pois utilizam altos níveis de

fertilizantes e agroquímicos nas culturas, promovendo a contaminação dos solos e corpos d'água por meio da lixiviação e escoamento superficial provocados pela chuva (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2016).

Para reverter esse quadro, é necessária a adoção de técnicas alternativas às convencionais, que melhorem e até recuperem essas áreas degradadas, no entanto, é essencial avaliar o grau dos impactos causados pelo manejo incorreto. Segundo Stott et al. (1999), para avaliar a qualidade de um agroecossistema, é fundamental utilizar um bom indicador, que deve ser sensível tanto às mudanças pelos diferentes usos da terra, quanto às práticas de manejo.

Na busca pela sustentabilidade, o manejo deve proporcionar a disponibilidade e equilíbrio no fluxo de nutrientes, proteger e conservar a superfície do solo, e, preservar e integrar a biodiversidade (MACHADO; VIDAL, 2006). Sendo assim, a relação entre manejo e qualidade do solo, permite avaliar os processos que nele ocorrem e inferir se estes estão funcionando efetivamente como um componente saudável no ecossistema (SHOENHOLTZ et al., 2000).

Segundo os autores Vernetti Junior et al (2009), a sustentabilidade de um agroecossistema pode ser alterada tanto por fenômenos naturais quanto por meio da ação antrópica, e várias tecnologias tem sido utilizadas para minimizar os impactos ambientais decorrentes da produção agrícola, tais como o plantio direto e cobertura do solo, que reduzem a evaporação de água do solo, aumentam a matéria orgânica, melhoram a estrutura e a microbiota do solo, entre outros benefícios.

A fim de estimular o produtor rural a alcançar a sustentabilidade de suas propriedades, algumas ferramentas foram criadas para averiguar o desempenho econômico, social e ambiental e auxiliar o processo de tomada de decisão, possibilitando que o responsável pelas atividades produtivas consiga planejar de forma integrada a produção e preservação do ecossistema (FERREIRA et al, 2012).

Os indicadores são instrumentos que permitem mensurar as modificações ocorridas em um determinado sistema (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002) e avaliar alguma situação presente bem como sua tendência comportamental, para estabelecer um método de comparação (MATOS FILHO, 2004). No entanto, os

parâmetros da análise e interpretação dos dados precisam ser de fácil entendimento, claras e objetivas, sem deixar dúvidas sobre os processos de avaliação (MARZALL; ALMEDA, 2000).

O ISA (Indicadores de Sustentabilidade de Agroecossistemas) é uma ferramenta de gestão, que realiza um diagnóstico a nível social, econômico e ambiental do estabelecimento em estudo, e aponta os pontos críticos e positivos, riscos e oportunidades, além de gerar inúmeras informações úteis para diagnosticar as vulnerabilidades socioeconômicas, fragilidades ambientais, entraves e potencialidades das atividades (FERREIRA et al, 2012).

Dado a importância da sustentabilidade, dos atributos químicos do solo e o efeito que o tipo de manejo pode exercer sobre eles, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade e a fertilidade do solo em agroecossistemas com café arábica sob manejo convencional e conservacionista.

## **2 IMPORTÂNCIA DA PESQUISA**

O presente trabalho tem como principal contribuição científico-tecnológica, a geração de conhecimento sobre a dinâmica dos atributos químicos do solo e a identificação do grau de sustentabilidade relacionado com o tipo de manejo que é adotado pelo agricultor. Com este estudo é possível identificar os fatores limitantes que afetam a qualidade dos solos e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a sustentabilidade e os atributos químicos do solo de lavouras cafeeiras que recebem manejo convencional e conservacionista.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a sustentabilidade dos agroecossistemas;
- Identificar qual manejo (convencional ou conservacionista) promove maior sustentabilidade aos agroecossistemas; e

- Quantificar os teores de macronutrientes nos solos com café sob manejo convencional ou conservacionista e, em área de mata nativa.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em propriedade rural localizada na comunidade do Cerro, município de Dorés do Rio Preto, região do Caparaó, estado do Espírito Santo. O clima predominante da região é do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical com inverno seco e verão quente (PEZZOPANE et al., 2012). A altitude é de 774m e o solo classificado como Latossolo (INCAPER, 2018).

As avaliações, conforme mostra a Figura 1, foram realizadas em dois agroecossistemas de café arábica: um sob manejo convencional (LC) e outro, sob manejo conservacionista ou orgânico (LO); e, num fragmento de mata em estágio sucessional médio (MT), próximo às lavouras tomadas como referência. Ressalta-se que os locais de estudo localizam-se em duas diferentes propriedades rurais porém, ambas lavouras têm e compõem a renda familiar de um único gestor, o produtor rural Sr. José Sebastião de Faria. Sob sua posse tem-se a propriedade rural onde encontra-se a lavoura conservacionista e cujas coordenadas geográficas são: 20°42'38" S e 41°48'54" W.

Figura 1. Mapas de localização dos agroecossistemas em estudo. LC: lavoura convencional; LO: lavoura orgânica; MT: mata



Fonte: A autora.

As informações sobre as práticas adotadas nas lavouras encontram-se listadas na tabela 1.

Tabela 1. Descrição das áreas e do manejo adotado no ano de 2017, nas lavouras de café convencional e orgânico na comunidade do Cerro, município de Dores do Rio Preto, ES

<b>Descrição</b>	<b>Café convencional</b>	<b>Café orgânico</b>
<b>Implantação</b>	2012	2005
<b>Cultivo anterior</b>	Pastagem	Café convencional
<b>Tamanho da lavoura</b>	3000 m <sup>2</sup> (1000 plantas)	4000 m <sup>2</sup> (1000 plantas)
<b>Manejo da fertilidade</b>	Calagem, adubação fosfatada e NPK	Calagem e adubo orgânico <sup>1</sup>
<b>Manejo fitossanitário</b>	Inseticidas, fungicidas e acaricidas	Nenhum
<b>Manejo de plantas invasoras</b>	Roçada/ herbicida	Roçada
<b>Cobertura vegetal</b>	Não	Sim
<b>Monocultivo</b>	Sim	Não <sup>2</sup>
<b>Colheita</b>	1 colheita	3 colheitas seletivas
<b>Produção</b>	25 sacas	7 sacas
<b>Renda bruta</b>	R\$ 10.500	R\$ 14.560

Fonte: A autora.

1. Adubo orgânico: feito pelo produtor em composteira através da mistura de esterco bovino e de galinha, cinzas, borra de café, palha e casca de café e resíduos orgânicos da cozinha.

2. A lavoura de café orgânico possui outras espécies plantadas, tais como, bananeira, ingá, pata de vaca, fedegoso, frutíferas e no período chuvoso é feito o plantio de feijão nas entrelinhas.

#### **4.1 Determinação dos macronutrientes**

Os solos foram coletados com trado holandês em novembro de 2017, de forma aleatória e numa profundidade de 0-20 cm. Foram retiradas dez amostras simples de cinco pontos, cada ponto é referente a uma repetição, totalizando cinco repetições com dez subamostras. De cada amostra ou repetição, foi retirada uma fração de 500 mg de solo para análise. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos Labominas localizado no município de Manhuaçu- MG. O solo foi caracterizado quimicamente quanto ao: pH em H<sub>2</sub>O 1: 2,5 (v/v) de solo: solução; Cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) extraídos em solução de cloreto de potássio (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) e determinados por espectrometria de absorção atômica; Alumínio (Al<sup>3+</sup>) extraído em solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria; Potássio (K), sódio (Na) e fósforo (P) extraídos em Mehlich-1 e determinados, respectivamente, por espectrofotometria de chama e colorimetria (EMBRAPA, 1997); Acidez potencial (H + Al) extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e determinada por titulometria (EMBRAPA, 2017); Matéria orgânica (MO) obtida pelo método colorimétrico.

#### **4.2 Análise estatística**

Os resultados das análises químicas foram submetidos à análise de variância e as médias entre os diferentes ecossistemas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### **4.3 Indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas (ISA)**

Para a avaliação dos indicadores de sustentabilidade foi utilizado a planilha eletrônica integrante do sistema ISA, que é composta por um questionário que foi aplicado junto ao produtor (imagem 5) para coleta das informações que geram o



relatório que permite visualizar os fatores limitantes para a sustentabilidade do estabelecimento. O quadro 1 apresenta os indicadores componentes do ISA.

Tabela 2. Subíndices e indicadores que compõem a ferramenta ISA.

<b>Subíndices</b>	<b>Indicadores</b>
Balanço econômico	1 - Produtividade e preço de venda apurados
	2 - Perfil e diversificação da renda
	3 - Evolução patrimonial
	4 - Grau de endividamento
Balanço social	5 - Serviços básicos disponíveis
	6 - Segurança alimentar no entorno das residências
	7 - Escolaridade/Cursos direcionados às atividades agrossilvipastoris
	8 - Qualidade da ocupação e do emprego gerado
Gestão do estabelecimento rural	9 - Gestão do empreendimento
	10 - Gestão da informação
	11 - Gerenciamento de resíduos e efluentes
	12 - Segurança do trabalho e gestão do uso de agrotóxicos e produtos veterinários
Capacidade produtiva do solo	13 - Fertilidade do solo
Qualidade da água	14 - Qualidade da água superficial
	15 - Qualidade da água subterrânea
	16 - Risco de contaminação da água por agrotóxicos
Manejo dos sistemas de produção	17 - Áreas com solo em estágio de degradação
	18 - Grau de adoção de práticas conservacionistas
	19 - Estado de conservação de estradas internas e externas
Ecologia da paisagem agrícola	20 - Vegetação nativa - fitofisionomias e estado de conservação
	21 - Áreas de Preservação Permanente (APPs)
	22 - Reserva Legal (RL)

Fonte: A autora.

O ISA gera um índice final através da média aritmética dos 23 indicadores, variando de 0 a 1, em que 0,7 é o limiar de sustentabilidade, ou seja, índices abaixo do limiar indicam que existe um ou mais pontos que estão sendo prejudiciais para alcançar a sustentabilidade, e índices iguais ou acima de 0,7 indicam que o estabelecimento está dentro das conformidades social, econômica e ambiental (FERREIRA et al, 2012).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora o ISA (Indicadores de Sustentabilidade de Agroecossistemas) seja uma ferramenta de gestão, que realiza um diagnóstico a nível social, econômico e ambiental do estabelecimento em estudo, para este trabalho considerou-se o estabelecimento, como sendo, a lavoura convencional que o Sr. José Sebastião de Faria arrendou mais a propriedade rural de sua posse (onde encontra-se a Lavoura Conservacionista ou Orgânica), ou seja, o “estabelecimento” que compõe sua renda familiar. Interpretações que devam considerar os aspectos e dados específicos de uma ou outra lavoura serão explicitados como tal.

### 5.1. Indicadores de Sustentabilidade dos Agroecossistemas (ISA)

O índice de sustentabilidade da propriedade foi de 0,71 indicando que a mesma encontra-se acima do limiar de sustentabilidade. Porém, devido ao valor está muito próximo de 0,7 demonstra que existem um ou mais subíndices com fragilidades. Os subíndices que apresentam fragilidades são a gestão do estabelecimento (0,63), capacidade produtiva do solo (0,54) e o manejo dos sistemas de produção (0,68) (tabela 3).

Tabela 3. Subíndices e índices de sustentabilidade de uma propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES

<b>Subíndices</b>	<b>Índices</b>
Balanço econômico	0,78
Balanço social	0,71
Gestão do estabelecimento	0,63
Capacidade produtiva do solo	0,54
Qualidade da água	0,85
Manejo dos sistemas de produção	0,68
Ecologia da paisagem agrícola	0,80
<b>Índice de sustentabilidade</b>	<b>0,71</b>

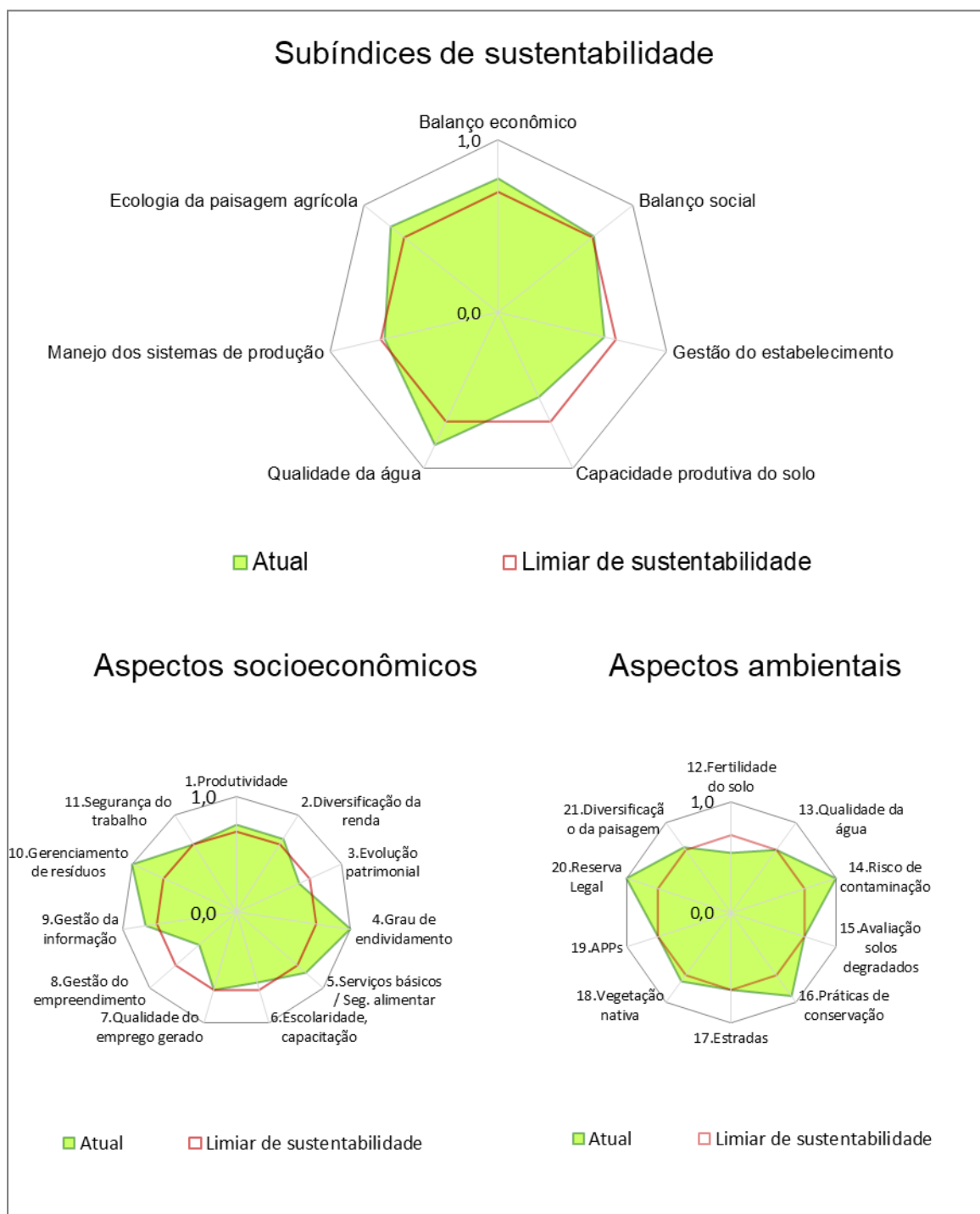
Fonte: A autora.

Ressalta-se que o gestor das lavouras possui um certificado de produto orgânico. Tal certificação é o diferencial que tem possibilitado o elevado valor agregado ao produto final (pó de café) obtido a partir da LO (conforme Fig. 1 e Tabela 1). Toda cadeia produtiva é realizada pelo produtor. Ao invés de vender a saca de café pilado

realiza todo o beneficiamento pós-colheita (despolpa, secagem, pilagem, torrefação e moagem) incluindo o envase do pó de café, como também, sua comercialização (embalagens de 500g, vendidas por R\$ 20,00 a unidade).

Os gráficos gerados pela ferramenta ISA com os subíndices de sustentabilidade, aspectos ambientais e socioeconômicos estão apresentados na figura 2.

Figura 2. Subíndices de sustentabilidade, aspectos socioeconômicos e aspectos ambientais de uma propriedade localizada na comunidade do Cerro, no município de Dorés do Rio Preto- ES



Fonte: A autora.

Quando avaliamos separadamente os aspectos econômicos, nota-se que a evolução patrimonial (0,6), a escolaridade e capacitação (0,63) e a gestão do empreendimento (0,43) são os fatores limitantes para a sustentabilidade (Tabela 4).

Tabela 4. Índices de sustentabilidade dos aspectos socioeconômicos de uma propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES

<b>Aspetos socioeconômicos</b>	<b>Índice</b>
Produtividade	0,76
Diversificação da renda	0,75
Evolução patrimonial	0,6
Grau de endividamento	1,0
Serviços básicos/segurança alimentar	0,8
Escolaridade, capacitação	0,63
Qualidade do emprego gerado	0,7
Gestão do empreendimento	0,43
Gestão da informação	0,8
Gerenciamento dos resíduos	1,0
Segurança do trabalho	0,7

Fonte: A autora.

O proprietário apesar de ter feito alguns cursos de capacitação de curta duração, estudou somente até a 4ª série do ensino fundamental, fazendo com que o baixo nível de escolaridade seja um ponto crítico. Outro fator limitante é a gestão do empreendimento, devido à falta de contabilidade das atividades, uma vez que o produtor entrevistado não faz o acompanhamento das despesas e receitas geradas pelo estabelecimento e não faz a utilização de crédito formal para investimento.

Segundo Batalha, Buainain e Sousa Filho (2005) as dificuldades da gestão das propriedades rurais familiar estão ligadas à falta de adequação à realidade do produtor das ferramentas gerenciais, descapitalização que impede o pequeno produtor a investir e ter acessos às tecnologias de informação, baixo nível de escolaridade dos produtores rurais e falta de incentivo aos produtores pela adoção de novas tecnologias de gestão. Esses autores ainda afirmam que na maioria dos

casos, o principal problema dos agricultores familiares não está ligado às técnicas agrícolas utilizadas, e sim, na compreensão do funcionamento dos mercados que precisam ser articulados com segmentos fora e dentro da porteira, nas novas formas de negociação e na gestão do empreendimento.

O gerenciamento dos resíduos e o grau de endividamento atingiram índice máximo de sustentabilidade (1,0). Na propriedade todo resíduo gerado recebe destinação adequada. Os resíduos orgânicos são levados para composteira, os resíduos inorgânicos são separados para reciclagem e, o esgoto doméstico é destinado para fossa séptica.

Nos aspectos ambientais o único fator limitante para a sustentabilidade foi a fertilidade do solo apresentando um baixo índice (0,54) (tabela 4). A propriedade não utiliza defensivos agrícolas no controle fitossanitário, por isso, o risco de contaminação de corpos d'água no estabelecimento é quase nulo, neste sentido, esse fator de risco recebeu nota máxima do índice de sustentabilidade. Outro ponto levantado foi o fator reserva legal, onde cerca de 0,5 ha da propriedade é composto por vegetação nativa (imagem 1).

Tabela 5. Índices de sustentabilidade dos aspectos ambientais de uma propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES

<b>Aspectos ambientais</b>	<b>Índice</b>
Fertilidade do solo	0,54
Qualidade da água	0,7
Risco de contaminação	1,0
Avaliação dos solos degradados	0,7
Práticas de conservação	0,93
Estradas	0,4
Vegetação nativa	0,77
APPs	0,7
Reserva legal	1,0
Diversificação da paisagem	0,73

Fonte: A autora.

As práticas de conservação adotadas fazem deste aspecto ambiental um ponto muito importante para aumentar a sustentabilidade da propriedade, uma vez que quanto maior a adoção de práticas conservacionistas, maior será o índice deste aspecto ambiental. Com índice de 0,93, o proprietário realiza o cultivo do café em curvas de nível, consorciadas com espécies florestais e frutíferas (imagem 2 e 3), mantém o solo com cobertura vegetal, faz o uso de adubos orgânicos provenientes dos resíduos gerados no estabelecimento, não faz aplicação de agroquímicos e as nascentes foram recuperadas.



Imagem 1. Propriedade rural em estudo localizada na comunidade do Cerro, no município de Dores do Rio Preto- ES.





Imagem 2. Lavoura de café orgânico evidenciando a diversificação e a cobertura do solo.



Imagem 3. Lavoura de café orgânico evidenciando a diversificação com frutíferas.



Imagem 4. Lavoura de café convencional evidenciando o monocultivo.

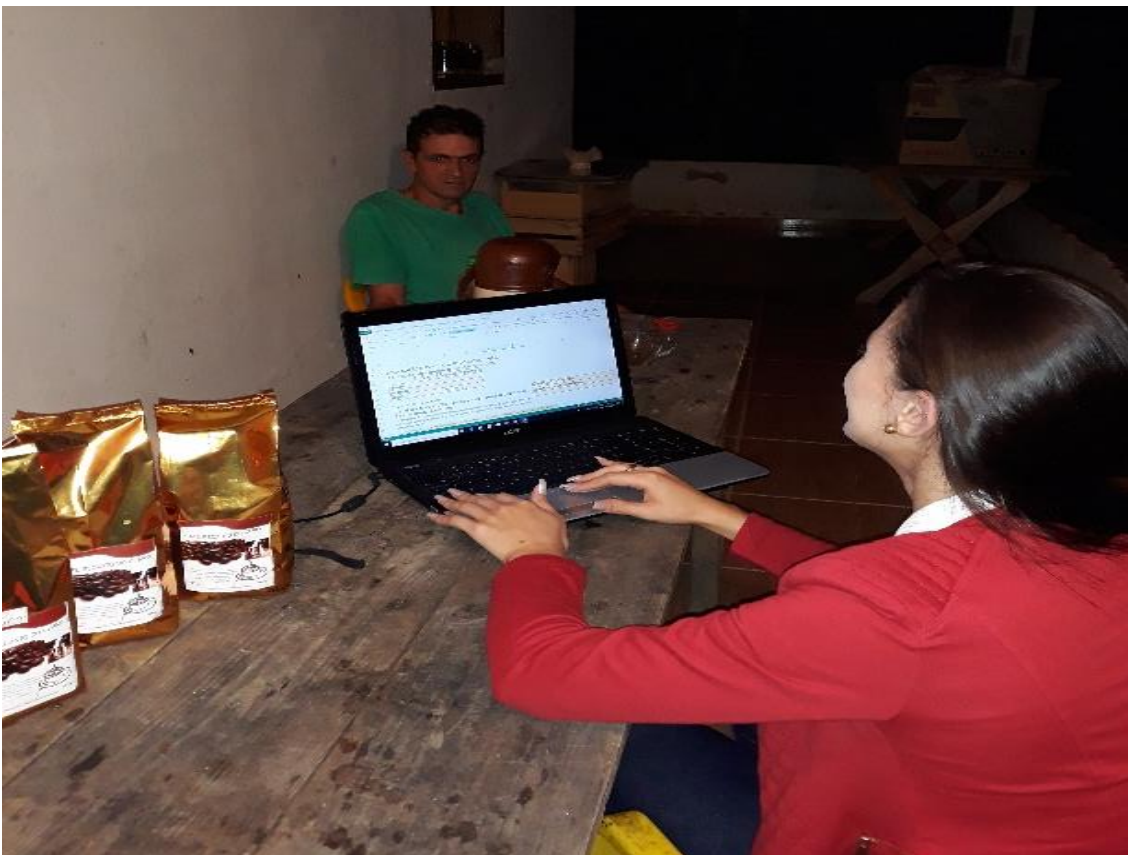
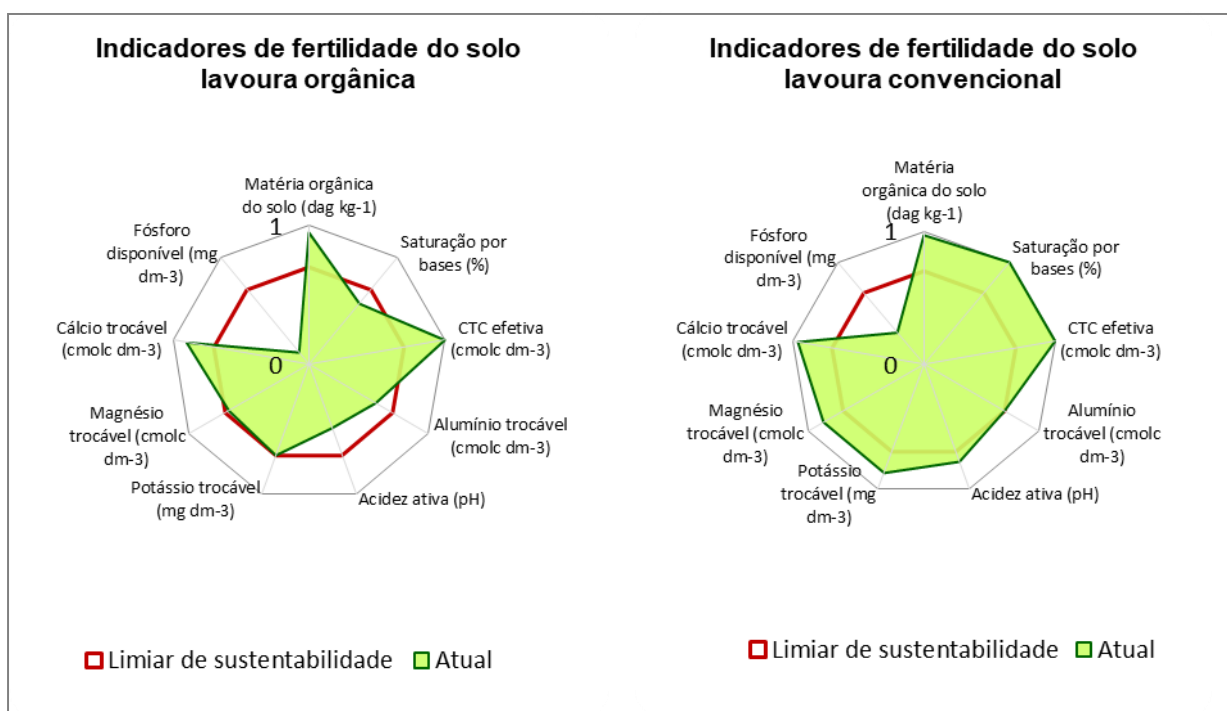


Imagem 5. Aplicação do questionário do ISA com o proprietário rural.

A capacidade produtiva do solo é medida pela fertilidade do mesmo, observa-se que o fósforo disponível é o maior limitante da fertilidade do solo (figura 3). Raij (1991) explica que os solos brasileiros são pobres em fósforo, devido ao material de origem e da forte interação desse elemento com o solo.

Figura 3. Indicadores de fertilidade do solo de lavoura orgânica e convencional com café arábica em propriedade localizada na comunidade do Cerro no município de Dores do Rio Preto- ES



Fonte: A autora.

Estes gráficos mostram que na lavoura orgânica, existem mais fatores limitantes para a sustentabilidade que a lavoura convencional. Esse resultado já era esperado, uma vez que, as lavouras convencionais são frequentemente corrigidas quanto ao pH e fertilidade do solo, por meio da adição de calcário e fertilizantes minerais, enquanto que, para se elevar a fertilidade do solo de lavouras orgânicas, comumente é adicionado somente adubos orgânicos.

## 5.2. Atributos químicos

Os solos de café sob manejo convencional apresentaram, significativamente, os melhores valores nos atributos químicos, evidenciando maior fertilidade neste sistema em relação aos demais. Esses resultados eram esperados, e apesar do monocultivo (imagem 4), essas áreas de manejo convencional recebem intensa correção de pH e fertilidade do solo (Tabela 5).

Tabela 6. Atributos químicos de solos de capoeira, café convencional e orgânico e de mata, no município de Dores do Rio Preto- ES

Área	M.O	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%
	dag dm <sup>-3</sup>		--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
<b>Café Conv.</b>	3,63 b	6,33 a	11,68 a	98,53 a	6,16 a	1,25 a	0 c	2,66 c	7,58 a	10,3 a	74,8 a
<b>Café Org.</b>	4,02 ab	5,28 b	4,6 bc	71,8 b	3,48 b	0,84 b	0,3 c	6,7 b	4,51 b	11,24 a	40,4 b
<b>Mata</b>	3,12 c	4,12 d	3,66 c	33 c	0,24 c	0,24 c	1,74 a	8,16 a	0,54 c	8,73 b	6,4 d

Fonte: A autora.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferenciam entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O pH do solo de todas as áreas estudadas diferenciou entre si. Os solo da mata apresentou baixo pH (4,12), evidenciando elevada acidez, isso acontece devido à ausência da calagem nessas áreas. De forma contrária, o pH do solo do café sob manejo convencional está próximo à neutralidade (6,33), devido à intensa correção da acidez nesse sistema.

Os solos brasileiros, principalmente os latossolos, devido ao elevado grau de intemperismo, apresentam média a alta acidez, provocando conseqüentemente, a redução da produtividade das culturas, devido a toxidez por Al e Mn, deficiência de P e pela baixa saturação por bases (NÓIA et al., 2014). A prática da calagem é fundamental tanto no manejo convencional quanto no manejo conservacionista, pois

eleva o pH, reduz os teores de alumínio, eleva a quantidade de Ca e Mg e disponibiliza o P para as plantas (ANDREOTTI; CRUSCIOL, 2003).

Os teores de Al foram mais elevados na área de mata (1,74  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e inferiores ou ausentes nas áreas cultivadas com café (figura 1.c), acompanhando inversamente proporcional ao pH, uma vez que este aumenta, o Al é reduzido. Portugal et al. (2010) chegaram a esse mesmo resultado quando compararam solos de áreas cultivadas com solos de mata.

A acidez potencial (H+Al) no solo da mata, apresentou maior valor (8,16  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) comparado com as demais áreas, e a menor acidez potencial foi encontrada na área de café convencional (2,66  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), e esta variável está associada ao Al, que neste caso está ausente.

O teor de matéria orgânica foi maior na área de café orgânico, com 4,02  $\text{dag dm}^{-3}$  e esse alto valor é explicado pela adubação orgânica. A Matéria Orgânica (MO) dos solos também é um excelente indicador de qualidade, pois é um dos atributos do solo mais sensíveis às transformações decorrentes do manejo. Neste sentido, a implementação de um manejo com práticas conservacionistas associadas com espécies vegetais, podem promover incrementos no conteúdo de MO e melhoria na disponibilidade de nutrientes para as culturas subseqüentes (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O alto teor de MO na área de café orgânico era esperado, pois neste sistema de manejo, é frequente a aplicação de adubos orgânicos. O efeito da adubação orgânica sobre os atributos químicos do solo é muito variável, por isso, pode causar diferentes respostas na química do solo, principalmente sobre a acidez.

Sousa et al. (2007) afirmam que a MO contribui na acidez do solo através da ionização de grupamento de ácidos carboxílicos, fenólicos e álcoois terciários. De forma contrária, a adubação orgânica pode contribuir no aumento do pH através do fornecimento de cátions (GUIMARÃES et al., 2013) e ânions orgânicos que reduzem a atividade de  $\text{H}^+$  da solução do solo (THEODORO et al., 2003).

Na área de café sob manejo convencional, o teor de fósforo disponível e de potássio é de 11,68 e 98,53 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente, nessas áreas é comum a adubação com formulados NPK e adubos fosfatados, o que explica a vantagem deste sobre os outros tipos de manejo.

Bastos et al. (2008) afirmam que o fósforo apesar de ser um elemento essencial para os vegetais, se encontram em baixas quantidades nos solos brasileiros. Solos que recebem pouca ou nenhuma adubação fosfatada, a principal fonte de P para as plantas, são as formas orgânicas, presentes nos resíduos vegetais, esterco e tecidos microbianos, que podem ser disponibilizados por meio da adubação orgânica.

No entanto, Malta et al. (2008) e Partelli et al. (2009) ao avaliar os teores de P em solos com cafeeiro que só receberam adubação orgânica, observaram baixa disponibilidade desse elemento, e relacionaram com a alta capacidade que os solos intemperizados tem em reter o fósforo. Outra explicação para o baixo teor de P em solos que recebem o manejo orgânico, é dada por Guimarães et al. (2013) ao afirmar que o Mehlich-1 é um extrator fraco para as formas orgânicas de fósforo.

Não houve diferença significativa entre o potássio das áreas de café sob manejo convencional e orgânico, e esse elemento se encontra em níveis adequados para as plantas. A elevada quantidade de potássio no sistema orgânico de produção se deve à aplicação de casca e palha de café. Esses resíduos orgânicos possuem elevado nível de potássio, e, cerca de 2/3 desse elemento presente nas células vegetais e animais em decomposição, tornam-se disponíveis após a lise celular, que podem permanecer retidos no solo (RODRIGUES; CASALI, 1998).

O cálcio e magnésio apresentaram a mesma tendência em ambas áreas, e se encontram em níveis baixos na área de mata. Nas áreas de café orgânico e convencional, os níveis estão adequados devido a calagem, que, além de neutralizar o Al, fornece cálcio e magnésio para o solo.

A baixa fertilidade na área de mata, pode ser explicada por grande parte dos nutrientes estarem alocados na serapilheira, pela pobreza química característica de latossolos e do alto grau de intemperismo dele no ambiente (PORTUGAL et al., 2008).

Podemos observar que a CTC do solo do café com manejo orgânico e convencional não diferenciaram entre si estatisticamente, e o baixo valor encontrado na mata ( $8,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), segundo Brams (1971) pode ser influenciado pelo valor do pH, que também está baixo (4,12).

A saturação por bases indica o número de cargas negativas dos coloides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis, por isso, seguem a tendência dos valores de K, Ca e Mg. Neste sentido, a maior SB foi encontrada na área de café convencional ( $7,58 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), seguido da área de café orgânico ( $4,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e mata ( $0,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

## **6. CONCLUSÃO**

O estabelecimento rural é sustentável, entretanto, o seu índice está no limite mínimo de sustentabilidade.

Os entraves que impedem o estabelecimento rural de alcançar a sustentabilidade foram a gestão do estabelecimento e capacidade produtiva do solo.

A substituição da mata nativa por lavouras de café alteraram a fertilidade do solo.

O manejo orgânico do cafeeiro aumentou os teores de matéria orgânica do solo.

O solo da lavoura com manejo convencional apresentou maior fertilidade que a lavoura orgânica.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S.; GUIMARÃES, E. C. Geoestatística e análise fatorial exploratória para representação espacial de atributos químicos do solo, na cafeicultura. **Coffee science**, v. 11, n. 2, p. 195 - 203, 2016. disponível em: <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/coffeescience/article/view/1041>>. Acesso em: 30 jul. 2018.
- ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Interação calcário x zinco sobre a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho. **Revista de agricultura**, v. 78, n. 3, 2003.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 136-142, 2008.
- BATALHA, M. O.; BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M. Tecnologia de gestão e agricultura familiar. In: SOUZA FILHO, H. M.; BATALHA, M. O. (**Orgs.**). Gestão integrada a agricultura familiar. São Carlos: Edufscar, 2005.
- CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; BARTHOLO, G. F.; PEREIRA, A. A.; NOGUEIRA, Â. M.; CARVALHO, A. M. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 47-52, 2009.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 1, n. 29, p. 777-788, 2005.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N. GUINARÃES, L. R. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.179-186, 2004.
- DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, p.44-52, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2017.
- FERNANDES, D. A.; GOBBO, S. D. A.; SUHET, M. I.; AMARAL, A. A. Uso da água e sustentabilidade da agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 101 - 107, 2013.

FERREIRA, J. M. L.; VIANA, J. H. M.; COSTA, A. M.; SOUSA, D.V.; FONTES, A. A. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 271, p. 12-25, 2012.

FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Nutrição mineral do tomate para mesa. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 219, p. 27-34, 2003.

GIOMO, G. S.; PEREIRA, S. P.; BLISKA, F. M. M. Panorama da cafeicultura orgânica e perspectivas para o setor. **O Agrônomo**, v. 59, n. 1, p. 33-36, 2007.

GUIMARÃES, G. P., MENDONÇA, E. S., PASSOS, R. R., ANDRADE, F. V., MACHADO, R. V. Avaliação da qualidade do solo e de cafeeiros em propriedade familiar do Território do Caparaó-ES. **Revista brasileira de agroecologia**, v. 8, n. 3, 2013.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do Solo e Produtividade Agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L.(Eds.). **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**. Cap. 1, p. 1-64, 2007.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J.; PAIVA, R. Q.; MONTEIRO, T. F., SOUSA, L. S.; KRUIJT, B. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. **Global Change Biology**, v. 10, p. 592-600, 2007.

MACHADO, C. T. T.; VIDAL, M. C. **Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. 1. ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2006. 44 p.

MALTA, M. R.; THEODORO, V. C. A.; CHAGAS, S. J. R.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. Caracterização de lavouras cafeeiras cultivadas sob o sistema orgânico no sul de Minas Gerais. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1402-1407, 2008.

MATOS FILHO, A.M.M. Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade: uma análise da região de Florianópolis-SC, Brasil. 2004. 121f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NÓIA, N. R. C.; CRUZ, M. C. P.; DAVALO, M.J.; OLIVEIRA, M. C.; FUJITA, C. K. Produção de matéria seca de alfafa (*Medicago sativa* L.) em função de doses de calcário. **Científica**, v. 42, p. 310-315, 2014.

PARTELLI, F. L.; BUSATO, J. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; CANELLAS, L. P. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, v. 39, n.7, p. 2065-2072, 2009.

PAULA, M.; CABANÊZ, P.; FERRARI, J. Desgaste superficial do solo em cafeicultura capixaba de montanha em função do manejo da vegetação espontânea. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 90-104, 2013.

PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. **Agrometeorologia**: Aplicações para o Espírito Santo. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2012. 174p.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 1, p. 249-258, 2008.

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, n. 2, p. 575-585, 2010.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. 1. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RODRIGUES, E. T.; CASALI, V. W. D. Resposta da alfaca à adubação orgânica. **Revista ceres**, v. 45, n. 261, 1998.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v.138, p. 335-356, 2000.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 4, p.589-596, 2008.

STOTT, D. E.; KENNEDY, A. C.; CAMBARDELA, C. A. Impact of soil organisms and organic matter on soil structure. In: Lal, R. (Ed.). **Soil quality and soil erosion**, Boca Raton: CRC Press, cap. 4, p. 57-74, 1999.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C.A.S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

VERNETTI JUNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1708-1714, 2009.