



**KLESO SILVA FRANCO JUNIOR**

**USO DE BIOATIVADOR DE SOLO ASSOCIADO A DIFERENTES COBERTURAS  
VEGETAIS E A INFLUÊNCIA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E  
MICROBIOLÓGICAS**

**ALFENAS – MG  
2017**

**KLESO SILVA FRANCO JUNIOR**

**USO DE BIOATIVADOR DE SOLO ASSOCIADO A DIFERENTES COBERTURAS  
VEGETAIS E A INFLUÊNCIA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E  
MICROBIOLÓGICAS**

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Sistemas de Produção na Agropecuária para obtenção do título de Mestre.

Orientadora Profa. Dr<sup>a</sup>. Ligiane Aparecida Florentino

**ALFENAS-MG  
2017**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação  
Biblioteca Central da UNIFENAS

Franco Junior, Kleso Silva

Uso de bioativador de solo associado a diferentes coberturas vegetais e a influência nas características químicas, físicas e microbiológicas. — Kleso Silva Franco Junior. — Alfenas, 2017. 82 f.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ligiane Aparecida Florentino  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agropecuária – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2017.

1. Adubação verde 2. Nutrição do cafeeiro 3. Penegetic  
I. Universidade José do Rosário Vellano II. Título

CDU 633.73(043)

Samira Vidal da Silva Ramos  
CRB6 3474/0



# Certificado de Aprovação

Título: Uso de bioativador de solo associado a diferentes coberturas vegetais e a influência nas características químicas, físicas e microbiológicas

**Autor: Kleso Silva Franco Junior**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ligiane Aparecida Florentino

Aprovado pela comissão examinadora como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Produção na Agropecuária.

---

Prof. Dr. Tiago Rezende Teruel

---

Prof. Dr. José Maria do Amaral Resende

---

Prof. Dr. Adriano Bortolotti, da Silva  
Coordenador do Mestrado Profissional  
Sistemas de Produção na Agropecuária

## DEDICATÓRIA

A Deus, primeiramente, à minha Família (Kledysson e Mayra), pelo apoio e compreensão, e *in memoriam*, a minha Mãe (Maria Beatriz Vieira Duca) e minha Tia (Eliane Vieira Duca).

## **AGRADECIMENTOS**

À UNIFENAS, à EMATER – MG, à Renovagro,  
aos proprietários da Fazenda Boa Esperança, à Orientadora Dra. Ligiane Aparecida  
Florentino, Colaboradores Ana Beatriz Terra, Márcio de Souza Dias e Mariana  
Maccari, aos Professores e à Banca.

## RESUMO

A maioria dos solos brasileiros apresenta baixa fertilidade natural e, muitas vezes, com teores de nutrientes desbalanceados. O uso de plantas de cobertura como adubação verde melhora a fertilidade do solo pelo acréscimo de matéria orgânica, aumento da CTC efetiva do solo, diminuição da erosão hídrica e redução dos custos com adubação. Além disso, tal uso estimula a fração biológica do solo composta por microrganismos, os quais realizam funções essenciais e benéficas ao solo como decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes indisponíveis às plantas. Os bioativadores de solo são compostos constituídos por ácidos orgânicos e carboxílicos que aumentam a liberação de macro e micronutrientes dos solos para as plantas, dentre os quais podemos destacar o bioativador Penergetic. Este trabalho de pesquisa, portanto, teve como objetivo avaliar a contribuição do bioativador Penergetic associado a plantas de cobertura nas características químicas, físicas e biológicas e a influência desses parâmetros relacionada ao desenvolvimento do cafeeiro. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Boa Esperança, no Município de Serrania - MG, com a utilização das plantas de cobertura associadas ao bioativador em campo, utilizando delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2, analisando as características químicas, físicas e biológicas do solo e da planta do cafeeiro. Após a tabulação, os dados foram submetidos à análise de variância agrupando as médias por meio do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos indicaram que a utilização de plantas de cobertura associadas à tecnologia de bioativação contribuem para melhoria das características químicas (CTC, soma de bases, saturação por bases, acidez, macro e micronutrientes), físicas (temperatura e umidade) e biológicas do solo (bactérias diazotróficas solubilizadoras de Fósforo e Potássio) e do crescimento de ramos e produtividade do cafeeiro, além da redução da população de nematoides (*Meloidogyne* e *Xiphinema*).

Palavras-chave: Adubação verde, Nutrição do cafeeiro, Penergetic.

## ABSTRACT

Most Brazilian soils present low natural fertility and, often, with unbalanced nutrient contents. The use of cover crops as green manure improves soil fertility by increasing organic matter, increasing soil CEC, decreasing water erosion and reducing fertilization costs. In addition, such use stimulates the biological fraction of the soil composed of microorganisms, which perform essential functions and beneficial to the soil as decomposition of organic matter and release of nutrients unavailable to plants. Soil bioactivators are composed of organic and carboxylic acids that increase the release of macro and micronutrients from soils to plants, among which we can highlight the bioenergetic Penergetic associated to cover plants in the chemical, physical and biological characteristics and the influence of these parameters related to coffee development. The research was conducted at Fazenda Boa Esperança, in the municipality of Serrania - MG, using cover plants associated with the bioactivator in the field, using a randomized block design, in a 4x2 factorial scheme, analyzing the chemical, physical and biological characteristics of soil and coffee plant. After tabulation, the data were submitted to analysis of variance by grouping the means by means of the Scott Knott test, at 5% probability. The results indicated that the use of cover crops associated to the bioactivation technology contribute to the improvement of the chemical characteristics (CTC, base sum, base saturation, acidity, macro and micronutrients), physical (temperature and humidity) (Phosphorus and Potassium solubilizing diazotrophic bacterium) and the growth of coffee tree branches and productivity, as well as the reduction of the nematode population (*Meloidogyne* and *Xiphinema*).

Keywords: Green fertilization, Coffee nutrition, Penergetic.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Extração de macro e micronutrientes pelo cafeeiro (Produção: 30sc/ha. Quantidade: Macro= Kg ha <sup>-1</sup> e Micro= g/ha <sup>-1</sup> ).....	13
Tabela 2 - Resultado análise química do solo.....	40
Tabela 3 - Parâmetros químicos das amostras de solo coletadas na camada 0-10 cm, na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic.....	42
Tabela 4 - Valor de pH e teor de matéria orgânica das análises de solo coletadas na camada 10-20 cm, na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic .....	44
Tabela 5 - Teores de Fósforo, Potássio, Magnésio e Enxofre das amostras de solo coletadas na camada 10-20 cm, na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic.....	46
Tabela 6 - Valores de cálcio, soma de bases, CTC e saturação de bases das amostras de solo coletadas na camada 10-20 cm, na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura.....	47
Tabela 7 - Teores foliares dos macronutrientes nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic.....	49
Tabela 8 - Teores foliares dos micronutrientes boro, ferro e manganês das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic.....	51
Tabela 9 - Teores foliares de zinco das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura.....	52
Tabela 10 - Número de internódios e produção das plantas (litros plantas <sup>-1</sup> ) das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic.....	53
Tabela 11 - Temperatura do solo em relação a espécie cultivada.....	63
Tabela 12 - Umidade na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura .....	64
Tabela 13 - Densidade de nematoides do gênero <i>Meloidogyne</i> em amostras de solos coletadas nas entrelinhas do cafeeiro cultivado sob diferentes	

plantas de cobertura associadas ou não à utilização do bioativador  
Penergetic..... 65

Tabela 14- Densidade de nematoides do gênero *Xiphinema* em amostras de  
solos coletadas nas entrelinhas do cafeeiro cultivado sob diferentes plantas  
de cobertura..... 66

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 Fertilidade natural dos solos do Brasil e exigências nutricionais do cafeeiro..	13
2.2 Adubação verde.....	14
2.3 Microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP).....	18
2.4 Microrganismos solubilizadores de potássio (MSK).....	19
2.5 Características das espécies utilizadas na pesquisa.....	21
2.5.1 Aveia preta ( <i>Avena strigosa</i> Schreb.) .....	21
2.5.2 Centeio ( <i>Secale cereale</i> L).....	22
2.5.3 Nabo-forrageiro ( <i>Raphanus sativus</i> L).....	22
2.5.4 Ervilhaca ( <i>Vicia sativa</i> L).....	23
2.5.5 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	24
2.6 Bioativadores de solo.....	25
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>
<b>PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E PRODUÇÃO  </b>	
<b>CAFFEEIRO CULTIVADO COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA</b>	
<b>ASSOCIADAS AO USO DE BIOATIVADOR.....</b>	<b>36</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO E DO CAFEIRO</b>	
<b>CULTIVADO COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA ASSOCIADAS</b>	<b>58</b>
<b>AO USO DE BIOATIVADOR.....</b>	
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>62</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A maioria dos solos brasileiros apresenta baixa fertilidade natural (LOPES, 1994), necessitando de altas doses de adubos. Muitas vezes, no entanto, as adubações são realizadas de forma empírica, sem a prática de análises de fertilidade do solo, promovendo um desequilíbrio nos teores de nutrientes no solo.

O cafeeiro, como as demais culturas, extrai do solo grandes quantidades de macronutrientes, principalmente o nitrogênio e potássio. Já nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, assim como os micronutrientes, são absorvidos em menores quantidades. O conhecimento da fertilidade do solo e do estado nutricional da lavoura é de grande importância para verificar como se encontra o equilíbrio entre os nutrientes (GUIMARÃES e SILVA, 2016).

A adubação verde consiste numa técnica que visa aumentar os teores de matéria orgânica no solo. Segundo Espíndola, Guerra e Almeida (2004), a adubação verde contribui para o aumento dos teores de nutrientes e da CTC do solo, além de reduzir a acidez (SILVA, 2015). Contribui, ainda, para a melhoria das características físicas do solo, reduzindo a erosão e, conseqüentemente, o assoreamento e poluição de mananciais, que comprometem a qualidade e a biodiversidade das águas (SILVA e CURTI, 2001).

A dinâmica de decomposição da matéria orgânica no solo, no entanto, constitui-se num fator decisivo para a efetividade dos benefícios advindos da adubação verde (TORRES et al., 2005). Em todo esse processo, os organismos do solo, constituídos pelas bactérias, actinobactérias, leveduras, fungos filamentosos, algas, protozoários, além de minhocas, insetos e nematoides, exercem função crucial, uma vez que estão envolvidos nos processos de fragmentação e decomposição da matéria orgânica e da mineralização de nutrientes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os microrganismos realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo, tais como decomposição da matéria orgânica, liberação de nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradação de substâncias tóxicas. Além disso, formam associações simbióticas com as raízes das plantas – como rizóbio e micorrizas – atuam no controle biológico de patógenos, influenciam na solubilização de minerais e contribuem para a estruturação e agregação do solo (LEITE e CARVALHO, 2007). Dessa forma, práticas de manejo

do solo que visam favorecer a atividade microbiana são benéficas para a qualidade do solo, envolvendo os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Atualmente, têm sido lançados no mercado os chamados bioativadores, constituídos por ácidos orgânicos de baixo peso molecular, cuja função principal está relacionada à liberação de macro e micronutrientes dos solos ou de substratos para as plantas, tanto nas formas catiônicas como aniônicas, através de reações solubilizadoras de precipitados inorgânicos. Estes produtos são compostos orgânicos biodegradáveis, de natureza idêntica aos compostos de carbono fotossintetizados, biodegradáveis e atóxicos, apresentando-se nos estados físico líquido e sólido (CARON, GRAÇA e CASTRO, 2015).

Em trabalho realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal da Grande Dourados - MS, ao estudar a disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo, Tirloni et al. (2009) concluíram que ocorre o aumento dos teores de P inorgânico e P total. Afirmaram, ainda, que a adoção de sistemas de manejo que propiciam um incremento no teor de matéria orgânica, ou de uma fração desta, como ácidos orgânicos, por exemplo, leva o solo a promover uma maior disponibilidade de fósforo (P), pois propicia formação de complexos que inibem sítios responsáveis pela adsorção de P na superfície de minerais, como óxidos de ferro e de alumínio. No entanto, trabalhos de pesquisa em relação a esses produtos, entretanto, ainda são incipientes, necessitando, assim, de mais estudos.

O bioativador de solos Pengergetic, desenvolvido na Suíça, é uma tecnologia em bioativação. O produto propõe a melhoria das condições do solo propiciando a multiplicação dos microrganismos e reestabelecendo a vida do mesmo, assim como das plantas, o que possibilita um melhor aproveitamento dos nutrientes presentes, porém não disponíveis no solo. É uma tecnologia biológica, creditada pela IFOAM (Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica), que é uma das certificadoras mais respeitadas em nível mundial no que tange à produção sustentável de alimentos (PENERGETIC, 2015). Ao visar a melhoria das condições do solo, esse produto propicia a multiplicação dos microrganismos no solo e, conseqüentemente, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas (FERNANDES e SANTINATO, 2014).

Por conseguinte, este trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar a contribuição do bioativador Pengergetic associado a plantas de cobertura nas

características químicas, físicas e biológicas, bem como sua influência no desenvolvimento e produção do cafeeiro.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Fertilidade natural dos solos do Brasil e exigências nutricionais do Cafeeiro**

Conforme Coelho (2015), solos com baixa fertilidade natural e com alta acidez ocorrem na maioria das regiões produtivas do Brasil, levando à necessidade crescente de importação de fertilizantes. De acordo com Silva (2015), cerca de 70% dos solos cultivados no Brasil apresentam alguma limitação em fertilidade, sendo que a análise de solo serve para uso prático, por técnicos e produtores, no sentido de determinar quantidades de corretivos e fertilizantes que o solo necessita a fim de nutrir as plantas. Existe também a avaliação do estado nutricional das plantas pela análise química de folhas, ou diagnose foliar, que complementa e serve para direcionar as adubações.

Segundo Rocha et al. (2005), os solos tropicais apresentam elevado grau de intemperismo e baixos teores de fósforo (P) na forma disponível às plantas. Malavolta (1976) e Raij (1991) explicam que esse fato se deve tanto à sua deficiência generalizada em solos tropicais quanto à sua imobilização em decorrência das fortes interações que apresentam com os constituintes destes solos. A sorção de P, que inclui tanto adsorção na superfície de minerais quanto sua precipitação como fosfatos de baixa solubilidade, é comum em solos ácidos, relativamente ricos em óxidos de ferro e de alumínio, como é o caso geral dos Latossolos (NOVAIS et al., 2007). Assim, em solos deficientes em P e com grande quantidade de argila, minerais e óxidos, a adsorção de P é maior e para o atendimento da exigência das culturas são exigidos níveis de adubação fosfatada mais elevados do que para solos mais arenosos.

O cafeeiro extrai grandes quantidades de macronutrientes, principalmente o nitrogênio e potássio. Já nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, assim como os micronutrientes, são absorvidos em quantidades menores. Para a produção de 30 sacas de café beneficiadas por hectare, de forma a atender a demanda dos frutos e a parte vegetativa da planta, o cafeeiro extrai do solo 186

kg de nitrogênio e 177 kg de potássio, segundo Matiello, Garcia e Almeida (2006), além de outros nutrientes essenciais como mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Extração de macro e micronutrientes pelo cafeeiro (Produção: 30sc/ha. Quantidade: Macro= Kg/ha<sup>-1</sup> e Micro= g/ha<sup>-1</sup>)

<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>B</b>
186	18	177	90	57	9	0,3	0,3	0,3	0,264	0,195

Fonte: Adaptado de Matiello, Garcia e Almeida (2006).

Quando os teores de nutrientes não se encontram em equilíbrio, ocasionam problemas à planta, pois excesso de calcário propicia a deficiência de micronutrientes como o Zn, B, Cu, Fe e Mn e provável desequilíbrio para K (pelo antagonismo com Mg e Ca do calcário); o excesso de nitrogênio, por sua vez, promove a deficiência de B, Cu, Zn, ao passo que o excesso de P no plantio provoca a deficiência de Zn e Cu, o excesso de K promove a deficiência de Mg e Ca e, muitas vezes, de B, enquanto o excesso de matéria orgânica leva à deficiência de cobre (LOPES e GUILHERME, 1994).

Normalmente a determinação da concentração de nutrientes no solo é obtida através da realização de análise química do solo e, nas plantas, através de análise de tecidos foliares (SILVA, 2015). A interpretação da análise química dos solos permite conhecer a fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes às plantas, o que propicia as recomendações adequadas para a nutrição das mesmas (RIBEIRO et al., 1999).

## 2.2 Adubação verde

A adubação verde é uma prática que busca a utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico. Essas plantas podem ser incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície com o objetivo de promover, em geral, uma melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2004).

De-Polli et al. (1996) afirmam que se elevando os teores de matéria orgânica do solo promove-se a melhoria de suas propriedades físicas, contribuindo na estabilidade de agregados, densidade global, porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade. Os constituintes orgânicos podem

influenciar a agregação do solo atuando como agentes ligantes, juntamente com os minerais de argila. Esses agentes ligantes contribuem para a formação de agregados estáveis à ação da água, segundo Kiehl (1979), evitando a formação de crostas na superfície do solo e o conseqüente escoamento superficial da água que causa erosão.

Conforme Moreira, Diniz e Paiva (2016), o cultivo de plantas nas entrelinhas do cafeeiro, como cobertura do solo, tem a característica de contribuir para a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas, uma vez que tais plantas protegem contra a ação dos agentes climáticos nocivos à vida do solo. Essa proteção se dá na medida em que essa cobertura vegetal reduz as variações térmicas e aumenta a infiltração de água no solo, diminuindo processos erosivos, pois a proteção mecânica que essa cobertura promove atua amenizando o impacto direto das gotas de chuva que causam a desagregação das partículas do solo.

O uso dessa prática ainda permite o aporte de quantidades expressivas de fitomassa, o que, ao longo dos anos, possibilita uma elevação no teor de matéria orgânica do solo. Como consequência, obtém-se um aumento no número de cargas elétricas no solo, o que traz maior retenção de nutrientes junto às suas partículas, reduzindo perdas por lixiviação (KIEHL, 1985).

A partir da decomposição dos resíduos vegetais pode ocorrer uma diminuição na concentração do alumínio tóxico do solo porque durante a decomposição dos resíduos são sintetizados ácidos orgânicos que apresentam a característica de complexar íons  $Al^{+3}$ , presentes, na maioria das vezes, na fase líquida do solo (LIU e HUE, 1996). Como efeito desse processo, Costa (1993) menciona a influência nas características químicas do solo em função da reciclagem de nutrientes. Quando se utilizam plantas que expandem seu sistema radicular para horizontes profundos do solo, essas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo. Após o corte dessas plantas, ocorre, então, a liberação gradual dos nutrientes para a camada superficial através da decomposição dos resíduos, tornando-os disponíveis para culturas subsequentes.

A erosão hídrica em sistemas agrícolas promove a perda de nutrientes, defensivos, carbono orgânico e poluição ambiental. As perdas de matéria orgânica, macro e microelementos, ocasionam a diminuição na produtividade

das culturas em função de levarem à queda da fertilidade do solo causando aumento do custo de adubação, além da degradação do meio ambiente, como assoreamento e poluição de mananciais, o que compromete a qualidade e a biodiversidade das águas (SILVA e CURI, 2001).

A fertilidade do solo melhora portanto com o uso da adubação verde, pelo enriquecimento em matéria orgânica, o que promove o aumento gradual da CTC (capacidade de troca de cátion) efetiva do solo devido à disponibilização de cargas negativas. Em geral, a adição de massa vegetal diminui a acidez do solo, dependendo da quantidade de biomassa adicionada ao solo. As fabáceas, inclusive, utilizam o N biológico (SILVA, 2015).

O material orgânico disponibilizado pela prática da adubação verde contribui para a ação dos microrganismos do solo (FILSER, 1995; KIRCHNER et al., 1993), já que seus resíduos servem como uma fonte de energia e nutrientes. Com a redução das oscilações térmica e de umidade surgem condições para o desenvolvimento da biota do solo, o que promove uma maior atividade biológica e amplia a disponibilidade de nutrientes, permitindo, inclusive, um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo, segundo Pankhurst e Lynch (1994).

Dentre os organismos do solo favorecidos pela adubação verde destacam-se as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Estes microrganismos possuem a capacidade de promover a fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico através da simbiose com diversas fabáceas. O nitrogênio fixado pelas bactérias é transferido para as fabáceas como aminoácidos e os carboidratos produzidos por elas são fornecidos às bactérias e utilizados como fontes de energia (FREIRE, 1992).

A fixação biológica de nitrogênio envolve a redução do N<sub>2</sub> atmosférico através da enzima nitrogenase, encontrada em bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, sendo uma das formas mais eficientes de acrescentar nitrogênio ao solo. A quantidade de nitrogênio fornecida através da relação simbiótica entre esses microrganismos e as fabáceas varia em função das espécies utilizadas e das condições de clima e de solo. Em alguns casos, essa quantidade pode chegar a mais de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (DERPSCH et al., 1991).

Além dessas bactérias, o cultivo com fabáceas promove um aumento na população de fungos micorrízicos, nativos do solo, que se associam às plantas

cultivadas, aumentando a absorção de água e nutrientes e permitindo um melhor aproveitamento dos fertilizantes utilizados, principalmente os fosfatados (SIEVERDING, 1991). Em função da melhor nutrição, as plantas micorrizadas desenvolvem maior tolerância às doenças e à seca. Essas associações são mutualísticas e tanto as raízes quanto os fungos são beneficiados.

Os fungos contribuem para que as plantas assimilem nutrientes disponíveis na solução do solo, protegendo contra fungos fitopatogênicos e também nematoides. Em troca, o fungo absorve diversas substâncias orgânicas da planta, essenciais ao seu crescimento, como carboidratos e vitaminas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Existem dois tipos de micorrizas: as endomicorrizas penetram nas células do sistema radicular da planta sem penetrar no protoplasma, ampliando a superfície de absorção. Representam, aproximadamente, 80% das micorrizas. Outro grupo é conhecido por ectomicorrizas; fungos que apenas circundam as células da raiz. Normalmente ocorrem em alguns grupos de árvores e arbustos que habitam regiões temperadas, como carvalhos, salgueiros, pinheiros, etc. Em regiões onde as temperaturas são extremamente baixas em alguns períodos do ano, ou, então, apresentam longos períodos de estiagem, as ectomicorrizas aumentam a resistência dos vegetais. De acordo com Moreira e Siqueira (2006), este grupo apenas envolve as células da raiz e algumas hifas tipo de manto.

No que diz respeito aos fungos micorrízicos, o grupo que tem maior interesse agrônômico é o dos micorrízicos arbusculares. Além de predominarem nos ecossistemas tropicais, são capazes de formar associações com 95% das espécies de plantas, inclusive a maioria das espécies cultivadas.

Ainda segundo Moreira e Siqueira (2006), micorrizas arbusculares é a designação mais recente para as micorrizas antes denominadas vesículo-arbusculares. Essas são formadas por fungos classificados como Glomeromycota, que são asseptados e colonizam as raízes de plantas de quase todos os gêneros das Gimnospermas e Angiospermas, além de alguns representantes das Briófitas e Pteridófitas. 80% das espécies vegetais formam esse tipo de micorriza. O fungo coloniza as células do córtex inter e intracelularmente, de modo bem específico, formando os *arbúsculos*, que são estruturas intra radulares altamente ramificadas e típicas das micorrizas arbusculares.

Ao contrário das bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que se associam apenas às fabáceas, observa Silveira (1992), os fungos micorrízicos arbusculares estabelecem simbiose com praticamente todas as plantas cultivadas.

Como a produção de grandes quantidades desses microrganismos ainda apresenta limitações de ordem prática são imprescindíveis práticas de manejo de solo e de plantas que favoreçam a população de fungos MA nativos do solo.

Nematoides *M. exigua*, conforme verificam Matiello et al. (2010), ocorrem em todas as regiões cafeeiras do Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia e produzem pequenas galhas nas raízes dos cafeeiros, facilmente visíveis, embora possam passar despercebidas quando as raízes sofrem desidratação deixando as plantas infestadas, com o sistema radicular reduzido, levando a parte aérea a apresentar-se decadente, com folhas cloróticas, as quais caem precocemente, principalmente em períodos de seca e frio.

Segundo Fraser (1994), a manutenção da cobertura vegetal favorece também as minhocas, que atuam na redistribuição de resíduos orgânicos no perfil do solo, contribuindo na decomposição da matéria orgânica.

Existem várias espécies recomendadas como plantas de cobertura; entre elas estão o nabo forrageiro, a aveia, o tremoço, a ervilhaca, o centeio e também brachiarias. A escolha da espécie vegetal a ser usada como cobertura depende da região, do seu hábito de crescimento (pois podem apresentar um comportamento ereto, prostrado ou volúvel) e de seu ciclo, se anual ou perene. De uma maneira geral, porém, essas espécies devem apresentar as seguintes características: tolerância à seca e às geadas, apresentar um rápido crescimento inicial e eficiente cobertura do solo, produzir grande quantidade de massa verde e massa seca, possuir elevado teor de N na fitomassa, promover a reciclagem de nutrientes como P, K, Ca e Mg, não ser hospedeira de pragas e doenças e possuir um sistema radicular bem desenvolvido (SILVA, 2015).

### **2.3 Microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP)**

Diversos grupos de microrganismos (fungos e bactérias) são considerados solubilizadores de fósforo (MSP) e têm um papel central no ciclo desse nutriente,

podendo ser facilmente isolados na rizosfera (WHITELAW, 2000). Esses microrganismos podem atuar na fração mineral do solo ou no P aplicado e que sofreu adsorção, contribuindo para estudos que avaliam a capacidade da microbiota do solo em solubilizar fosfatos, principalmente de cálcio, ferro e alumínio (BARROSO e NAHAS, 2008).

Embora o processo de solubilização de fósforo seja realizado por diversos grupos de microrganismos, a efetividade do processo no solo nem sempre é verificada, uma vez que a densidade desses microrganismos é influenciada pelas características edafoclimáticas e da planta de cobertura. Assim sendo, o P liberado é insuficiente para promover o crescimento substancial da planta (RICHARDSON, 2001). Como alternativa para aumentar a quantidade de P liberado, a inoculação de plantas com microrganismos selecionados (biofertilizantes) e em concentração superior à naturalmente presente no solo tem sido utilizada para promover o benefício substancial na solubilização de fosfato (SOUCHIE e ABBOUD, 2007).

A utilização de microrganismos para potencializar a liberação de P tem alcançado resultados satisfatórios de crescimento e produção em culturas como alfafa (RODRIGUES e FRAGA, 1999), trigo (WHITELAW, 2000), cebola e soja (KHAN et al., 2010), milho (CHAVES et al., 2013) e cana-de-açúcar (STAMFORD et al., 2006).

Estudos relatam a capacidade de diversos gêneros bacterianos em solubilizar fosfatos naturais, como *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* e *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia* e *Aereobacter* (CHAVES et al., 2013). Entre os fungos solubilizadores de P, os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* são os mais citados na literatura (CHAI et al., 2011).

#### **2.4 Microrganismos solubilizadores de potássio (MSK)**

Muitos microrganismos do solo apresentam capacidade de solubilizar o K contido em minerais (MEENA et al., 2013; ZHANG e KONG, 2014). Esses, geralmente, compõem o grupo de microrganismos denominado promotores do crescimento vegetal (PGPM: “microorganisms promoter growth of plant”). Os

PGPMs podem ser isolados da rizosfera das plantas (ZARJANI et al., 2013) ou do seu interior, no caso dos endofíticos (LUGTENBERG et al., 2013).

Vários fatores de crescimento vegetal têm sido atribuídos a esses microrganismos, diretos ou indiretos. Por exemplo, a exsudação de compostos solúveis, mobilização ou mineralização de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, solubilização de fosfato, fixação de nitrogênio, nitrificação e produção de vários hormônios que estimulam o crescimento vegetal (PARMAR e SINDHU, 2013).

No grupo dos microrganismos solubilizadores de K podem ser encontrados tanto bactérias (ZARJANI et al., 2013) como fungos (ROSA-MAGRI e MAGRI et al., 2012). Bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Acidithiobacillus*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Microbacterium*, *Agrobacterium*, e *Rhizobium* já foram relatadas como solubilizadoras de K (ZHANG e KONG, 2014; MEENA et al., 2015).

Além desses fungos micorrízicos podem aumentar o teor de K solúvel a partir de minerais potássicos no solo por causa da liberação de ácidos orgânicos e prótons no meio, como já reportado por Alves et al. (2010). Todavia, a solubilização de K depende de fatores como as condições do solo, características da fonte desse elemento e do tipo de planta (UROZ et al., 2009).

Segundo Zhang e Kong (2014), algumas pesquisas têm avaliado estratégias para aumentar a solubilidade de K desses minerais, dentre elas a adição do pó de rochas verdete, de Abaeté - MG, juntamente com microrganismos solubilizadores de K para aumento do suprimento deste nutriente em diversas culturas.

Além dos resultados de solubilização de K *in vitro*, inúmeros trabalhos têm demonstrado o potencial dos microrganismos na liberação de K no sistema solo-planta, promovendo um maior desenvolvimento vegetal (ALVES et al., 2010). O crescimento das raízes e da parte aérea do quiabo (*Abelmoscus esculentus*) foi atribuído à inoculação da bactéria *Enterobacter hormaechei* em solo deficiente de K. Essa estirpe também foi capaz de mobilizar K quando adicionada ao mineral feldspato no solo, favorecendo a aquisição desse nutriente pela planta (PRAJAPATI et al., 2013).

A inoculação de *Bacillus mucilaginosus* também propiciou uma liberação de K a partir da rocha mica moscovita, o que favoreceu a absorção desse elemento

pelo *Sorghum vulgare*, resultando num aumento da produção de biomassa dessa planta (BASAK e BISWAS, 2009). Em outro trabalho, plantas de milho (*Zea mays*) tiveram o crescimento estimulado pela inoculação de *Bacillus mucilaginosus* quando cultivado em solo adicionado de mica. Foi constatada maior acumulação de biomassa e maior conteúdo de K nas plantas nos tratamentos inoculados com essa estirpe bacteriana (SINGH et al., 2010).

## **2.5. Características das espécies utilizadas na pesquisa**

### **2.5.1 Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.)**

A aveia preta é uma espécie rústica, pouco exigente em fertilidade do solo, que tem se adaptado bem nos estados do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul (DERPSCH e CALEGARI, 1992). Trabalhos de pesquisa e melhoramento têm proporcionado materiais que se desenvolvem bem em regiões mais quentes, como o Centro-Oeste e sudeste do Brasil, desde que haja boa precipitação.

No início de seu desenvolvimento, segundo Matsuda (2017), a aveia preta se adapta bem em temperaturas amenas, aumentando o seu perfilhamento. Em relação à aveia branca, a preta apresenta um maior perfilhamento, possuindo sementes menores. Seu crescimento é vigoroso, mesmo em áreas ricas em alumínio, elemento responsável pela acidez nociva do solo.

A aveia preta se desenvolve bem mesmo em consorcio com azevém, centeio, trigo, cevada, ervilha-forrageira, ervilhacas, serradela, trevo branco, trevo vermelho, cornichão, trevo vesiculoso e trevo subterrâneo, podendo também participar de sistemas de integração de lavoura-pecuária (SANTOS e REIS, 1994).

A aveia preta adapta-se, ainda, igualmente bem, em regiões temperadas e subtropicais, podendo ser plantada desde altitude zero, ou seja, ao nível do mar, até altitudes próximas a 1.300 m (DERPSCH e CALEGARI, 1992).

É resistente, além disso, à incidência de ferrugem e ao ataque de pulgões. Toleram bem veranicos e suportam solos com baixa fertilidade. Quando for cultivada como adubo verde, a biomassa deve ser manejada quando a planta estiver na fase do grão leitoso, que normalmente ocorre entre 120 a 140 dias após o plantio.

Nessa fase de maturação, praticamente não há grãos com possibilidade de germinação, o que diminui o índice de rebrota após o manejo (MATSUDA, 2017).

A aveia-preta promove a melhoria do solo diminuindo a população de patógenos e contribuindo para o aumento da produtividade nas culturas de verão, sendo recomendada para rotação dentro do sistema de produção.

### **2.5.2 Centeio (*Secale cereale* L.)**

Planta cespitosa, com altura entre 1,2 a 1,8 m, o centeio é cultivado no inverno, possuindo poucos pelos, ou seja, quase glabro. Os colmos são cilíndricos, eretos e glabros. Possui folhas lineares, de cor verde azulada, com lígulas repletas de membranas e pequenas aurículas, segundo Derpsch e Calegari (1992).

Diferente dos demais cereais de inverno, o centeio apresenta aurículas pequenas e lígulas glabras durante o período de desenvolvimento vegetativo (MUNDSTOCK, 1983). Sua espiga é comprida e laxa. A espiguetta expressa no máximo 5 flores, dificilmente produzindo mais de dois grãos. Apresenta como características agronômicas o bom desenvolvimento em diversos tipos de solo e de clima (BAIER, 1994), crescimento inicial bastante vigoroso, com grande rusticidade, tolerância às baixas temperaturas, ao alumínio tóxico, responsável pela acidez nociva do solo, e às doenças. Suas raízes são profundas e agressivas, podendo buscar e absorver nutrientes que não estariam disponíveis a outras culturas.

O centeio tolera bem condições adversas de clima e de solo, indo bem tanto em condições de baixa como de alta fertilidade. Durante os meses mais frios, apresenta maior produção de forragem que as demais espécies anuais de inverno. É indicado para cultivo em solos arenosos, degradados e exauridos, sendo recomendado para recuperá-los e para proteger áreas em processo de desertificação. É pouco exigente em adubação, mas requer temperatura baixa durante o perfilhamento e solos bem drenados. A aplicação de calcário para correção de acidez somente é necessária em solos com pH extremamente baixo (BAIER, 1994).

### **2.5.3 Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.)**

Da família das Crucíferas, o nabo forrageiro vem sendo muito cultivado como adubo verde em função de possuir raízes vigorosas, que possuem grande capacidade de descompactar o solo, propiciando um preparo biológico, especialmente na rotação de culturas. Também pode ser utilizado como alternativa de inverno na alimentação animal. Possui uma grande capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, sendo uma espécie bastante recomendada na rotação de culturas de algodão, feijão, milho e soja por propiciar grandes benefícios a estas plantas (BARROS e JARDINE, 2017).

Muito cultivado na Ásia Oriental e Europa, no Brasil, o plantio do nabo forrageiro ocorre principalmente nas regiões que apresentam o inverno frio e úmido, como o Sul, sendo também cultivado em clima tropical, como nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. É altamente tolerante a períodos de estiagem e às temperaturas próximas de zero, sendo uma opção de plantio durante o outono e inverno (CRUSCIOL et al. 2005). O preparo do solo pode ser rústico, tolerando solos de baixa fertilidade, com baixo pH, além de ser bastante resistente às pragas e doenças.

Apresenta como características agronômicas o fato de ser uma planta muito vigorosa, que em 60 dias promove a cobertura de aproximadamente 70% do solo, segundo Theisen (2008). De ciclo anual, o plantio ocorre no outono e inverno, desde que haja boas condições hídricas. O período de produção dura em torno de 90 dias, com o florescimento ocorrendo 80 dias após o plantio e a floração permanecendo por mais de 30 dias, contribuindo com a apicultura local e produzindo mel de boa qualidade.

### **2.5.4 Ervilhaca (*Vicia sativa* L.)**

Com caules quadrangulares, inclinados e trepadores, a ervilhaca é uma leguminosa de ciclo anual, muito rústica (DERPSCH; CALEGARI, 1992). É uma planta que cresce até 1,0 m de altura, sendo utilizada na nutrição animal. A ervilhaca comum apresenta folhas compostas, com folíolos ligados aos pares, com gavinha terminal e número variável de pequenas folhas em número de 3 a 7.

As flores apresentam-se em pares ou solitárias, constituídas de corola de cor violácea ou púrpura.

É muito utilizada como adubação verde por possuir a capacidade de fixação biológica de nitrogênio no solo e produção de grande quantidade de fitomassa, auxiliando no controle da erosão provocada pelas chuvas, contribuindo também nas características químicas, físicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2011).

A ervilhaca desenvolve-se bem em regiões com temperaturas amenas, com menor potencial de desenvolvimento em regiões de climas subtropicais. Embora preferindo climas frios, não suporta temperaturas de 0°C ou abaixo dessas. A ervilhaca se sai bem em solos arenosos ou argilosos, desenvolvendo-se bem em solos com alto teor de matéria orgânica e ricos em cálcio e fósforo. O pH ideal para seu crescimento situa-se na faixa de 5,0 a 6,5. Incorpora no solo até 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio por ano, contribuindo para as culturas sucedâneas. Não tolera solos com problemas de drenagem.

#### **2.5.5 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

A *Brachiaria brizantha*, também chamada de braquiarão, é mais uma espécie de origem africana, inicialmente coletada no Zimbábue, sendo estudada pela Embrapa Cerrados, segundo Camarão e Souza Filho (2005).

Morfologicamente, é uma planta cespitosa e muito vigorosa, com estatura de 1,5 a 2,0m. Seus colmos baixeiros são prostrados, mas seus perfilhos apresentam-se eretos. Possui rizomas pequenos e arciformes. Os colmos responsáveis pela floração são eretos, normalmente com rebentos nos nós superiores, que conduzem à multiplicação de inflorescências, principalmente quando se encontra em condições de corte e pastejo. As bainhas possuem grande quantidade de pelos e cílios nas laterais, que são mais compridas que os entre nós, de modo que encobrem os nós dando a impressão de possuírem espessa camada de pelos em seus colmos vegetativos (RENVOIZE et al., 1998).

O braquiarão não suporta locais úmidos e frio excessivo, mas responde bem a fertilizantes e ao consórcio com amendoim forrageiro, calopogônio, estilosantes e soja perene, dentre outras espécies. Segundo Stanizio et al. (1991),

por produzir substâncias alelopáticas, costuma afetar o desenvolvimento de outras plantas.

Atualmente, muitos produtores têm utilizado o consórcio entre cafeeiro e *brachiaria*, realizando o plantio da forrageira entre suas ruas, o que tem mantido uma boa cobertura do solo, principalmente quanto a forrageira é roçada ou ceifada. Nesse consórcio, a biomassa da *brachiaria* que foi ceifada vai devolvendo nutrientes extraídos durante o seu desenvolvimento no solo e esses nutrientes são absorvidos pelo cafeeiro. Neste sistema de consórcio da forrageira com o cafeeiro, a produção de biomassa seca da *brachiaria* fica em torno de 5 mil quilos por hectare<sup>-1</sup> anualmente.

Com a roçada, a massa verde que fica sobre o solo, nas ruas da lavoura, impede a germinação e o crescimento de ervas espontâneas e mantém a temperatura do solo mais amena, normalmente não chegando a 33°C, ao passo que no verão, quando o solo não apresenta essa cobertura vegetal, a temperatura ultrapassa 45°C, o que provoca a morte de radículas que não suportam temperatura do solo acima de 33°C (RAGASSI et al, 2015).

## 2.6 Bioativadores de solo

Bioativadores são substâncias orgânicas, ácidos húmicos e fúlvicos, também orgânicos, associações de aminoácidos, ácidos, extrato de algas ou mesmo vitaminas, associadas, ou não, a micronutrientes. Atuam no desenvolvimento vegetal podendo atuar nos fatores de transcrição e expressão gênica de vegetais. Influenciam também as proteínas membranares, interferindo no transporte iônico, e em enzimas responsáveis pelo metabolismo, sendo aptos, inclusive, a interferir no metabolismo secundário de forma a modificar a nutrição mineral pela síntese de precursores de importantes hormônios vegetais, melhorando, assim, a resposta das plantas a nutrientes e hormônios (CASTRO et al. 2008).

Caetano et al. (2006) afirmam que os bioativadores exercem, ainda, funções importantes no metabolismo e fisiologia dos vegetais, estando presentes nos processos de divisão e alongamento celular, na síntese de clorofila – incitando a fotossíntese – e durante a diferenciação de gemas florais, reduzindo

os efeitos de estresses, tanto bióticos como abióticos, além de aumentar a absorção de nutrientes.

Por sua vez, Külen et al. (2011) relatam a atuação dos bioativadores em todas as fases de desenvolvimento das plantas cultivadas e o fato de comporem vários sistemas de produção de soja, milho, trigo, hortaliças, entre outras. Essas substâncias podem contribuir também na germinação de sementes ou melhorar o metabolismo das plantas (O'BRIEN et al., 2010).

Outras substâncias também desempenham funções como bioativadores. Entre elas destaca-se, segundo Castro (2017), o Thiametoxan, que é um produto usado como inseticida na agricultura. O autor observa que esse produto impulsiona o desenvolvimento da soja promovendo benefícios e produtividade. Quando é aplicado no início do cultivo, atua como bioativador, ampliando a síntese de hormônios responsáveis que controlam o desenvolvimento da planta.

Castro (2017) afirma que o Thiametoxan atua indiretamente na fisiologia da soja, pois como bioativador participa na expressão dos genes que são responsáveis pela produção e ativação de enzimas metabólicas, relacionadas ao crescimento da planta, ampliando a síntese de aminoácidos precursores de hormônios vegetais, o que corrobora a posição de Castro et al (2008).

Com a maior produção de hormônios, a planta apresenta maior vigor, germinação e desenvolvimento de raízes. O pesquisador ainda assegura que a substância melhora a nutrição mineral da soja, pois o Thiametoxan estimula a expressão gênica das proteínas de membranas que aumentam o transporte iônico e a absorção de minerais (CASTRO, 2017). Outro efeito indireto descoberto é o aumento do teor de citocinina, substância sintetizada no meristema das raízes e, aumentado o número de raízes, aumenta a absorção de água e nutrientes. Além disso, contribui também na resistência dos estômatos da planta à perda de água, o que beneficia o metabolismo e aumenta a resistência aos estresses.

Castro et al (2007) cita que bioativadores são compostos orgânicos que interferem na morfologia e fisiologia dos vegetais. Esses produtos neutralizam a toxidez do alumínio por formarem complexos orgânicos com elementos básicos, como o cálcio e o magnésio, favorecendo sua movimentação no solo, preenchendo sítios de absorção de P e tornando-o disponível às plantas, além de potencializar o uso de adubos e contribuir com a atividade microbológica do solo. Pontua, ainda a essencialidade das auxinas, giberilinas, citocininas e etileno,

hormônios vegetais que, associados a substâncias como aminoácidos, nutrientes e vitaminas, se tornam bioestimulantes. Estas substâncias são capazes de alterar o desenvolvimento das plantas, promovendo a transcrição genética, alterando processos metabólicos e fisiológicos da planta pela ativação das atividades proteicas e enzimáticas, proporcionando resultados positivos na quantidade e na qualidade da produção. Por expressar um maior desenvolvimento do sistema radicular, em função da realização fotossintética mais eficiente, além de uma grande relação simbiótica com organismos do solo o resultado é um melhor aproveitamento dos fertilizantes. Estudos mostram os benefícios dos bioativadores de solo em diversas culturas.

Em função de contribuírem na absorção de água e fertilizantes pelas plantas, bioativadores têm sido recomendados para uso agrícola, pois além das funções citadas ainda promovem resistência a diversos problemas a que estão sujeitos os vegetais.

Pesquisas realizadas por Tirloni et al. (2009) concluíram que ocorre variação positiva nos teores de Pi e Pt quando trabalhados com doses diferentes de bioativador, proporcionando a apresentação de maiores níveis com a incorporação do calcário. Independente das doses do bioativador, tanto com a correção do solo, ou não, promoveram ampliação dos níveis de Pi e Pt na profundidade de 118 a 125 mm, respectivamente, sendo que a partir desta faixa apresentaram diminuição.

O bioativador Penergetic é um produto com princípio ativo não convencional, comparado aos bioativadores comumente utilizado na agricultura brasileira. É uma tecnologia de bioativação originada na Suíça e tem sido utilizado no Brasil há mais de uma década.

Segundo Fernandes e Santinato (2014), é uma tecnologia que se apoia em métodos e práticas das ciências naturais clássicas, sendo objeto de diversa experimentação e acompanhamento por vários anos, porém seu mecanismo de ação ainda não foi claramente elucidado com relação aos modelos teóricos atualmente conhecidos.

Fundamenta-se nas ciências básicas como a física, a biologia, a biofísica e a química, incorporando sabedoria empírica e décadas de observação, experimentos e ensaios profundos. O conceito tecnólogo desse produto tem como base o uso de todos os princípios e mecanismos ativos disponíveis de um

material que influencia benéficamente o desenvolvimento de microrganismos animais e vegetais a fim de ampliar sua resistência, fortalecendo e contribuindo para seu desenvolvimento (FERNANDES e SANTINATO, 2014).

O Penegetic propõe a criação de um ambiente favorável ao aumento dos microrganismos do solo e melhoria na qualidade de vida dos mesmos, bem como das plantas, possibilitando um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis e imobilizados no solo. Nesse sentido, atua como ativador, mineralizando material orgânico e proporcionando condições favoráveis para o solo ao ativar os microrganismos, o que traz efeitos positivos, independentemente do tipo de cultura. Isso torna possível aumentar a produção, com menor utilização de insumos, agredindo menos o solo, o ambiente e o produtor (CALEGARI, 2013).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L.; OLIVEIRA, V. L.; SILVA FILHO, G. N. Utilization of rocks and ectomycorrhizal fungi to promote growth of eucalypt. **Brazilian Journal of Microbiology**, Florianopolis, n. 41, v. 3, p. 676-684, jul./set. 2010.
- BAIER, A. C. Tolerância ao alumínio: relação do crescimento das raízes em solução hidropônica com a tolerância no solo e na lavoura. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 1994, Passo Fundo, **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 61
- BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. **Nabo Forrageiro**. In: EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA, [20--]. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23v n002wx5eo0sawqe38tspejq.html>>. Acesso em: 10 mai 2017.
- BARROSO, C. B.; NAHAS, E. Solubilização de fosfatos de ferro em meio de cultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 529-35, abr. 2008.
- BASAK, B. B.; BISWAS, D. R. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols. **Plant Soil**, Nova Deli, v. 317, n.1, p. 235-255, apr. 2009.
- CAETANO, A. C. et al. Ação do inseticida Cruiser sobre a germinação da soja em condições de estresse. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. 90 p.
- CALEGARI, A. et al. Histórico. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA,1993. cap.1. p. 3-5.
- CALEGARI, A. Rotação de culturas em sistema de plantio direto. In: ENCONTRO REGIONAL DE SISTEMAS PRODUTIVOS, [s.l.]: CAT Sorriso, 2013. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=kjnDtjvbleQ>>. Acesso em: 20 maio 2017.
- CAMARÃO, A. P.; SOUZA FILHO, A. P. da S. **Limitações e potencialidades do capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. marandu (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 52 p. il. (Documentos, 211).
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ-Divisão de Biblioteca, 2015. 46 p.
- CARVAJAL, J. F. **Cafeto: cultivo y fertilización**. Berna/Suíza: Instituto Internacional de la Potasa, 1984. 254p.
- CASTRO, P. R. C. et al. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Revista UEPG**, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 25-29, 2007.

CASTRO, P. R. P. **Bioativador estimula produção de hormônios responsáveis pelo crescimento da soja.** In: Agência USP de Notícias. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/repgs/2006/pags/169.htm>>. Acesso em 14 jun. 2017.

CHAI, B. et al. Isolation and phosphate-solubilizing ability of a fungus, *Penicillium* sp. from soil at an alum mine. **Journal of Basic Microbiology**. Disponível em: <[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21259286](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21259286)> Acesso em: 20 maio 2017.

CHAVES, D. P.; ZUCARELI, C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Fontes de fósforo associadas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desenvolvimento e produtividade do milho. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 57-72, jan./fev. 2013.

COSTA, M. B. B. (Coord.) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p.161-168, fev. 2005

DE-POLLI, H.; FRANCO, A. A. **Inoculação de leguminosas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-UAPNPBS, 1985. 31p. (Circular técnica, 1).

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 268p.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (Circular, 73).

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica, RJ: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20p. (Documentos, 174).

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica, RJ: Embrapa-Agrobiologia, 2004. 20p. (Documentos, 42).

FERNANDES, A. L. T. et al. Disponibilização de potássio e fósforo em solos de cerrado com a utilização do Penergetic – 5 Safras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: Procafe, 2014. 4p.

FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n.4, p.303-308, mar./abr., 1995.

FRASER, P. M. The impact of soil and crop management practices on the dynamics of soil macrofauna. In: PANKHURST, C. E. (Eds.) **Soil Biota: management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.125-132.

FREIRE, J. R. J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.) **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.121-40.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Coleta e preparo de amostras de folhas**. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/laboratorio/solos-e-folhas/como-coletar-amostras-de-folhas>>. Acesso em: 10 de mai. 2017.

GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, C. A. Construindo a fertilidade do solo no ambiente do cerrado. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.156 , p. 21, dez. 2016.

KHAN, M. S. et al. Growth promotin by phosphate solubilizing fungi – curret perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340902806469>. Acesso 08 abr. 2017

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.

KIRCHNER, M. J.; WOLLUM, A. G.; KING, L. D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, n.5, p.1289-1295, apr. 1993.

KÜLEN, O. et al. Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber bud dormancy and improve seed tuber yield. **American Journal of Potato Research**, v. 88, n. 6, p. 167-174. mar. 2011.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. **Ecologia microbiana do solo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 24 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte).

LIU, J.; HUE, N. V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v.21, p. 264-70, 1996.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62p. (Boletim Técnico, 5).

LUGTENBERG, B. J. J. et al. Plant Growth Promotion by Microbes In: **Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere**. 5th. ed. [s.l.]:John Wiley & Sons, 2013. p.561-573.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo, Ceres, 1976. 528p.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542 p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Aubos, corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira**. Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2006. 89p.

MATSUDA. **Aveia preta**. Disponível em: <<http://www.matsuda.com.br/Matsuda/Web/sementes/Default.aspx?varSegmento=Sementes&idproduto=A10110309385076&lang=pt-BR>>. Acesso em 10 mai 2017.

MEENA, V. S. et al. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica. **Ecological Engineering**, v. 81, p. 340-347, aug. 2015.

MOREIRA, C. F.; PAIVA, A. O.; DINIZ, C. V. C. **Clima e água para uma cafeeicultura**. Machado: Associação de Cafeicultura Orgânica do Brasil, 2017. 44 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo de cereais de inverno de estação fria**: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale. Porto Alegre: NBS, 1983. 265p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, SBCS, 2007. cap. 8. 1017p.

O'BRIEN, R.; FOWKES, N.; BASSOM, A. P. Models for gibberellic acid transport and enzyme production and transport in the aleurone layer of barley. **Journal of heoretical Biology**. Disponível em: <[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20696174](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20696174)> Acesso em: 10 maio 2017.

PANKHURST, C. E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E. et al. (Eds.) **Soil Biota**: management in sustainable farming systems. Victoria: CSIRO, 1994. cap. 1, p. 3-9.

PARMAR, P.; SINDHU, S.S. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. **Journal of Microbiology Research**, India, v.3, p. 25–31, mar. 2013.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.911-920, maio/jun. 2008.

PEREIRA, P. P. **Biodiesel e agricultura familiar**: estudos do nabo forrageiro. 2012. 108p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional.) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2012.

PRAJAPATI, K.; SHARMA, M.C.; MODI, H.A. Growth promoting effect of potassium solubilizing microorganisms on abelmoscus esculantus. **International Journal of Agriculture Sciences**, Utah, v. 3, p. 181–188, 2013.

RAGASSI, C. F.; PEDROSA A. W.; FAVARIN, J. L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 29, n.12, p. 29-32, jun./jul. 2013.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RENVOIZE, S. A.; CLAYTON, W. D.; KABUYE, C. H. S. Morfología, taxonomía y distribución natural de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B. (Eds.) **Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento**. Cali, Colombia: Centro Nacional de Agricultura Tropical; Campo Grande: Brasil: Embrapa Gado de Corte, 1998. p.1-17

RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 13-20.

RICHARDSON, A.E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 28, p. 897-906, 2001.

ROCHA, A. T. et al. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 178-84, apr./jun. 2005.

RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 319-39, out. 1999.

ROSA-MAGRI, M. M. et al. Release of potassium from rock powder by the yeast *torulaspora globosa*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 55, n. 1. p. 577-582, jan. 2012.

RURAL SOFT. **Especialistas da Embrapa esclarecem sobre nutrição do solo**. Disponível em: <[www.ruralsoft.com.br/especialistas-da-embrapa-esclarecem-sobre-nutricao-do-solo/](http://www.ruralsoft.com.br/especialistas-da-embrapa-esclarecem-sobre-nutricao-do-solo/)>. Acesso em: 08 jun. 2017.

SANTOS, H. P. et al. Fertilidade, teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura, pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciências Agrônômicas**, Recife, v. 6. , n. 3, p.474-482, jul./set. 2011.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Sistemas de cultivo de trigo com azevém e aveia preta para forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1571-6, out. 1994.

SIEVERDING, E.; MULHERN, K. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Germany:Eschborn, 1991. 371p.

SILVA, L. F. L. **Viabilidade econômica das culturas de canola, nabo forrageiro e batata doce para a produção de biocombustíveis no sul de Minas Gerais.** 2013. 86p. Dissertação (Mestrado Produção vegetal) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Lavras, 2013.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N. Uso e conservação do solo e da água e a crise energética: reflexões e exemplos em Minas Gerais. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1-13, 2001.

SILVA, M. L. **Nutrição de plantas em sistemas de produção agroecológico.** Lavras: UFLA, 2015. 151 p.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Eds.). **Microbiologia do Solo.** Campinas: SBCS, 1992. p. 257-282.

SINGH, G.; BISWAS, D.R.; MARWAH, T.S. Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Nutrition.** Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904161003765760>> Acesso em: 05 fev. 2017

SOUCHIE, E. L.; ABOUD, A. C. S.; CAPRONI, A. L. Solubilizadores de fosfato in vitro por microrganismos rizosféricos de guandu. **Bioscience Journal**, Uberlândia v. 23, n. 2, p. 53-60, abr./jun. 2007.

STAMFORD, N. P. et al. Rock biofertilizers with acidithiobacillus on sugarcane yield and nutrients uptake in a tableland soil. **Geomicrobiology Journal**, London, v.23, n. 5, p. 261-265. 2006.

STANIZIO, R. M.; LEITE, G. G.; VILELA, L. Efeito alelopático de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o crescimento de plantas de quatro leguminosas forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 1991. p. 95.

THEISEN, G. **Aspectos botânicos e relato da resistência de nabo silvestre aos herbicidas inibidores de ALS.** Pelotas: Embrapa, 2008. (Documentos, 239).

TIRLONI, C. et al. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p. 977-984. jul./ago. 2009.

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Uberaba, v. 29, p. 609-618, 2005.

UROZ, S. et al. Mineral weathering by bacteria: ecology, actors and mechanisms. **Trends in Microbiology**, v.17, n. 8, p. 378-387, ago. 2009.

WHITELAW, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. **Advances in Agronomy**, New York, v. 69, p.99-151, set. 2000.

ZARJANI, K. et al. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria in some Iranian soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2012.756977>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

ZHANG, C.; KONG F. Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. **Applied Soil Ecology**, Southern Australia, v. 82, p. 18–25, oct. 2014.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO  
CULTIVADO COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA ASSOCIADAS AO  
USO DE BIOATIVADOR**

Kleso Silva Franco Junior<sup>1</sup>; Ligiane Aparecida Florentino<sup>2</sup>

RESUMO: A cafeicultura apresenta grande relevância socioeconômica no Brasil pela geração de renda e empregos. O cafeeiro é uma cultura exigente no suprimento de corretivos, fertilizantes e água, sendo que a ausência de um desses fatores causa reduções no desenvolvimento e produtividade. Os bioativadores de solo são desenvolvidos com a finalidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, mas os estudos sobre esses produtos ainda são incipientes. Com isso, objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do bioativador Penergetic associado as plantas de cobertura nas características químicas do solo e na produtividade do cafeeiro quando cultivado com diferentes plantas de cobertura. O experimento foi instalado numa gleba de café com a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo constituído por: Controle (sem planta de cobertura); aveia + nabo forrageiro; aveia + nabo forrageiro + tremoço + centeio + ervilhaca; *Brachiaria brizantha*, associados, ou não ao uso do bioativador Penergetic®. O experimento foi conduzido por 6 meses e após esse período foram analisadas as características químicas do solo, teores de nutrientes foliar das plantas do cafeeiro, desenvolvimento dos ramos e a produtividade do cafeeiro. Os dados foram analisados pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Foi verificada a interação entre plantas de cobertura e o uso do bioativador Penergetic influenciando positivamente as características químicas do solo e na nutrição e produtividade do cafeeiro.

Palavras-chave: Adubação verde, nutrição do cafeeiro, Penergetic.

**PRODUCTIVITY AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL AND THE  
COFFEE PLANT CULTIVATED WITH DIFFERENT COVERAGE PLANTS  
ASSOCIATED WITH THE USE OF BIOATIVADOR**

**ABSTRACT:** Coffee cultivation has great socioeconomic relevance in Brazil for the generating of incomes and jobs. The coffee is a demanding crop in the supply of correctives, fertilizers and water; otherwise, the absence of one of these factors causes reductions in development and productivity. The bioactivators are products that propose to increase the availability of nutrients for the plants, but studies on these products are still incipient. The objective of this work was to evaluate the effect of the Penegetic bioactivator to soil associated with the cover crops on soil chemical characteristics and coffee productivity when growing with different cover crops. The experiment was installed in a coffee farm with catuai red grow crops IAC 144, in a randomized complete block design in a 4x2 factorial scheme, consisting of: control (without cover plant), oat + forage turnip, oat + forage turnip + lupine + rye + vetch and *Brachiaria brizantha*, whether or not associated with the use of the Penegetic bioactivator. The experiment was conducted for 6 months and after that period the soil chemical characteristics, nutrient contents of the plants, the development of the branches and productivity were analyzed. Data were analyzed by the Scott Knott test at 5% probability. It was verified that the interaction between cover crops and the use of Penegetic bioactivates positively influencing soil chemical characteristics and coffee nutrition and productivity.

**Key words:** Green fertilization, Coffee nutrition, Penegetic.

## INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros apresenta baixa fertilidade natural por serem altamente intemperizados e, conseqüentemente, apresentarem acidez e teores de alumínio elevados. Em razão disso, são necessárias altas doses de corretivos e fertilizantes a fim de garantir uma boa produção, o que onera os custos uma vez que os fertilizantes são, em sua maioria, importados (COELHO, 2015).

O café se destaca entre as culturas de grande expressão econômica e o Brasil como o maior exportador mundial desse produto. O cafeeiro é considerado uma cultura altamente exigente em nutrientes, necessitando, portanto, de um manejo adequado da fertilidade do solo de modo a obter o equilíbrio dos nutrientes e, em razão disso, alta produtividade.

A adubação verde, que consiste na utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico, é considerada uma técnica de manejo que promove a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2004).

Em termos de fertilidade do solo, o uso da adubação verde contribui para o aumento da matéria orgânica e da CTC (capacidade de troca de cátion) efetiva do solo devido à disponibilização de cargas negativas. Além disso, grande parte dos adubos verdes é constituída por leguminosas, que estabelecem simbiose com rizóbios, reduzindo assim o custo com fertilizantes nitrogenados (SILVA, 2015).

Carvajal (1984), em pesquisa realizadas na Colômbia, utilizando a *Flemingia* como planta de adubação verde nas ruas de cafeeiros ainda em formação e cafeeiros em produção, observou acréscimo entre 60 a 200% na produtividade desses cafeeiros.

Uma outra estratégia que vem sendo utilizada com a proposta de reduzir a necessidade de fertilizantes químicos são os chamados bioativadores de solo, que são constituídos por substâncias orgânicas, ácidos húmicos e fúlvicos, aminoácidos, extrato de algas e vitaminas, que podem, ou não, estar associados a micronutrientes (CASTRO et al., 2007).

Esses produtos atuam no desenvolvimento vegetal por mecanismos diversos, seja interferindo no transporte iônico e em enzimas responsáveis pelo metabolismo, podendo influenciar no metabolismo secundário, promovendo a síntese de precursores de importantes hormônios vegetais e, conseqüentemente, contribuindo para a nutrição da planta (CASTRO et al., 2007). Já Külen et al. (2011) afirmam que eles atuam em todas as fases de desenvolvimento das plantas cultivadas, podendo beneficiar diferentes culturas, tais como a soja, milho, trigo e hortaliças. Essas substâncias podem ainda, contribuir também na germinação de sementes (O'BRIEN et al., 2010).

O bioativador PENERGETIC<sup>®</sup> tem sido utilizado no Brasil e, dentre os seus mecanismos de ação, pode-se destacar o maior equilíbrio da microbiota do solo, aumentando a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, reduzindo a utilização de insumos, contribuindo assim para a sustentabilidade do agroecossistema (CALEGARI, 2013). Entretanto, apesar de todos os benefícios da adubação verde e dos bioativadores, ainda são incipientes os estudos envolvendo a utilização dessas duas técnicas. Baseado nisso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do bioativador nas características químicas do solo, na nutrição e produtividade do cafeeiro quando cultivado com diferentes plantas de cobertura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Boa Esperança, localizada no Município de Serrania, Sul de Minas Gerais, durante os meses de maio a dezembro de 2016. A área experimental possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 21°36'18.29"S, Longitude: 46°07'46.29"O e Altitude de 982m. A gleba de café selecionada foi a cultivada com a Catuaí Vermelho IAC 144, plantado em 2011, no espaçamento de 3,5 m entre linhas e 0,7 m entre plantas.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo 4 tratamentos contendo ou não plantas de cobertura, distribuídos da seguinte forma: parcela 1, Tratamento controle, sem planta de cobertura, com o manejo tradicional da fazenda (controle de plantas daninhas por meio químico e mecânico) ; parcela 2, tratamento contendo aveia + nabo forrageiro; parcela 3, tratamento contendo aveia + nabo forrageiro + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE) e, finalmente, a parcela 4, tratamento contendo somente *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura. Todos esses tratamentos foram associados ou não ao produto bioativador de solo PENERGETIC<sup>®</sup>.

Foram utilizadas 4 repetições por tratamento, totalizando 32 parcelas experimentais. As densidades de plantio das plantas de cobertura foram: *Brachiaria brizantha* e nabo forrageiro, 10 Kg/ha<sup>-1</sup>, a aveia 40 Kg/ha<sup>-1</sup>, tremoço e centeio 20 Kg/ha<sup>-1</sup> e a ervilhaca 15 Kg/ha<sup>-1</sup>. O bioativador foi utilizado na dose de 0,6 Kg/ha<sup>-1</sup>, conforme recomendações do fabricante.

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragem de solos nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm para realização das análises química, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Resultado da análise química do solo

<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>H + Al</b>	<b>S</b>
<b>0-10cm de profundidade</b>							
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>g/kg</b>	<b>mmolc/dm<sup>3</sup></b>					
5,8	30	77	5,7	62	27	29	14
<b>SB</b>	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	<b>(%)</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>				
95	123	76,9	0,98	4,4	72	5,8	4,5
<b>10 a 20cm de profundidade</b>							
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>g/kg</b>	<b>mmolc/dm<sup>3</sup></b>					
5,6	27	22	4,4	45	18	34	15
<b>SB</b>	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>mg/dm<sup>-3</sup></b>	<b>mg/dm<sup>-3</sup></b>	<b>(%)</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>				
68	102	66,6	0,64	2,6	81	4,2	2,5

Fonte: Adaptado de laboratório de solos Ribersolo.

Cada parcela do experimento foi constituída por 10 plantas, sendo considerada como parcela útil as seis plantas centrais para avaliação.

As plantas de cobertura foram mantidas na área de maio a outubro, época que foi feita a roçada, e mantidas sobre a entrelinha do cafeeiro. Dois meses após, foram retiradas as amostras de solos nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm para realização da análise de fertilidade.

Nesse mesmo período, foram coletadas folhas no terço médio das plantas, onde foi retirado o quarto par de folhas de ambos os lados da planta e, na sequência, estas foram

enviadas ao laboratório para realização das análises dos teores de nutrientes, de acordo com Silva (2015). Foram avaliados também o número de internódios dos ramos plagiotrópicos, sendo marcados aleatoriamente 6 ramos laterais na altura do terço médio em seis plantas de cada parcela. Foi avaliado também o número de entrenós desenvolvidos no período (ALFONSI, 2008).

Para avaliar a produtividade foram colhidas 6 plantas de cada parcela, realizada a medição e o processamento do café, determinando qual a porcentagens de grãos peneira 16 acima, para análise granulométrica. Após o processo de secagem, o café em coco foi medido e considerados apenas os frutos normais. A classificação e a granulometria para determinar as porcentagens de cafés peneira 16 acima foram realizadas segundo Brasil (2003).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados apresentados na análise química do solo, realizada na camada 0-10 cm de profundidade, todos os parâmetros verificados, exceto o enxofre, demonstram uma interação significativa entre cobertura do solo e uso do bioativador Penegetic (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros químicos das amostras de solo coletadas na camada 0-10 cm, na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penegetic

Cobertura do solo	pH (CaCl <sub>2</sub> )		Matéria orgânica (g/dm <sup>3</sup> )		Acidez potencial (mmolc/dm <sup>3</sup> )		Soma de bases (mmolc/dm <sup>3</sup> )		CTC potencial (mmolc/dm <sup>3</sup> )		Saturação de bases (%)	
	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio
Controle	4,48 A b	5,50 A a	30,25 A a	30,25 A a	44,00 A a	31,00 C a	64,33 A a	74,60 A a	116,25 A a	106,00 B b	58,50 A a	70,50 A a
Aveia e nabo	4,33 A a	4,35 B a	28,00 A a	29,25 A a	46,25 A b	70,50 A a	63,15 A a	42,03 B b	120,00 A a	115,75 A a	33,50 B a	33,25 B a
ANTCE*	4,73 A a	3,95 C b	27,25 A b	30,25 A a	33,00 A b	82,00 A a	71,55 A a	35,75 B b	104,50 B b	118,00 A a	68,50 A a	30,50 B b
Brachiaria	4,53 A a	4,63 B a	29,50 A a	25,25 B b	54,25 A a	54,25 B a	56,92 A a	43,38 B a	120,25 A a	101,50 B b	51,50 A a	45,25 B a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca.

Em relação aos valores de pH, verificou-se que com a utilização do bioativador não ocorreu alteração do pH do solo cultivado com os diferentes tipos de cobertura do solo. Já sem o uso do bioativador, foi verificada alteração do pH, sendo que o maior valor foi observado no tratamento controle e, o menor, no solo cultivado com aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE). Esses resultados podem ser devido ao fato de que o cultivo de plantas de adubação verde embora promova uma reciclagem de nutrientes a decomposição do material orgânico pelos microrganismos do solo promovem uma redução do pH no início do processo (OLIVEIRA, 2005).

Quanto aos os valores de matéria orgânica, não foi verificada diferença estatística nos diferentes tratamentos de cobertura do solo na presença do bioativador. Quando o bioativador não foi utilizado, o solo cultivado sob *Brachiaria* apresentou menor valor. Analisando a interação cobertura do solo *versus* bioativador, observou-se que o tratamento aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE), apresentou menor valor de matéria orgânica na presença do bioativador. De acordo com Calegari (2013), esses resultados ocorrem em razão desse produto favorecer a microbiota do solo e, conseqüentemente, a decomposição da matéria orgânica. Aliado a isso, nesse tratamento, as leguminosas tremoço e ervilhaca podem ter contribuído para reduzir a relação C/N, favorecendo a decomposição da matéria orgânica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), justificando os menores valores deste parâmetro.

Na verificação de diferentes coberturas do solo sem o bioativador, os tratamentos aveia + nabo e aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE) apresentaram valores superiores de acidez potencial. Tomé Júnior (1997 *apud* Paulett, 2012) confirma a tendência de ocorrerem valores mais altos da acidez potencial ( $H+Al^{+3}$ ) em solos com maiores teores de matéria orgânica, principalmente em solos mais ácidos.

Em relação à saturação de bases, quando foi utilizado o bioativador, somente o tratamento aveia + nabo apresentou resultado inferior aos demais. Já sem o uso do bioativador, os solos cultivados com as diferentes plantas de cobertura foram estatisticamente inferiores ao tratamento controle.

Quanto ao efeito do bioativador nas diferentes plantas de cobertura, observou-se que o único tratamento em que ocorreu interação foi aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE), sendo que o bioativador promoveu maior valor de saturação de bases, comprovando a citação de Callegari et al. (1993) que afirma que plantas de cobertura proporcionam aumento da saturação por bases promovendo melhoria da fertilidade do solo pela diminuição da velocidade de oxidação da matéria orgânica do solo.

Para as análises de solo coletadas na camada de 10-20 cm, verifica-se que os valores de pH e matéria orgânica apresentaram interação entre cobertura do solo *versus* uso do bioativador, conforme pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4 - Valor de pH e teor de matéria orgânica das análises de solo coletadas na camada 10-20 cm, na entrelinha das plantas de café cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penegetic

Cobertura do solo	pH (CaCl <sub>2</sub> )		Matéria orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	
	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio
Controle	4,30 B b	4,98 A a	27,50 A a	27,00 B a
Aveia e nabo	4,65 A a	5,00 A a	24,00 B b	30,00 A a
ANTCE*	4,85 A a	4,85 A a	28,25 A b	31,50 A a
Brachiaria	4,90 A a	4,50 B a	25,75 B a	23,25 C a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Em relação ao pH, na presença do bioativador, o tratamento controle foi o que apresentou menor valor. Já na ausência do bioativador, a cobertura do solo com *Brachiaria*, promoveu menor valor de pH, resultado semelhante para o observado para a camada 0-10 cm (Tabela 3). Analisando a interação cobertura do solo versus bioativador, verifica-se que o único tratamento que apresentou influência foi o tratamento controle, em que o uso do bioativador reduziu o valor do pH do solo, como observado para a camada 0-10 cm.

Para os teores de matéria orgânica, o uso do bioativador proporcionou maiores teores nos tratamentos controle e ANTCE. Na ausência do bioativador, os maiores valores foram observados nos tratamentos aveia e nabo e ANTCE.

Na tabela a seguir são demonstrados os resultados para os nutrientes fósforo, potássio, magnésio e enxofre na camada de 10 a 20 cm de profundidade.

Em relação ao fósforo, com o uso do bioativador, o maior valor foi para o solo coberto com aveia, nabo, tremoço, centeio e ervilhaca (ANTCE). Quando não foi utilizado o bioativador, os maiores valores nos teores de fósforo foram para os tratamentos controle e aveia e nabo. Analisando a interação cobertura do solo *versus* bioativador, observa-se que o bioativador atuou positivamente, aumentando os teores de fósforo, nos tratamentos contendo ANTCE e *Brachiaria*. De acordo com Tirloni et al. (2009), os bioativadores reduzem os sítios de adsorção de fósforo, aumentando assim, a sua disponibilidade no solo para as plantas.

O potássio apresentou diferença estatística entre os tratamentos, se mostrando entre as coberturas a aveia + nabo e o tratamento controle, já em relação ao bioativador o tratamento controle foi superior estatisticamente quando comparado ao sem o uso do bioativador.

O magnésio no tratamento ANTCE com o uso do bioativador se mostrou superior estatisticamente, mostrando efeito tanto na planta de cobertura como no uso associado a o bioativador.

Tabela 5 - Teores de Fósforo, Potássio, Magnésio e Enxofre das amostras de solo coletadas na camada 10-20 cm, na entrelinha das plantas de café cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penegetic

Cobertura do solo	Fósforo (mmolc/dm <sup>3</sup> )		Potássio(mmolc/dm <sup>3</sup> )		Magnésio(mmolc/dm <sup>3</sup> )		Enxofre(mmolc/dm <sup>3</sup> )	
	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio
Controle	15,25 C a	33,50 A a	4,40 A a	3,015 B b	7,00 B b	11,75 A a	6,00 A a	4,50 B a
Aveia e nabo	17,00 C b	47,50 A a	2,95 B b	4,90 A a	6,50 B a	7,00 B a	5,50 A a	6,75 B a
ANTCE*	137,50 Aa	24,00 B b	3,30 B a	3,50 B a	15,25 A a	5,75 B b	7,00 A a	3,75 B a
Brachiaria	81,50 B a	13,75 B b	3,03 B a	2,090 B a	7,50 B a	5,75 B a	8,75 A b	20,25 A a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Para o fósforo, o bioativador os maiores foram encontrados nos tratamentos com Aveia + nabo e no consórcio Aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca. Ao se compararem os resultados dos tratamentos com bioativador e sem bioativador, observa-se que o bioativador proporcionou maiores teores de fosforos nas parcelas com *Brachiaria* e Aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca, corroborando afirmação de Foloni et al. (2008) de que a *Brachiaria* apresenta alta capacidade na reciclagem de P. Pavinato e Rosolem (2008), por outro lado, mostraram a possibilidade de ocorrer solubilização de fósforo do solo, de formas menos lábeis, na presença de resíduos de plantas, o que pode ter ocorrido nas parcelas do consórcio entre Aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca e no tratamento com *Brachiaria*.

Os valores de cálcio, soma de bases, CTC e saturação de bases dos resultados das análises de solo coletadas no perfil de 10 a 20 cm de profundidade, não apresentaram interação com o uso ou não do bioativador (tabela 6), tendo influência somente da cobertura do solo.

Tabela 6 - Valores de cálcio, soma de bases, CTC e saturação de bases das amostras de solo coletadas na camada 10-20 cm, na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura.

Cobertura do solo	Cálcio	Soma de bases	CTC	Saturação de bases
	mmolc/dm <sup>3</sup>	%	mmolc/dm <sup>3</sup>	%
Controle	41,38 A	57,46 A	104,75 A	58,13 A
Aveia e nabo	34,00 B	47,34 B	96,88 B	48,63 B
ANTCE*	49,00 A	65,15 A	107,50 A	61,25 A
Brachiaria	32,38 B	41,99 B	93,88 B	44,38 B

Médias seguidas de letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Observando os valores demonstrados na Tabela 6, de teores de cálcio, os tratamentos Controle e ANTCE foram os que apresentaram melhores resultados, sendo estatisticamente iguais entre si. O mesmo pode ser observado para os demais parâmetros (soma de bases, CTC e saturação de bases).

Para os resultados de análise foliar, verificou-se interação significativa para os teores de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro e manganês. Os valores para o zinco foram significativos apenas para plantas de cobertura, ao passo que os teores de fósforo e cobre não foram significativos, conforme se verifica nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Teores foliares dos macronutrientes nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre das plantas de café cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic

Cobertura do solo	Nitrogênio(g/Kg)		Potássio(g/Kg)		Cálcio(g/Kg)		Magnésio(g/Kg)		Enxofre(g/Kg)	
	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio
Controle	27,79 A a	27,41 A a	23,31 A b	26,56 A a	9,06 A a	9,06 B a	2,92 B a	3,05 B a	2,39 A a	1,59 B b
Aveia e nabo	22,64 B b	26,88 A a	22,94 A b	25,50 A a	9,13 A a	8,69 B a	3,38 A a	3,022 B a	1,87 B a	1,56 B a
ANTCE*	28,34 A a	29,86 A a	23,44 A a	25,00 A a	8,69 A a	9,13 B a	3,02 B b	3,52 A a	2,44 A a	2,46 A a
Brachiaria	30,75 A a	28,38 A a	25,00 A a	22,50 B b	8,81 A b	10,00 A a	3,013 B a	3,024 B a	1,78 B a	2,07 A a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Os resultados da análise de tecido vegetal demonstram que, em relação ao elemento Nitrogênio, sem bioativador os tratamentos não diferiram estatisticamente. Por outro lado, com o uso do bioativador verificou-se que o N foi menor nos tratamentos com Aveia + nabo, demonstrando não ter ocorrido interação.

Para o nutriente Potássio, a interação do bioativador, com diferença estatística, ocorreu apenas para o tratamento com *Brachiaria*, e entre as plantas de cobertura, o menor resultado encontrado estatisticamente foi com a *Brachiaria*.

Em relação ao Cálcio, mostraram-se superiores os tratamentos com uso de bioativador exceto a *Brachiaria* sem esta associação.

Ao considerar o Magnésio, verifica-se que os melhores tratamentos foram a, Aveia + nabo e aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca sem bioativação e aveia + nabo com uso de bioativador. Evidencia-se, ainda, que o ANTCE se demonstrou superior sem a bioativação quando comparado ao mesmo tratamento com uso do bioativador.

Para os dados do elemento Enxofre, apresentaram diferenças estatísticas o tratamento Controle e Aveia + nabo e aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca com bioativador. Os tratamentos Aveia + nabo e aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca e *Brachiaria* sem o uso do bioativador não diferiram entre si. Já no tratamento Controle a presença do bioativador apresentou resposta positiva, com resultados superiores ao tratamento sem bioativador, já a *Brachiaria* o bioativador não teve interação positiva.

Tabela 8 - Teores foliares dos micronutrientes boro, ferro e manganês das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penegetic

Cobertura do solo	Boro(mg/Kg)		Ferro(mg/Kg)		Manganês(mg/Kg)	
	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio
Controle	79,21 A a	63,46 A b	138,25 A a	132,50 A a	140,75 A a	111,38 A b
Aveia e nabo	63,92 B a	67,10 A a	138,25 A a	118,25 A b	119,25 B a	110,25 A a
ANTCE*	61,92 B b	73,64 A a	131,50 A a	100,00 B b	132,50 B a	116,25 A a
Brachiaria	69,67 B a	69,03 A a	120,00 A a	117,50 A a	112,50 B a	124,00 A a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Para o elemento Boro, na presença do bioativador o tratamento controle apresentou resultado superior aos demais, sendo também superior ao mesmo tratamento na ausência do bioativador. Em relação ao Ferro, no tratamento com bioativador não houve diferença estatística entre as diferentes fontes de cobertura no solo, porém na ausência do produto o tratamento ANTCE foi o que apresentou resultado inferior.

Verifica-se, no que diz respeito ao Manganês, que o tratamento Controle com uso de bioativador foi superior aos demais, ao passo que na ausência do produto não houve diferença significativa entre os tratamentos.

A tabela 9 demonstra os resultados obtidos com relação ao micronutriente Zinco.

Tabela 9- Teores foliares de zinco das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura

<b>Cobertura do solo</b>	<b>Zinco(mg/Kg)</b>
Controle	10,83 B
Aveia e nabo	14,19 A
ANTCE*	15,75 A
Brachiaria	11,63 B

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. \*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Em relação ao Zinco, somente a cobertura do solo foi significativa, sendo que os tratamentos aveia e nabo e ANTCE cultivadas na entrelinha do cafeeiro proporcionaram maiores teores deste micronutriente nas folhas do café.

Na tabela 10 são apresentados os números de internódios desenvolvidos no período, a produção de café por plantas e a produtividade.

Tabela 10 - Número de internódios, produção das plantas (litros plantas<sup>-1</sup>) e produtividade do cafeeiro cultivado sob diferentes plantas de cobertura, associadas ou não à utilização do bioativador Penergetic

Cobertura do solo	Número de internódios		Produtividade (sacas ha <sup>-1</sup> )	
	Com Bio	Sem Bio	Com Bio	Sem Bio
Controle	5,91 B a	5,99 A a	16,74 C a	14,91 C a
Aveia e nabo	5,99 A a	5,87 B a	25,10 B a	19,21 B b
ANTCE	6,37 A a	5,91 B a	26,54 B a	21,08 B b
Brachiaria	6,91 A a	5,80 B b	30,19 A a	30,20 A a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Em relação ao número de internódios, na presença do bioativador, todos os tratamentos cultivados com plantas de cobertura foram superiores ao tratamento controle. Analisando a interação, verifica-se que o bioativador apresentou efeito positivo quando associado à *Brachiaria*.

Analisando a produtividade do cafeeiro, verificou-se que o tratamento de cobertura com a *Brachiaria* se mostrou superior aos demais, tanto na presença quanto na ausência do bioativador. Analisando a interação, o bioativador teve efeito positivo nos tratamentos ANTCE e aveia e nabo.

## **CONCLUSÕES**

Foi observado que o bioativador promove efeito nas características químicas do solo, na nutrição e na produtividade do cafeeiro, no entanto estes resultados foram variáveis de acordo com a planta de cobertura cultivada na entrelinha do cafeeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, E. L. **Uso de índices fenológicos em modelos de previsão de produtividade do cafeeiro**. 2008. 104 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 ago. 2003. 2003. Seção I. p. 22-29.

CALEGARI, A. et al. Histórico. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA,1993. cap. 1, p.3-5.

CALEGARI, A. Rotação de culturas em sistema de plantio direto. In: ENCONTRO REGIONAL DE SISTEMAS PRODUTIVOS. [s.l.]: CAT Sorriso, 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kjnDtjvbleQ>>. Acesso em: 20 maio 2017.

CARVAJAL, J. F. **Cafeto: cultivo y fertilización**. Berna/Suíza: Instituto Internacional de la Potasa, 1984. 254p.

CASTRO, P. R. C. et al.. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Revista UEPG**, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 25-29, 2007.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (Circular, 73).

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica, RJ: Embrapa-Agrobiologia, 2004. 20p. (Documentos, 42).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FOLONI, J. S. S. et al. Aplicação de fosfato natural e ciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v.32, n 3., p.1147-1155, maio/jun. 2008.

KÜLEN, O. et al. Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber bud dormancy and improve seed tuber yield. **American Journal of Potato Research**, v. 88, n. 6, p. 167-174. mar. 2011.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

O'BRIEN, R.; FOWKES, N.; BASSOM, A. P. Models for gibberellic acid transport and enzyme production and transport in the aleurone layer of barley. **Journal of heoretical Biology**. Disponível em: <[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20696174](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20696174)> Acesso 10 maio 2017.

OLIVEIRA, I. P. et al. Considerações sobre a acidez dos solos de serrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 01-12, ago. 2005.

PAULLETI, R. D. **Influência das plantas de cobertura nas características produtivas da alface e nos atributos físicos e químicos do solo**. Marechal Cândido Rondon, PR: UEL. 2012. 81p.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.911 920, maio/jun. 2008.

RURAL SOFT. **Especialistas da Embrapa esclarecem sobre nutrição do solo**. Disponível em: <[www.ruralsoft.com.br/especialistas-da-embrapa-esclarecem-sobre-nutricao-do-solo/](http://www.ruralsoft.com.br/especialistas-da-embrapa-esclarecem-sobre-nutricao-do-solo/)>. Acesso em: 08 jun. 2017.

SILVA, M. L. **Nutrição de plantas em sistemas de produção agroecológico**. Lavras: UFLA, 2015. 151 p.

TIRLONI, C. et al. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p. 977-984. jul./ago. 2009.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO EM LAVOURA  
CAFEIEIRA CONSORCIADA COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA  
ASSOCIADAS AO USO DE BIOATIVADOR**

Kleso Silva Franco Junior; Ligiane Aparecida Florentino

RESUMO: Diversos estudos demonstram que uso de plantas de cobertura do solo em consórcio com o cafeeiro promovem melhorias físicas e biológicas do solo, resultando em benefícios ao meio ambiente e à lavoura cafeeira. Os bioativadores são substâncias que propõem aumentar a disponibilidade de nutrientes do solo para as plantas como diversos gênero de bactérias que convertem a amônia resultante do processo de decomposição em nitrato fortalecendo as plantas quando absolvido por elas, existem também produtos sintéticos no mercado. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do bioativador Penergetic associado a diferentes plantas de cobertura sob as características físicas e biológicas do solo cultivado com cafeeiro. O experimento foi instalado numa gleba de café contendo a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo constituído por: Controle (sem planta de cobertura), Aveia + nabo forrageiro, Aveia + nabo forrageiro + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE) e *Brachiaria brizantha*, associados ou não ao uso do bioativador Penergetic. Os dados foram analisados pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Verificou-se que o uso de plantas de adubação verde, associadas ou não ao bioativador, promoveram melhoria no armazenamento de água do solo, redução da temperatura e na microbiota do solo contribuindo assim para uma cafeicultura sustentável.

Palavras-chave: Microbiologia do solo, temperatura, Penergetic.

**PHYSICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOIL IN LAVOURA  
CAFEIRA CONSORCIATED WITH DIFFERENT COVERAGE PLANTS  
ASSOCIATED WITH THE USE OF BIOATIVADOR**

**ABSTRACT:** Several studies have demonstrated that the use of soil cover plants in a consortium with the coffee promotes physical and biological soil improvement, resulting in benefits to the environment and to coffee plantations. Bioactivators are substances that propose to increase the availability of nutrients of the soil for the plants as diverse genus of bacterium that convert the ammonia resulting from the process of decomposition into nitrate strengthening the plants when absolved by them, there are also synthetic products on the market. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of the Penegetic bioactivator associated to different cover crops under the physical and biological characteristics of the soil cultivated with coffee. The experiment was carried out in a coffee field containing the cultivar Catuaí red IAC 144, in a randomized block design in a 4x2 factorial scheme, consisting of: control (without cover plant), oat + forage turnip, oat + rye + vetch (ANTCE) and *Brachiaria brizantha*, associated or not to the use of the Penegetic bioactivator. Data were analyzed by the Scott Knott test at 5% probability. It was verified that the use of green fertilization plants, associated or not to the bioactivator, promoted improvement in soil water storage, temperature reduction and soil microbiota, thus contributing to sustainable coffee production.

**Key words:** Soil microbiology, temperature, Penegetic.

## INTRODUÇÃO

A adubação verde consiste na utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico, sendo considerada uma técnica de manejo que promove a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2004). Além disso, reduz a poluição ambiental promovida pela erosão e lixiviação de fertilizantes e agrotóxicos para os cursos d'água (AVANZI et al., 2013).

Atualmente são encontrados no mercado bioativadores de solo constituídos por substâncias orgânicas, ácidos húmicos e fúlvicos, aminoácidos, extrato de algas e vitaminas que podem, ou não, estar associados a micronutrientes. Esses produtos, segundo Castro et al. (2008), atuam no desenvolvimento vegetal por mecanismos diversos. Já Külen et al. (2011) declaram que eles atuam em todas as fases de desenvolvimento das plantas cultivadas, podendo beneficiar diferentes culturas, como a soja, milho, trigo e hortaliças. Os bioativadores ainda inibem a toxidez do alumínio, de acordo com Assis et al. (2012). Isso se dá uma vez que formam complexos orgânicos com cálcio e magnésio, o que favorece sua movimentação no solo, preenchendo, assim, sítios de absorção de P e tornando-o disponível às plantas, além de potencializar o uso de adubos e contribuir com a atividade microbiológica do solo.

O bioativador Pengergetic tem sido amplamente utilizado no Brasil e, dentre os seus mecanismos de ação, é responsável por favorecer a microbiota do solo. Com menor utilização de insumos, aumenta a ciclagem de nutrientes e a produção, de modo que agride menos o solo, o ambiente e o produtor (CALEGARI, 2013). Entretanto, apesar de todos esses benefícios da adubação verde e dos bioativadores, ainda são incipientes os estudos envolvendo a utilização dessas duas técnicas.

O material orgânico disponibilizado pela prática da adubação verde contribui na ação dos microrganismos do solo (FILSER, 1995), pois seus resíduos servem como uma fonte de energia e nutrientes. Com a redução das oscilações térmica e de umidade, surgem condições para o desenvolvimento da biota do solo, promovendo, desse modo, uma maior atividade biológica e ampliando a disponibilidade de nutrientes, o que inclusive permite, segundo Pankhurst e Lynch (1994), um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo.

Matiello et al. (2010) consideram que nematoides *Meloidogyne exigua* ocorrem em todas as regiões cafeeiras do Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia provocando prejuízos à cafeicultura nacional. Costa (1993), por outro lado, afirma que pelo cultivo de adubos verdes, tais como a decomposição de algumas espécies vegetais, que liberam substâncias aleloquímicas, e a promoção de maior atividade biológica, alguns mecanismos podem reduzir o número de nematoides.

Diversos grupos de microrganismos são considerados solubilizadores de fósforo (MSP), podendo ser facilmente isolados na rizosfera (WHITELAW, 2000). Já outros microrganismos do solo apresentam capacidade de solubilizar o potássio contido em minerais (MEENA et al., 2013; ZHANG; KONG, 2014).

Este trabalho, portanto, objetivou avaliar o efeito do bioativador Penergetic associado à diferentes plantas de cobertura sob as características físicas e biológicas do solo cultivado com cafeeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Boa Esperança, localizada no Município de Serrania, Sul de Minas Gerais, durante os meses de maio a dezembro de 2016. A área experimental possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 21°36'18.29"S, Longitude: 46°7'46.29"O e Altitude de 982m. A gleba de café selecionada foi a cultivada com a Catuaí Vermelho IAC 144, plantado em 2011, no espaçamento de 3,5 m entre linhas e 0,7 m entre plantas.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo 4 tratamentos contendo ou não plantas de cobertura, distribuídos da seguinte forma: parcela 1, Tratamento controle, sem planta de cobertura, com o manejo tradicional ( controle de plantas daninhas por métodos químicos e mecânicos) da fazenda; parcela 2, tratamento contendo aveia + nabo forrageiro; parcela 3, tratamento contendo aveia + nabo forrageiro + tremoço + centeio + ervilhaca (ANTCE) e, finalmente, a parcela 4, tratamento contendo somente *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura. Todos esses tratamentos foram associados ou não ao produto bioativador de solo PENERGETIC®.

Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, totalizando 32 parcelas experimentais. As densidades de plantio das plantas de cobertura foram: *Brachiaria brizantha* e nabo forrageiro, 10 Kg/ha<sup>-1</sup>, a aveia 40 Kg/ha<sup>-1</sup>, tremoço e centeio 20 kg/ha<sup>-1</sup> e a ervilhaca 15 kg/ha<sup>-1</sup>. O bioativador foi utilizado na dosagem de 0,6 kg/ha<sup>-1</sup>. Tanto para a quantidade de sementes, quanto do bioativador PENERGETIC a serem aplicados, seguiram-se as recomendações do fabricante.

Cada parcela experimental foi constituída por 10 plantas em que foram consideradas as seis plantas centrais para avaliação.

As plantas foram mantidas na área de maio a outubro, quando foi feita a roçada, e conservadas sobre a entrelinha do cafeeiro. A temperatura do solo foi medida sempre às 13:00 hs, semanalmente. Dois meses após, foram retiradas as amostras de solo para análises da umidade, a qual foi determinada através do método direto conhecido como gravimétrico, que é o mais utilizado, consistindo em amostrar o solo e, por meio de pesagens, determinar a sua umidade gravimétrica, relacionando a massa de água com a massa de sólidos da amostra ou a umidade volumétrica, relacionando o volume de água contido na amostra e o seu volume (EMBRAPA, 1997).

As amostras de solo e raízes, para análise de nematoides, foram coletadas de acordo com a metodologia preconizada por Salgado, Carneiro e Gomes (2011) e encaminhadas ao laboratório da UFLA.

Foram coletadas também amostras de solo para análises dos seguintes grupos funcionais de microrganismos do solo: diazotróficas associativas (DÖBEREINER et al., 1995), microrganismos solubilizadores de fosfato (SYLVESTRES-BRADLEY et al, 1982) e de potássio (PARMAR; SINDHU, 2013). As amostras de solo coletadas para as análises microbiológicas foram realizadas com trado flambado para evitar contaminação entre os tratamentos.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados apresentados em relação à temperatura do solo, observa-se uma interação significativa entre cobertura *versus* uso do bioativador Penergetic como é demonstrado na tabela 11.

Tabela 11- Temperatura do solo em relação as plantas de cobertura

Temperatura (°C)	
Cobertura do solo	Sem bioativador
Controle	30,88 A
Aveia e nabo	27,99 B
ANTCE*	27,78 B
Brachiaria	27,27 B

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Os tratamentos com as plantas de cobertura demonstraram diferenças estatísticas em relação ao tratamento controle, melhorando a condição de desenvolvimento e desempenho do sistema radicular do cafeeiro. Como a adubação verde mantém uma temperatura mais amena no solo, isso permite um bom desenvolvimento dos pelos absorventes do sistema radicular, que são sensíveis às temperaturas acima de 33°C, mesmo na parcela de *Brachiaria*, corroborando dados de Ragassi, et al. (2013) que declara que, com a roçada da *Brachiaria*, a massa verde que fica sobre o solo nas ruas da lavoura mantém amena a temperatura do solo,

não chegando a 33°C, sendo que no verão, quando o solo não apresenta essa cobertura vegetal, a temperatura ultrapassa 45°C, provocando a morte de radículas.

A preservação da umidade do solo apresentou diferença estatística com uso de plantas em cobertura.

Tabela 12- Umidade na entrelinha das plantas de cafeeiro cultivadas sob diferentes plantas de cobertura

<b>Cobertura do solo</b>	<b>Umidade (%)</b>
Controle	15,75 C
Aveia e nabo	21,75 B
ANTCE	27,00 A
Brachiaria	30,38 A

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

O tratamento com as plantas de cobertura *Brachiaria* e Aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca foi o que obteve os melhores resultados em relação ao tratamento controle. Este resultado corrobora diversos estudos que comprovam a importância do uso de plantas como adubo verde para o aumento da infiltração e manutenção da umidade do solo, uma vez que diminuem o impacto das gotas de chuva, desagregando o solo (MOREIRA; DINIZ; PAIVA, 2016). A ampliação na porosidade e agregação do solo, em uma área protegida por cobertura vegetal, ocorre em razão da maior taxa de infiltração de água que essa cobertura proporciona (GIRMA; ENDALE, 1995; ESPÍNDOLA et al., 2004).

Morais et al. (2015) comprovaram que plantas de cobertura, mesmo em baixa pluviosidade, preservam a umidade do solo, embora pequena, variando de 1 a 8 %,

dependendo da profundidade e densidade dos cafeeiros, em função de reduzirem da perda de água por evaporação.

Verificando a tabela 13 observa-se que o uso do Bioativador Pengergetic apresentou diferenças estatísticas com relação à população de nematoides, mantendo-a mais baixa e/ou diminuindo a densidade, com relação aos tratamentos onde não foi utilizado.

Tabela 13- Densidade de nematoides do gênero *Meloidogyne* em amostras de solos coletadas nas entrelinhas do cafeeiro cultivado com plantas de cobertura associadas ou não à utilização do bioativador Pengergetic

<b>Pengergetic</b>	<b><i>Meloidogyne</i></b> <b>(100cm<sup>3</sup> solo)</b>
Com	7,12 B
Sem	12,50 A

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A utilização do Bioativador Pengergetic apresentou diferença estatística na população de nematoides do gênero *Meloidogyne* em relação aos tratamentos sem a utilização do bioativador. O efeito do bioativador no controle de nematoides do gênero *Meloidogine* é explicada pelo fato de promover significativo aumento da atividade microbiana no solo (FERNANDEZ et al., 2014), inclusive com o restabelecimento do equilíbrio da microbiota e o aumento de microrganismos predadores de fitonematoides.

A tabela 4 demonstra os resultados alcançados para nematoides do gênero *Xiphinema*.

Tabela 14- Densidade de nematoides do gênero *Xiphinema* em amostras de solos coletadas nas entrelinhas do cafeeiro cultivado sob diferentes plantas de cobertura

Cobertura do solo	<i>Xiphinema</i> (100cm <sup>3</sup> solo)
Controle	5,75 A
Aveia e nabo	2,75 A
ANTCE	0,00 B
Brachiaria	0,25 B

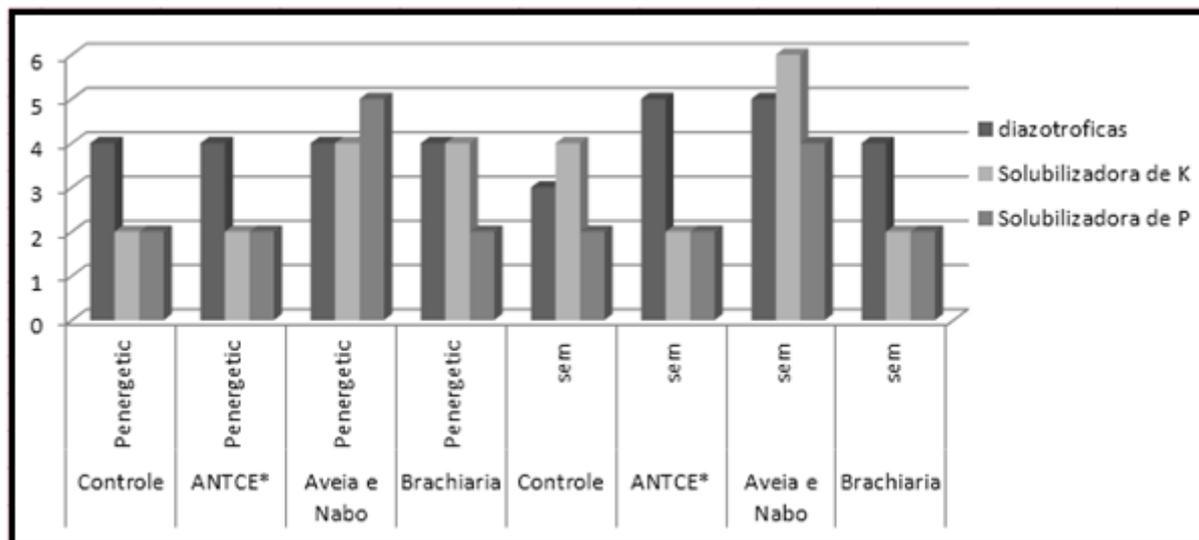
Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Com relação aos nematoides do gênero *Xiphinema*, verifica-se que o bioativador não teve influência na densidade desses fitopatógenos, sendo significativo somente os diferentes tipos de cobertura do solo (tabela 14). Observa-se que os tratamentos contendo Aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca e a *Brachiaria* reduziu de forma significativa a população apresentando resultados inferiores aos demais. Embora esse gênero de nematoides não constitua um problema na cultura do cafeeiro, isso comprova a importância da adubação verde que, por promover a diversidade na população de fungos predadores, exerce importante papel na redução da densidade populacional dos nematoides, de diversos gêneros, que causam prejuízos em diversas culturas (INOMOTO; ASMUS, 2014).

Os resultados do gráfico 1 demonstram que o uso da prática da adubação verde associada, ou não, ao uso do Penegetic influencia positivamente na microbiota das bactérias Diazotróficas, solubilizadores de Potássio e Fósforo na camada de até 10 cm de profundidade.

**Gráfico 1-** Presença ou não de microrganismos Diazotróficos, solubilizadores de P e K em amostras de perfil do solo de 0 a 10 cm de profundidade solo, diluídas de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  UFC/ g de solo.



\*Abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

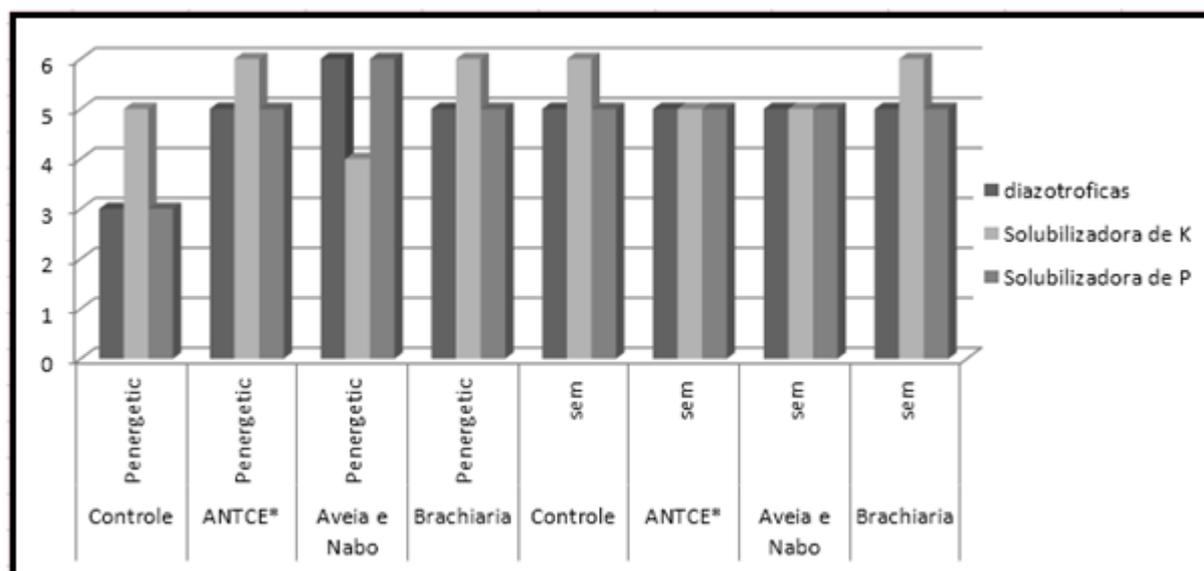
Tendo em vista os resultados apresentados no gráfico 1, verifica-se que nos tratamentos em que as plantas de cobertura se mostraram superiores na ausência do bioativador se comparados ao tratamento Controle com a utilização do bioativador, comprova-se a influência das plantas de cobertura no desenvolvimento desta microbiota do solo, o que corrobora com o importante potencial dessas bactérias do solo contribuindo na disponibilização de fosfato para plantas. Exceção feita ao desenvolvimento de microrganismos Diazotróficos, que na parcela de Aveia + nabo, associada ao bioativador, apresentou resultado igual ao das parcelas sem esse recurso (SOARES JUNIOR, 2012).

Entre os dados analisados, para os microrganismos solubilizadores de Potássio em 0-10 cm o tratamento com resultado superior foi aquele com as plantas de cobertura Aveia + nabo, sem uso de bioativador, comparado aos tratamentos controle com e sem uso de bioativador.

Entre os tratamentos com a utilização de bioativador Penergetic, os melhores resultados foram obtidos com as plantas de cobertura Aveia + nabo e a *Brachiaria*,

comparados com o tratamento controle com a utilização de Bioativador. Analisando o tratamento *Brachiaria*, verifica-se que foi melhor o resultado com o uso do bioativador, se comparado com o tratamento sem essa associação, comprovando a eficiência da *Brachiaria* em reciclar potássio (RAGASSI et al., 2013).

Gráfico 2- Presença ou não de microrganismos Diazotróficos, solubilizadores de P e K em amostras de perfil do solo de 10 a 20 cm de profundidade solo, diluídas de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  UFC/ g de solo.



\*abreviatura do tratamento: Aveia, Nabo, Tremoço, Centeio e Ervilhaca.

Os tratamentos *Brachiaria*, com e sem bioativador; Aveia + nabo + tremoço + centeio + ervilhaca com bioativador e Controle sem bioativador se mostraram mais eficientes para as diluições de bactérias solubilizadores de potássio em 10-20 cm, relativamente ao tratamento controle com o uso do bioativador.

Para os microrganismos solubilizadores de fósforo em 10-20 cm, é possível destacar como melhores tratamentos aqueles em que foram utilizadas as plantas de cobertura Aveia + nabo associadas ao bioativador, bem como o tratamento Controle com uso de bioativador e *Brachiaria* sem bioativador, comparativamente ao tratamento controle sem uso de bioativador.

Analisando a eficiência do bioativador em relação aos tratamentos Controle e Aveia + nabo, em ambos houve tendência em relação aos mesmos tratamentos sem a associação do bioativador.

## CONCLUSÕES

Com os resultados da pesquisa é possível concluir que a utilização de plantas de cobertura teve influência na temperatura do solo na entre linha do cafeeiro, umidade do solo e na diminuição da população de nematoides *Xiphinema*, já o bioativador exerceu efeito na redução da população de nematoides do gênero *Meloidogyne* e em relação aos microrganismos do solo os efeitos foram variados de acordo com as diferentes plantas de cobertura associadas ou não ao bioativador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, R.T.; TOMAZ, H.V.Q. O cerrado hoje e o seu potencial de produção agrícola. In: SILVA, J.C.; SILVA, A.A.S. **Sustentabilidade Produtiva do Cerrado**. Uberlândia: Composer, 2012. p. 204-219.
- AVANZI, J. C. et al. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 5, p. 427-34, set./out. 2013.
- CALEGARI, A. Rotação de culturas em sistema de plantio direto. In: ENCONTRO REGIONAL DE SISTEMAS PRODUTIVOS. [s.l.]: CAT Sorriso, 2013. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=kjnDtjvbleQ>>. Acesso em: 20 maio 2017.
- COSTA, M.B.B. da, coord. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganism and nitrogenfixing sites. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, 1., 1976, Washington. **Anais...** Washington: [s.n.], 1976. p. 518-538.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, 1).
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica, RJ: Embrapa-Agrobiologia, 2004. 20p. (Documentos, 42).
- FERNANDES, A. L. T. et al. Disponibilização de potássio e fósforo em solos de cerrado com a utilização do Pengergetic – 5 Safras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: Procafé, 2014. 4p.
- FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, mar. 2011.
- FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n.4, p.303-308, mar./abr. 1995.
- INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Adubos verdes das famílias fabaceae e mimosaceae para o controle de fitonematoides. In: LIMA FILHO, O.F. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014. cap.12, p.441- 479.
- KÜLEN, O. et al. Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber bud dormancy and improve seed tuber yield. **American Journal of Potato Research**, v. 88, n. 6, p. 167-174. mar. 2011.

- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542 p.
- MEENA, V. S. et al. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica. **Ecological Engineering**, v. 81, p. 340-347, aug. 2015.
- MORAIS, H. et al. Características térmicas e hídricas do solo de cafeeiros adensados com plantas de cobertura. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Consórcio Pesquisa do Café, 2015.
- MOREIRA, C. F.; PAIVA, A. O.; DINIZ, C. V. C. **Clima e água para uma cafeicultura**. Machado: Associação de Cafeicultura Orgânica do Brasil, 2017. 44 p.
- PANKHURST, C.E. et al. (Eds.) **Soil Biota: management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. cap. 1, p. 3-9.
- PARMAR, P.; SINDHU, S.S. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. **Journal of Microbiology Research**, India, v.3, n.1, p. 25–31, mar. 2013.
- RAGASSI, C. F.; PEDROSA A. W.; FAVARIN, J. L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 29, n.12, p. 29-32, jun./jul. 2013.
- SALGADO, S.M. L.; CARNEIRO, R. M. D.; GOMES, R. C. C. **Aspectos técnicos dos nematoides parasitas do cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 60 p. (Boletim Técnico, 98).
- SOARES JUNIOR, F. L. et al. Cellulolytic bacteria from soils in harsh environments. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11274-012-1025-2>> Acesso em: 11 jan. 2017.
- SYLVESTER-BRADLEY, R. et al. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. **Acta Amazon**, v.12, n.1, p.15-22, mar. 1982.
- WHITELAW, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. **Advances in Agronomy**, New York, v. 69, p.99-151, set. 2000.