



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**



**TESE**

**QUALIDADE DO SOLO EM CULTIVOS CONSORCIADOS DE FAVA EM  
AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NO AGRESTE DA PARAÍBA**

**FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS**

**AREIA, PB**  
**NOVEMBRO – 2015**

**FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS**

**QUALIDADE DO SOLO EM CULTIVOS CONSORCIADOS DE FAVA EM  
AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NO AGRESTE DA PARAÍBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Djail Santos, PhD

**AREIA, PB  
NOVEMBRO – 2015**

S237q Santos, Fabiana do Nascimento.  
Qualidade do solo em cultivos consorciados de fava em agroecossistemas familiares no agreste da Paraíba / Fabiana do Nascimento Santos.- Areia-PB, 2015.  
110f. : il.  
Orientador: Djail Santos  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA  
1. Ciência do solo. 2. Solos e nutrição de plantas. 3. Fava (Phaseolus lunatus). 4. Atributos do solo. 5. Indicador de sustentabilidade.

UFPB/BC

CDU: 631.4(043)

**FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS**

**QUALIDADE DO SOLO EM CULTIVOS CONSORCIADOS DE FAVA EM  
AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NO AGRESTE DA PARAÍBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Solo e nutrição de plantas.

Aprovada em 12 de novembro de 2015

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Djail Santos, PhD  
DSER/CCA/UFPB  
Orientador**

**Prof. Dr. Alexandre Fonseca D'Andrea  
IFPB/Campus JP  
Examinador**

**Prof. Dr. Gerônimo Ferreira da Silva  
DEAGRI/UFRPE  
Examinador**

**Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias  
DSER/CCA/UFPB  
Examinador**

**Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira  
DSER/CCA/UFPB  
Examinador**

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito”.

**Martin Luther King Jr.**

A minha filha Maria Eliza do Nascimento Alves  
A minha mãe Maria de Fátima do Nascimento Santos  
Ao meu esposo e eterno namorado José Sales Alves Wanderley Júnior

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que em meio as provas, me dizia: “não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a minha destra fiel” (Isaias 41:10).

À minha família, Maria Eliza pela paciência comigo e ao meu esposo Júnior por ter sido tão compreensivo em meio a tantas situações, por ter me ajudado em tudo e por cuidar de mim quando eu mais precisei.

À minha amada e guerreira mãe Nita, por ter me ensinado os valores reais dessa vida e por não ter medido nenhum esforço durante esse período. Aos meus irmãos, Suzana (*in memoriam*), Sandra, Júnior, Simone e Flávia por vocês terem contribuído de forma especial nessa minha etapa; vocês são exemplos pra mim.

Aos agricultores familiares que foram os atores principais dessa pesquisa, com quem aprendi e compartilhei conhecimentos.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento de parte da pesquisa.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pelas oportunidades a mim oferecidas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Djail Santos, pelos ensinamentos, por ter norteado a pesquisa e por ter sido compreensivo.

Aos meus amigos Elder, Franciezer e Talita pela amizade sincera; à Hiago, Ronaldo, David, Max, Giliane, Stella, Jailma, Nicholas, Maria Cristina e Augusto que, no momento que precisei, vocês estiveram comigo.

À EMATER-PB, pela parceria efetiva na condução da pesquisa.

Ao Projeto “Avaliação e difusão de genótipos precoces e de maior potencial produtivo de feijão-fava”, aprovado junto a CAPES/PNPD/PPGCS (AUXÍLIO AUX PE – 2982/2011, PROC. No. 23038.007062/2011-81) por ter financiado grande parte da pesquisa.

À todos os professores deste Programa, em especial: a Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias, por ter contribuído em todas as etapas de condução da pesquisa; a Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira, pela grande contribuição no trabalho e atenção sempre que precisei; a Prof. Vânia da Silva Fraga e a Prof. Dr. Ignacio H. Salcedo pelo incentivo e conselhos; e a Prof. Dr. Roseilton Fernandes dos Santos pela valiosa colaboração no trabalho.

Aos professores Dr. Bruno de Oliveira Dias, Dr. Flávio Pereira de Oliveira, Dr. Alexandre Fonseca D'Andrea e Dr. Gerônimo Ferreira da Silva, membros da banca examinadora, pelas colaborações que serviram para enriquecer o trabalho e me permitirão avançar em conhecimento.

Aos funcionários do DSER/CCA, Robeval Diniz Santiago, Francisco de Assis Pereira Ramos, Valdênia Cardoso da Silva Ferreira e Gilson Batista da Silva, pelos ensinamentos nos laboratórios.

Aos terceirizados, em especial à Sr<sup>a</sup>. Marielza, pela atenção e zelo comigo e com o material da pesquisa.

Aos chefes dos laboratórios de Física do Solo, Biotecnologia do Solo, Matéria Orgânica do Solo e Tecnologia de Pós-Colheita, deste Centro, pelo espaço cedido para realização das análises.

A todas as pessoas que, de uma forma ou outra, colaboraram para a realização deste estudo.

## SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS E DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipóteses.....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Agroecossistemas familiares.....	4
2.2. Cultura da fava.....	5
2.3. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade.....	8
2.4. Indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo.....	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
<b>Capítulo I - Diagnóstico do sistema de produção de fava no estado da Paraíba.....</b>	<b>22</b>
RESUMO .....	23
ABSTRACT .....	24
1. INTRODUÇÃO .....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
3.1. Caracterização do sistema de cultivo de fava.....	27
3.1.1 Consórcio.....	27
3.1.2 Preparo do solo.....	28
3.1.3 Época de semeadura.....	28
3.1.4 Sequência de semeadura de fava na mesma área.....	29
3.1.5 Manejo do solo.....	29
3.1.6 Sementes.....	30
3.1.7 Variedades cultivadas.....	30

3.1.8 Manejo de pragas.....	31
3.1.9 Colheita.....	31
3.2 Comercialização.....	32
3.3 Rendimento.....	33
4. CONCLUSÕES.....	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
<b>Capítulo II - Atributos químicos, físicos e biológicos de solos sob cultivo consorciado de fava em agroecossistemas familiares no Agreste Paraibano.....</b>	<b>37</b>
RESUMO .....	38
ABSTRACT .....	40
1. INTRODUÇÃO .....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
4. CONCLUSÕES .....	57
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
<b>Capítulo III - Índice de qualidade do solo sob cultivo de fava em agroecossistemas familiares e vegetação nativa.....</b>	<b>63</b>
RESUMO .....	64
ABSTRACT .....	65
1. INTRODUÇÃO .....	66
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	67
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4. CONCLUSÕES .....	78
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
APÊNDICE A (Esquema de Análise de Variância).....	84
APÊNDICE B (Roteiro de Entrevista).....	86
APÊNDICE C (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido).....	95
APÊNDICE D (Descrição dos perfis de solos).....	97

## LISTA DE QUADROS E DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>QUADRO 1.</b> Época de semeadura da fava nos municípios de Alagoa Grande, Areia, Queimadas e Massaranduba de acordo com a precipitação.....	28
<b>QUADRO 2.</b> Época de colheita da fava em grãos verdes e secos nos municípios pesquisados.....	32

### CAPÍTULO II

<b>QUADRO 1.</b> Histórico e descrição das áreas estudadas nos solos: Argissolo Amarelo e Vertissolo Ebânico.....	46
<b>QUADRO 2.</b> Atributos físicos e biológicos e os respectivos métodos de determinação.....	48
<b>QUADRO 3.</b> Atributos físicos em três profundidades no Argissolo Amarelo e Vertissolo Ebânico manejados em agroecossistemas familiares.....	50
<b>QUADRO 4.</b> Atributos químicos em três profundidades no Argissolo Amarelo e Vertissolo Ebânico manejados em agroecossistemas familiares.....	52
<b>QUADRO 5.</b> Atributos biológicos em três profundidades de dois solos manejados em agroecossistemas familiares.....	55

### CAPÍTULO III

<b>QUADRO 1.</b> Histórico e descrição das áreas estudadas no Argissolo e no Vertissolo....	69
<b>QUADRO 2.</b> Atributos químicos, físicos e biológicos e os respectivos métodos de determinação.....	70
<b>QUADRO 3.</b> Funções principais e indicadores de qualidade do solo.....	72
<b>QUADRO 4.</b> Indicadores químicos: pH, fósforo assimilável (P), potássio trocável( $K^+$ ), sódio trocável ( $Na^+$ ) cálcio trocável ( $Ca^{2+}$ ), magnésio trocável ( $Mg^{2+}$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), capacidade de troca cátions efetiva (CTC), matéria orgânica do solo (MOS) e estoque de carbono (EC) para os sistemas de manejo do consórcio fava/milho.....	76
<b>QUADRO 5.</b> Indicadores físicos: densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), estabilidade de agregados (EA) para os sistemas de manejo do consórcio fava/milho.....	76
<b>QUADRO 6.</b> Indicadores biológicos: Atividade enzimática total (AET), atividade da	

$\beta$ -glicosidase ( $\beta$ -g), atividade da fosfatase ácida (Fa), atividade da urease (U), carbono da biomassa microbiana (C-BM) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ).....	77
<b>QUADRO 7.</b> Funções principais do solo e índice de qualidade do solo (IQS).....	78

### **Apêndice A**

<b>TABELA 1.</b> Esquema de Análise de Variância (Local 1).....	86
<b>TABELA 2.</b> Esquema de Análise de Variância (Local 2).....	86

### **Apêndice D**

<b>TABELA 1.</b> Descrição morfológica (Perfil 01).....	102
<b>TABELA 2.</b> Características físicas dos horizontes (Perfil 01).....	102
<b>TABELA 3.</b> Características químicas dos horizontes (Perfil 01).....	102
<b>TABELA 4.</b> Descrição morfológica (Perfil 02).....	108
<b>TABELA 5.</b> Características físicas dos horizontes (Perfil 02).....	108
<b>TABELA 6.</b> Características químicas dos horizontes (Perfil 02).....	108

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>FIGURA 1.</b> Comportamento da variação de preço de fava durante o ano de 2014 no estado da Paraíba.....	33
---	----

### CAPÍTULO II

<b>FIGURA1.</b> Esquema representativo de amostragem de solo em uma área (800m <sup>2</sup> ).....	46
--	----

### CAPÍTULO III

<b>FIGURA 1.</b> Funções de pontuação padronizadas conforme a natureza do indicador de qualidade do solo.....	73
---	----

### Apêndice D

<b>Figura 1.</b> Perfil de ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico (Areia-PB).....	101
<b>Figura 2.</b> Perfil de VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico (Queimadas-PB).....	106

## RESUMO

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Qualidade do solo em cultivos consorciados de fava em agroecossistemas familiares no Agreste da Paraíba.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Novembro de 2015. 110 p. il. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Djail Santos, PhD.

Os sistemas de cultivo podem causar mudanças significativas nos atributos do solo. Em razão disso, os efeitos do manejo sobre a qualidade do solo em áreas onde a vegetação natural foi substituída por culturas anuais, têm recebido atenção e estudos. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do solo em sistemas de produção de fava (*Phaseolus lunatus*) em agroecossistemas familiares sob diferentes tempos de cultivo, em duas classes de solo. A pesquisa foi desenvolvida em áreas com cultivo de fava em sistemas de produção diversificados, situadas nos municípios de Areia (Argissolo) e Queimadas (Vertissolo), na microrregião do Agreste da Borborema, estado da Paraíba. O primeiro capítulo constou de um diagnóstico socioeconômico da produção de fava realizado por meio de entrevista semiestruturada com os agricultores familiares de quatro municípios na microrregião. A análise dos dados foi efetuada através da análise descritiva. O método de avaliação da qualidade do solo constituiu na determinação de atributos químicos, físicos e biológicos em laboratório de amostras coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Em cada classe de solo, o Índice de Qualidade do Solo (IQS) foi obtido a partir dos desvios dos atributos do solo nos diferentes sistemas de produção em relação ao solo da área com vegetação nativa. Dos agricultores entrevistados, 100% cultivam a fava em sistema de consórcio, principalmente com milho, 50% cultivam mais de cinco ciclos de fava na mesma área, 82% fertilizam o solo com a incorporação de restos culturais e de esterco bovino via pastejo. A fava é cultivada exclusivamente em agroecossistemas familiares na microrregião estudada. Nos dois solos avaliados, e nos sistemas de produção amostrados, o IQS variou de ruim (< 0,50) a médio (> 0,50 < 0,70). O índice de qualidade do solo foi eficiente em refletir as alterações nos atributos de solo avaliados nos sistemas de produção, em comparação à área nativa, podendo ser utilizado para monitorar a sustentabilidade dos sistemas de produção de fava.

**Palavras-chave:** *Phaseolus lunatus*, atributos do solo, indicador de sustentabilidade

## ABSTRACT

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Soil quality in lima bean intercropping systems in family farming agroecosystems in the Agreste region of Paraíba.** Areia - PB, CCA, UFPB, November 2015. 110 l. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof. Djail Santos, PhD.

Crop systems can cause significant changes in soil attributes. As a result, the effects of management on soil quality in areas where natural vegetation has been replaced by annual crops have received attention and studies. The objective of this study was to evaluate soil quality in fava (*Phaseolus lunatus*) production systems in family farming agroecosystems under different growing periods, in two soil classes. The research was conducted in areas with lima bean cropping in diversified production systems, located in the municipalities of Areia (Argisol) and Queimadas (Vertisol), in the micro-region of Agreste of Borborema, state of Paraíba, Brazil. The first chapter describes a socioeconomic diagnosis of lima bean production carried out through a semi-structured interview with the family farmers of four municipalities in the micro-region. Data was processed through descriptive analysis. The soil quality assessment method consisted in laboratory determination of soil chemical, physical and biological attributes of samples collected in the 0-5, 5-10 and 10-20 cm depths. In each soil class, the Soil Quality Index (IQS) was obtained from the deviations of the soil attributes in the different production systems in relation to the soil in the area under native vegetation. Of the farmers interviewed, 100% grow lima bean in an intercropping system, mainly with corn; 50% of the farmers cultivate lima bean more than five cropping cycles in the same area; while 82% of the farmers fertilize the soil with the incorporation of lima bean residues and cattle manure obtained by grazing. In the Agreste of Borborema lima bean is cropped exclusively in family farmer agroecosystems. In both soils and in the lima bean crop systems sampled, the IQS varied from poor ( $< 0.50$ ) to average ( $> 0.50 < 0.70$ ). The soil quality index was efficient in reflecting changes in soil attributes evaluated in the crop production systems, as compared to the native vegetation area, and could be used to monitor the sustainability of lima bean production systems.

**Keywords:** *Phaseolus lunatus*, soil attributes, sustainability index

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Durante muitos anos a prática da retirada da vegetação natural para introdução de culturas anuais e perenes vem sendo exercida. Mesmo com a adoção do Código Florestal e suas modificações no decorrer dos anos, a prática ainda é realizada em várias regiões do país. Essa prática tem causado prejuízos aos agroecossistemas através da perda da biodiversidade, sendo os solos um dos componentes mais afetados.

A forma de cultivo do solo pode causar mudanças em seus atributos. Por isso, as discussões dos manejos de solos adotados em áreas de vegetação natural onde houve introdução de sistemas agrícolas têm se tornado cada vez mais importantes, não somente por já apresentarem problemas, mas por ser o solo um recurso natural que determina em grande parte o sucesso dos cultivos. O foco principal dessas discussões são as alterações que ocorrem nos atributos do solo decorrentes do manejo adotado e a introdução e/ou substituição de culturas em áreas de mata (CUNHA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; CRUZ et al., 2014; SOUSA NETO et al., 2014).

As inter-relações dos atributos do solo determinam os processos relacionados à sua variação espacial e temporal, de forma que qualquer alteração pode atingir diretamente a sua estrutura e a atividade biológica e, conseqüentemente, a sua qualidade (CARNEIRO et al., 2009).

Uma das alternativas para atenuar o impacto negativo da introdução de cultivos agrícolas em áreas sob vegetação natural é a prática do cultivo consorciado. O consórcio mais utilizado é de gramínea com leguminosa, bastante presente em áreas de agricultura familiar. Essa prática é utilizada pelos agricultores como uma forma de aproveitar melhor a área e diversificar a produção e vários estudos tem comprovado a melhoria nos atributos dos solos através do uso dessa prática (CHIEZA et al., 2013; COELHO et al., 2013).

A avaliação de atributos de solo que estimam a sua qualidade assume importante papel na manutenção de sua conservação, sob pena de a degradação do solo comprometer irreversivelmente a sustentabilidade dos agroecossistemas (CARDOSO et al., 2011).

Para inferir sobre o impacto de práticas de manejo sobre a qualidade do solo, recomenda-se a avaliação de indicadores químicos, físicos e biológicos do solo, bem como as suas inter-relações. Assim, torna-se necessário a realização de estudos que permitam entender o comportamento dos solos, assim como as mudanças advindas do manejo adotado ao longo do tempo.

Nos agroecossistemas familiares o uso dos solos é bastante diversificado, sendo comum o consórcio de culturas alimentícias como feijão, milho, mandioca e fava. A fava (*Phaseolus lunatus*) é uma cultura de expressiva produção no estado da Paraíba, o maior produtor nacional. Seu cultivo é realizado predominantemente por agricultores familiares em consórcio com o milho.

No ano de 2013, a produção de fava em grãos no Brasil foi de 7.957 toneladas de fava em grãos provenientes de 23.469 ha; destes, 4.421 toneladas foram produzidas em 9.437 ha na Paraíba. No mesmo ano, foram produzidas 80.273.172 toneladas de milho no Brasil, sendo apenas 27.452 toneladas produzidas no estado da Paraíba, ocupando o 6º lugar no ranking de produção de milho na região Nordeste (IBGE, 2013).

Os sistemas de produção de fava adotados pelos agricultores podem estar influenciando positivamente ou não a qualidade do solo. Segundo Gomes e Lopes (1997), algumas espécies de leguminosas apresentam características que podem melhorar a fertilidade do solo nos trópicos. A introdução de sistemas agrícolas nas áreas sob vegetação nativa provoca mudanças nas propriedades químicas do solo, que são dependentes do clima, da cultura explorada e das práticas agrícolas adotadas (SALMI et al., 2009). A comparação entre áreas cultivadas e com vegetação nativa é uma alternativa para se estimar as alterações nas propriedades de um solo.

Apesar do estado da Paraíba ser o maior produtor de fava do País, são poucas as pesquisas com essa cultura, resultado muitas vezes da própria falta de conhecimento e até mesmo por ser uma cultura que não possui um consumo tradicional quando comparado com o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*). Diante disto, há a necessidade de se realizar estudos sobre a cultura nos agroecossistemas familiares, principalmente avaliando a capacidade dos solos em viabilizar a sua produção sustentada.

## 1.1 Objetivos

**Geral:** Avaliar a qualidade do solo sob sistemas de produção de fava (*Phaseolus lunatus*) consorciada com milho (*Zea mays*) em agroecossistemas familiares em diferentes tempos de cultivo.

### **Específicos:**

- 1) Caracterizar os sistemas de produção de fava consorciada nos municípios que se destacam como maiores produtores no estado da Paraíba por meio de entrevistas com agricultores familiares;
- 2) Avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo em áreas de agricultura familiar exploradas com fava no estado da Paraíba;
- 3) Calcular o índice de qualidade do solo (IQS) de sistemas de produção de fava em um Argissolo e um Vertissolo usando indicadores químicos, físicos e biológicos de qualidade de solo.

## 1.2 Hipóteses

- 1) O solo sob vegetação nativa apresenta melhores condições químicas e biológicas, comparado aos solos sob os sistemas de cultivo do consórcio fava/milho/feijão;
- 2) A adoção de sistemas de cultivo de fava provoca alterações nos atributos físicos;
- 3) O consórcio fava/milho/feijão causa alterações na qualidade do solo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Agroecossistemas familiares

A introdução de cultivos agrícolas anuais e/ou perenes em áreas de vegetação natural é entendida como uma busca para atender a demanda por alimentos no mundo, cuja população já ultrapassa os sete bilhões de habitantes (ONU, 2015). Essa introdução no ecossistema natural é classificada como agroecossistemas e, segundo Altieri (2002), esse termo tem sido utilizado para descrever as atividades agrícolas realizadas por mão de obra familiar ou não. Um agroecossistema é familiar quando a mão de obra é própria da família e a área rural não é superior a 4 módulos fiscais, de acordo com a Lei 11.326 (BRASIL, 2006).

É nos agroecossistemas que o agricultor exerce a gestão dos recursos naturais para obter a produção de alimentos e outros produtos de origem vegetal e animal (HECHT, 1991). A manipulação e alteração antrópica nos ecossistemas naturais tornaram os agroecossistemas foco de diferentes reflexões e análises (GLIESSMAN, 2001), devido principalmente, à redução da biomassa após a conversão em agroecossistemas (CHIODEROLI et al., 2012). Essa análise vem sendo feita por diversos segmentos no sentido de verificar se a produção atual é satisfatória e se pode ser mantida para as gerações futuras, levando em consideração os recursos locais.

A produtividade das culturas pode ser afetada pelos fatores bióticos e abióticos e por esse motivo é fundamental entender como as plantas se comportam em cada sistema de cultivo e como podem se comportar ao longo dos anos levando em consideração as interações existentes. A competição entre espécies cultivadas vs. espontâneas é uma relação que pode causar prejuízos à cultura desejada. Esse prejuízo foi observado por Vargas et al. (2006) no cultivo do milho que apresentou uma queda de até 80% no rendimento. Por outro lado, as espécies espontâneas podem exercer papel importante, pois com a retirada da cultura desejada, permanecem sobre o solo protegendo-o da erosão.

Outro fator que deve ser levado em consideração dentro do contexto da agricultura familiar é o consórcio de culturas. Essa prática é utilizada para aperfeiçoar as áreas, na maioria pequenas e limitadas, além de permitir maior diversificação da produção e aumento da rentabilidade por unidade de área (COELHO et al., 2000). Esse aumento da produtividade está associado ao efeito benéfico que esse sistema de cultivo pode promover

na fertilidade do solo. Isso pode explicar o resultado encontrado por Santiago et al. (2014) que, comparando os índices de eficiência de uso da terra em consórcios agroecológicos e monocultivos em agroecossistemas familiares observaram que seria necessário uma área adicional de 2 ha em regime de monocultivo para se obter a mesma produção das culturas em consórcio. Resultados como esse contribuem para a validação da experiência de consórcios dos agricultores familiares transmitida de geração em geração.

Diante do exposto, o grande desafio é alcançar e manter ao longo dos anos, a produtividade desejada com as condições reais, em um espaço de vida; ou seja, alcançar a conceituada sustentabilidade dos agroecossistemas. Para avaliar a sustentabilidade dos agroecossistemas, encontram-se na literatura alguns modelos de indicadores de sustentabilidade, tais como: PER (Pressão, Estado e Resposta) (MASERA et al.,1999), IDEA (Indicadores de Sustentabilidade das Propriedades Agrícolas) (LESAMA, 2006) e MESMIS (Marco para Evolução de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade) (MASERA et al.,1999).

Os modelos indicadores de sustentabilidade PER e MESMIS apresentam em suas matrizes um conjunto de indicadores de avaliação relacionados aos recursos naturais (MASERA et al., 1999), enquanto o IDEA se baseia em indicadores sociais, culturais, econômicos e ambientais (LESAMA, 2006). Nos três modelos citados observa-se a valorização da avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores químicos, físicos e biológicos.

O solo é um fator determinante dentro do agroecossistema; e um agroecossistema pode ser uma cultura ou criação dentro da unidade produtiva, a própria unidade produtiva ou um conjunto dessas unidades (HECHT, 1991).

## **2.2 Cultura da fava**

A fava (*Phaseolus lunatus* L.), também conhecida como feijão-de-lima ou feijão-fava é uma das espécies do gênero *Phaseolus* exploradas comercialmente, atingindo relativa importância econômica em alguns Estados brasileiros (SANTOS et al., 2002). Desse gênero, a fava é a espécie mais tolerante à seca (SULLIVAN e DAVENPORT, 1993), adaptando-se bem à realidade da agricultura familiar no semiárido brasileiro.

A fava é cultivada em diversos países, estando presente na América do Norte, América do Sul, Europa, leste e oeste da África e sudeste da Ásia (BAUDOIN, 1988). A

fava é originária da Guatemala, onde são encontradas formas silvestres, mas os Estados Unidos são o maior produtor de fava do mundo, onde o consumo em estado verde, na forma de conserva (grãos enlatados ou congelados e empacotados), supera o consumo na forma de grãos secos (VIEIRA, 1992).

É uma planta que deve ser cultivada em regiões ecologicamente favoráveis ao seu desenvolvimento, com temperaturas variando de 15 a 30 °C, pois temperaturas > 30 °C tornam-se prejudiciais à cultura, especialmente durante a floração, quando associadas a períodos de estresse hídrico (VIEIRA e VIEIRA, 1996). O ideal é que a precipitação pluvial média mensal esteja entre 100 e 150 mm, bem distribuída durante o ciclo da cultura, já que o excesso de umidade no final da maturação prejudica a qualidade do produto (VIEIRA e VIEIRA, 1996).

Em muitas áreas nas regiões produtoras, a fava é semeada em horta doméstica junto com o milho, o qual serve de suporte para as variedades de crescimento do tipo indeterminado que apresentam hábito de crescimento vigoroso e trepador. Apesar de existirem variedades que podem ser colhidas aos 90 dias após a semeadura, e que apresentam maturação uniforme, a maioria das variedades é tardia, mostrando maturação desuniforme e necessitando de mais de uma colheita (RACHIE et al., 1980).

A importância socioeconômica da fava se deve principalmente à sua rusticidade em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, o que possibilita prolongar a colheita em período seco (AZEVEDO et al., 2003), sendo colhida após a retirada do feijão e do milho.

A fava é uma alternativa de renda e alimentação para a população da região Nordeste do Brasil, que a consome sob a forma de grãos maduros ou verdes (OLIVEIRA et al., 2004). Em geral, seu cultivo é realizado por meio de semeadura direta, em covas espaçadas de 1,00 m × 0,50 m, realizando-se um desbaste cerca de quinze dias após a emergência, deixando-se duas plantas por cova (FILGUEIRA, 2000).

O plantio pode ser em consórcio com milho, mandioca, mamona ou palmeira de babaçu, tomando essas plantas como suporte para o desenvolvimento vegetativo da fava (FILGUEIRA, 2000; AZEVEDO et al., 2003). A cultura da fava se adéqua melhor em solos areno-argilosos, férteis e bem drenados, tendo bom rendimento a valores de pH entre 5,6 e 6,8 (VIEIRA, 1992).

Além do consumo humano, esta leguminosa é usada como alimento animal, adubo verde e como cultura de cobertura para proteger o solo da erosão (SILVA et al., 2010). Apesar de bons rendimentos em relação à adição de adubos, a fava apresenta associação

com bactérias do gênero *Rhizobium*, que são capazes de fixar nitrogênio atmosférico e fornecê-lo a cultura, o que pode substituir, parcialmente, a adubação nitrogenada, resultando em benefícios ao agricultor (ANTUNES, 2010). Sendo assim, a fava pode ser recomendada para adubação verde, produzindo efeitos positivos nas condições químicas, físicas e biológicas do solo (PEGADO et al., 2008).

No Brasil, apesar de cultivada em todos os Estados e de apresentar capacidade de adaptação mais ampla que o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), o cultivo de fava ainda tem pouca relevância, com consumo preferencial na forma de grãos verdes cozidos, sendo cultivada preferencialmente na região Nordeste. No ano de 2013, foram produzidas no Brasil, 7.957 toneladas de grãos secos de fava, numa área de 25.542 hectares, sendo os maiores produtores os estados da Paraíba, Ceará, Pernambuco e Piauí. O estado da Paraíba, com cultivo de fava em quase todas as microrregiões, vem se destacando nos últimos 11 anos como o maior produtor nacional (IBGE, 2013).

Esse destaque pode estar diretamente relacionado à questão cultural, já que o cultivo da fava vem passando de geração em geração pelos agricultores familiares, ou ainda por essa cultura produzir satisfatoriamente nas condições climáticas de algumas microrregiões do Estado.

Mesmo com tais condições o estado da Paraíba apresentou queda de 54% da área plantada com fava, de 49,04% na área colhida, de 51,1% na quantidade produzida, e um aumento de 4,1% no rendimento médio da cultura entre os anos de 2003 e 2013 (IBGE 2013). Ainda assim, o estado da Paraíba é o maior produtor nacional, com destaque para os municípios de Queimadas, Massaranduba, Alagoa Grande e Teixeira.

Os municípios de Queimadas e Massaranduba são os dois maiores produtores de fava do Estado (IBGE, 2013). Esses municípios estão localizados na microrregião do Agreste da Borborema e incluídos na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, por apresentarem um clima tropical com chuvas irregulares ao longo do ano e temperatura média de 28 °C (Ministério da Integração Nacional, 2005).

O setor agropecuário do município de Queimadas é responsável por 4,4% do PIB do município, sendo 70,4% representados pelos serviços. O município conta com uma participação considerável no mercado local principalmente pelo cultivo de fava (IBGE, 2010).

O município de Areia, localizado na microrregião do Brejo Paraibano, apresenta clima úmido com temperatura e precipitação média anual de 26 °C e 900 mm,

respectivamente. Apesar de não estar entre os maiores produtores de fava, o cultivo está presente em praticamente todas as áreas de agricultura familiar no município, com rendimento médio de 600 kg ha<sup>-1</sup> de fava (IBGE, 2006).

Ainda assim, verifica-se que a fava tem o seu cultivo limitado, que pode ser devido à maior tradição do consumo de feijão-comum, ao paladar da fava e ao seu maior tempo de cocção (LYMMAN, 1983).

### **2.3 Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade**

O solo é o principal componente ambiental relacionado à produção agropecuária e assim, a conservação ou a melhoria de sua qualidade é essencial para a manutenção da atividade produtiva (JAKELAITIS et al., 2008).

A conversão de ecossistemas naturais em áreas agrícolas pode promover alterações nos atributos edáficos, devido a estreita relação existente com a cobertura vegetal (FERREIRA et al., 2007). Essa informação já havia sido evidenciada por Godefroy e Jacquin (1975) na seguinte afirmação: a introdução de sistemas agrícolas em substituição às florestas causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo, cuja intensidade varia com as condições de clima, uso e manejos adotados e a natureza do solo. Ainda no mesmo sentido, Coote e Ramsey (1983) afirmam que com o uso intensivo dos solos, geralmente ocorre a deterioração das suas propriedades físicas. As modificações na densidade e na porosidade do solo podem variar consideravelmente, dependendo da textura, dos teores de matéria orgânica do solo e da frequência de cultivo (HAJABBASI et al., 1997).

A capacidade do solo em funcionar para fins específicos tem sido chamada de qualidade do solo (QS) (KARLEN et al., 1997). A alteração da qualidade do solo é resultado do seu uso no tempo e no espaço, e fornece um meio para avaliação de sistemas ou práticas de manejo em relação ao estado estável que se encontrava (ESSIET, 2001). Para monitorar e avaliar a QS são necessários ferramentas e métodos (KARLEN et al., 2006; MUKHERJEE e LAL, 2014); métodos esses que utilizem um conjunto de dados de campo ou de laboratório (indicadores de qualidade do solo) sensíveis ao manejo e uso do solo. Algumas ferramentas e métodos de avaliação da qualidade do solo são apresentados a seguir:

Soil Conditioning Index (SCI): é uma ferramenta adotada pelo Programa de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS) dos EUA para estimar os efeitos do manejo da matéria orgânica do solo na qualidade do solo (USDA NRCS 2002). Essa ferramenta avalia se os níveis de carbono orgânico do solo irão aumentar, diminuir, ou permanecer estáveis no âmbito do atual sistema de cultivo (ZOBECK et al., 2008); para essa estimativa, a ferramenta utiliza é uma equação matemática.

Soil Management Assessment Framework (SMAF): esta ferramenta é norteada pela seleção de indicadores químicos, físicos e biológicos do solo refinados de acordo com o clima, classe de solo e com a comunidade de plantas ou outros fatores. Os indicadores são escolhidos através da opinião de especialistas e da redução de dados por meio de análise estatística que compõem um quadro de gestão contendo os indicadores e os fatores que são influenciados por cada indicador após o manejo do solo (USDA NRCS, 2007).

Os métodos para estimar a qualidade do solo usando indicadores químicos, físicos e biológicos utilizando-se equações matemáticas mais citados na literatura são: 1) Indicadores de Qualidade de Solo (IQS), método de aditivo simples descrito por Amacher e Perry (2007) e tem como princípio a atribuição de valores limites aos parâmetros com base na revisão de literatura e opinião de especialistas (MUKHERJEE e LAL, 2014); 2) Indicador de Qualidade do solo (SQI), método de aditivo ponderado inicialmente sugerido por Karlen e Stott (1994) e modificado por Fernandes et al. (2011), no qual os parâmetros de solo são divididos em grupos com base em três funções algorítmicas: (a) "mais é melhor", (b) "menos é melhor", e (c) "ótima" (MUKHERJEE e LAL, 2014); 3) Indicador de Qualidade do Solo (IQS), método de modelo estatístico, baseado em Análise de Componentes Principais (ACP), por meio da qual cria-se um conjunto mínimo de dados (MDS) para reduzir o peso do indicador no modelo e evitar redundância de dados (MUKHERJEE e LAL, 2014). Para esses três métodos acima descritos, são aplicadas equações matemáticas que permitem estimar a qualidade do solo.

Para avaliar a sustentabilidade de um sistema baseado na mudança dinâmica da qualidade do solo, Essiet (2001), baseado em Larson e Pierce (1994), sugeriu uma equação que indica se o solo se encontra não degradado ou degradado, em relação ao seu estado estável. A equação é:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sum \left( \frac{q_i - q_o}{q_o \times \Delta t} \right)$$

onde:

$\Delta Q$  = mudança na qualidade geral (Q) do solo;

$\Delta t$  = diferença de tempo entre o presente e quando a alteração foi iniciada;

$q_0$  e  $q_i$  = os níveis de qualidade dos atributos de solo individuais antes e após o início de uma mudança, respectivamente.

Esse método de avaliação de medição da qualidade do solo fornece um meio de quantificar a sustentabilidade. Para que um sistema seja considerado sustentável, o valor de  $\Delta Q$  deve ser igual ou maior do que zero, ou seja, a qualidade do solo deve ser estável ou não degradada, sendo considerada degradada se menor que zero (ESSIET, 2001). Ainda de acordo com o mesmo autor é necessário realizar uma análise de regressão nos dados para identificar o fator mais significativo em sustentabilidade agrícola na área em estudo.

#### **2.4 Indicadores químicos, físicos e biológicos de qualidade de solo**

Tendo em vista que a qualidade do solo em seu amplo conceito se refere ao equilíbrio entre os condicionantes químicos, físicos e biológicos do solo, possibilitando crescimento adequado para as culturas e, conseqüentemente, a produtividade desejada, tem sido sugerida uma avaliação para identificar parâmetros do seu estado de conservação e/ou degradação (DORAN e ZEISS, 2000). Sendo assim, alguns estudos têm sido desenvolvidos no sentido de avaliar o conjunto de indicadores químicos, físicos e biológicos que possibilitem ao pesquisador e ao agricultor entender o comportamento das culturas levando em consideração a qualidade do solo (DORAN, 1980; ADEJUWON e EKANADE, 1988; ISLAM e WEIL, 2000; SRINIVASARAO et al., 2012).

No Brasil, os indicadores químicos por muitos anos foram os mais avaliados em termos de qualidade do solo, provavelmente devido à baixa quantidade de matéria orgânica dos solos tropicais (SILVA et al., 2006). Dentre os indicadores químicos mais estudados encontram-se: teores de carbono orgânico e nitrogênio no solo (FRACETTO et al., 2012); fósforo orgânico (CHAER e TÓTOLA, 2007); pH, soma de bases, acidez potencial e trocável (CARDOSO et al., 2011).

A maioria dos atributos físicos está ligada à forma e estabilidade estrutural do solo, como densidade (STONE e SILVEIRA, 2001) e porosidade do solo (OLIVEIRA et al., 2014), os quais são utilizados para estudar os impactos do uso e manejo na qualidade física

do solo. Além da densidade e da porosidade do solo, outros indicadores físicos são utilizados para avaliar a estabilidade, como: o diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) (MUKHERJEE e LAL, 2014); capacidade de retenção de água e textura (ESSIET, 2001); estabilidade de agregados e condutividade elétrica (ZOBECK et al., 2007).

Sob o aspecto biológico do solo, a microbiota atua na ciclagem de energia e nutrientes, regulando as transformações da matéria orgânica e atuando na manutenção da estrutura do solo. A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas e microfauna. Esta biomassa microbiana total do solo funciona como importante reservatório de vários nutrientes das plantas (GRISI e GRAIY, 1986) e representa um recurso vital, tanto para a produção de alimentos, como para o funcionamento global dos ecossistemas.

Neste contexto, tem sido mencionado que a biomassa microbiana do solo constitui a maior fração ativa na dinâmica da matéria orgânica do solo e, portanto, é sensível às mudanças iniciais no conteúdo da matéria orgânica, causadas pelas práticas de cultivo (ROSCOE et al., 2006; MERCANTE et al., 2008). A biomassa microbiana é o principal componente da matéria orgânica viva do solo e, junto com o carbono orgânico, vem sendo utilizada como indicador de alterações e de qualidade do solo. Esse uso deve-se, principalmente, à sua relação com as funções ecológicas do ambiente, bem como à capacidade que ela apresenta em refletir as mudanças no uso do solo (JACKSON et al., 2003; ARAÚJO e MELO, 2010). Essa informação é comprovada por Kaschuk et al. (2011) ao observarem em diversos biomas brasileiros que a substituição da vegetação natural por práticas agrícolas alterou o carbono da biomassa microbiana (CBM), com redução em torno de 30%. Ao avaliar as mudanças nas propriedades biológicas do solo, Nunes et al. (2011) observaram diminuições de até 10 vezes na biomassa microbiana do solo em terras degradadas, comparadas com a vegetação natural.

A respiração basal (RB), resultado do metabolismo dos microrganismos no solo, e o quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ), quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberado por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, também têm apresentado variações sensíveis, podendo ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, em função dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo (COLOZZI FILHO et al., 2001; MERCANTE, 2001; MERCANTE et al., 2008). Maiores valores desses atributos foram encontrados por Assis Junior et al. (2003) em áreas de mata nativa e pastagem, e os menores em sistemas de monoculturas e

área desmatada. O contrário foi observado por Porto et al. (2009), ao encontrarem valores menores de respiração em área de mata comparada com áreas de cultivos.

É importante também considerar a atividade enzimática do solo, uma vez que as enzimas têm participação essencial nos ciclos dos elementos no solo. Como elas são sintetizadas, principalmente, pelos organismos, as condições que favorecem a atividade microbiana, como a presença de vegetação, também propiciam maior atividade enzimática (CARVALHO, 2005). Araújo e Monteiro (2007) destacam que as enzimas participam do catabolismo biológico dos componentes orgânico e mineral do solo, sendo sua atividade relacionada com a matéria orgânica, as propriedades físicas e com a atividade e biomassa microbiana.

Em razão da importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, verifica-se que estudos a respeito da quantidade e atividade da biomassa microbiana, bem como da atividade enzimática, podem fornecer subsídios para indicação de um melhor uso da terra (TABATABAI, 1994; D'ANDRÉA et al., 2002).

Diante do exposto, entende-se então que, para avaliação da qualidade de um solo é necessário um conjunto de indicadores químicos, físicos e biológicos que juntos possam dar a informação necessária para um melhor manejo e uso do mesmo, sendo necessária a utilização de um método que expresse o comportamento do solo.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEJUWON, J.O.; EKANADE, O. A compararison of soil properties under different landuse types in a part of the Nigerian Cocoa Belt. **Catena**, 15:319-331, 1988.

ALTIERI, M. **Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592p.

AMACHER, M. C.; O'NEIL, K. P.; PERRY, C. H. 2007. **Soil vital signs: A new Soil Quality Index (SQI) for assessing forest soil health**. Res. Pap. RMRS-RP-65WWW. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 12 p.

ANTUNES, J.E.L. Diversidade genética e eficiência simbiótica de isolados de rizóbios nativos em feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.). Teresina, Universidade Federal do Piauí, 2010. 109p. (**Dissertação de Mestrado**).

ARAÚJO, A.S.F.; MELO, W.J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ci. Rural**, 40: 2419-2426, 2010.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos. **Biosci. J.**,23: 66-75, 2007.

ASSIS JUNIOR, S.L.; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **R. Árvore**, 27:35-41, 2003.

AZEVEDO, J.N.; FRANCO, L.J.D.; ARAÚJO, R.O.C. Composição química de sete variedades de feijão-fava. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2003. 4p. (**Comunicado Técnico**).

BAUDOIN, J.P. Genetic resources, domestication and evolution of lima bean, *Phaseolus lunatus*. In: Gepts, P. (ed). **Genetic resources of Phaseolus bean**. Amsterdam: Kluwer, 1988, p.393-497.

CARDOSO, E.L.; et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:613-622, 2011.

CARNEIRO, M.A.C.; et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:147-157, 2009.

CARVALHO, F. Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade do solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005. 95p. (**Tese de Mestrado**).

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1381-1396, 2007.

CHIEZA, E.D.; et al. Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1393-1401, 2013.

CHIODEROLI, C. A.; et al. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e brachiaria. **R. Bras. Eng. Agr. e Ambiental**, 16:37-43, 2012.

COELHO, F.C.; et al. Manejo de plantas daninhas e sistema de consórcio na cultura do quiabeiro: produtividade e qualidade de frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro, **Resumos...** Brasília: SOB/FCAV-UNESP, 2000. v.18, n.2, p.587-588.

COELHO, M.S.; et al. Qualidade da matéria orgânica de solos sob cultivo de café consorciado com adubos verdes. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1576-1586, 2013.

COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; BOLOTA, E.L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, 22:84-91, 2001.

COOTE, D.R.; RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. **Can. J. Soil Sci.**, 63:1-14, 1983.

CRUZ, D.L.S. et al. Atributos físico-hídricos de um Argissolo Amarelo sob floresta e savana naturais convertidas para pastagem em Roraima. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:307-314, 2014.

CUNHA, E.Q.; et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I. Atributos físicos do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:589-602, 2011.

CURTIS, R.O.; POST, B.W. Estimating bulk density from organic matter content in some Vermont forest soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 28:285-286, 1964.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:913-923, 2002.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 44:765-771, 1980.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, 15:3-11, 2000.

ESSIET, E.U. Agricultural sustainability under small-holder farming in Kano, northern Nigeria. **Journal of Arid Environments**, 48:1-7, 2001

FERNANDES, J.C.; et al. Determination of the quality index of a Paleudult under sunflower culture and different management systems. **Soil and Tillage Research**, 112: 167-174, 2011.

FERREIRA, E.A.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1625-1635, 2007.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Empresa Júnior de Agronomia, 2000. 402p.

FRACETTO, F.J.C.; et al. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1545-1552, 2012.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 637p.

GODEFROY, J.; JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et le apports organiques en conditions tropicales; comparasion avec les sols forestiers. **Fruits**, 30:595-612, 1975.

GOMES, T.C. de A.; LOPES, V.M.B. **Velocidade de decomposição e liberação de nutrientes da biomassa de diferentes espécies de leguminosas em um sistema agroflorestal no Acre**. Rio Branco: CPAF/EMBRAPA, 1997. 2p.

GRISI, B.M.; GRAY, T.R.G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:109-115, 1986.

HAJABBASI, M.A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. **Plant Soil**, 190:301-308, 1997.

HECHT, S.B. **La evolucion del pensamiento agroecológico: Agroecologia y desarrollo**. Santiago: CLADES, 1991. 30p.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, v.38, p.1-97, 2013.

IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 2006. 777p.

IBGE. 2012. SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 79:9-16, 2000.

JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M. & ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. **Geoderma**, 114:305-317, 2003.

JAKELAITIS, A.; et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 38:118-127, 2008.

KARLEN, D.L.; et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, 61:4-10,1997.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN D.C.; BEZDICEK D.F.; STEWART, B.A., editors. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America. 1994. p.53–72. (SSSA Special Publication,35).

KARLEN, D.L.; et al. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. **Agronomy Journal**, 98:484-495, 2006.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: Inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, 338:467-481, 2011.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 37-51. (SSSA Special Publication, 35).

LESAMA, M. F. **O Método IDEA (Indicadores de sustentabilidade)**: adaptação do método à agricultura familiar. DESER, 2004. Disponível em:<[www.condraf.org.br/](http://www.condraf.org.br/) on line>. Acesso em: 15 set.2013.

LYMAN, J.M. Adaptation studies on lima bean accessions in Colombia. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 108:369-373, 1983.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35:1177-1182, 2000.

MASERA, O.R.; et al. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS**. México: MUndiprensa, GIRA, UNAM, 1999. 160p.

MERCANTE, F.M. Biomassa e atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto Cerrado**, Brasília, p.9-10, 2001.

MERCANTE, F.M. et al. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 30:479-485, 2008.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília: MIN/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005. 33p.

MUKHERJEE, A.; LAL, R. Comparison of soil quality index using three methods. **PLOS ONE**, 9:1-15, 2014.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Tropical legumes resources for the future**. Washington DC:NAS, 1979. 331p.

NUNES, J.S.; et al. Impact of land degradation on soil microbial biomass and activity in Northeast Brazil. **Pedosphere**, 22:88-95, 2012.

OLIVEIRA, A.P. de; et al. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. **Horticultura Brasileira**, 22:543-546, 2004.

OLIVEIRA, T. C.; et al. Evaluation of physical quality indices of a soil under a seasonal semideciduous forest. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:444-453, 2014.

Organização das Nações Unidas (ONU). Disponível em: <http://nacoesunidas.org>. Acesso em janeiro de 2016.

PEGADO, C.M.A.; et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do brejo da Paraíba, Brasil. **Caatinga**, 21:218-223, 2008.

RACHIE, K.O.; SONG, L.; LYMAN, J. Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) and potential in the tropics. In: SUMMERFIELD, R.J.; BUNTING, A.H. (Ed.). **Advances in legume science**. Kew: Royal Botanic Garden, 1980. p.375-381.

ROSCOE, R.; et al. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R. et al. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 163-198.

SALMI, A.P.; DUERRA, J.G.M.; RISSO, J.A.M. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *Flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4:873-876, 2009.

SANTIAGO, F.S.; et al. Índices de eficiência do uso da terra em consórcios agroecológicos no semiárido nordestino. CONGRESSO SOBRE USO E MANEJO DO SOLO, 4., Recife (Pernambuco, Brasil), **Anais... UMS**, 19 a 21 de março de 2014.

SANTOS, D.; et al. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1407-1412, 2002.

SILVA J.M.; CHAVES FILHO J. T.; FERREIRA A. DE M. Concentração de carboidratos solúveis em folhas de *Phaseolus lunatus* L. em relação ao sombreamento. **Revista Estudos**, 37: 403-417, 2010.

SILVA, L.S. et al. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p.63-88.

SOUSA NETO, E.L.; et al. Physical quality of an oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:608-618, 2014.

SRINIVASARAO, Ch.; et al. Sustaining agronomic productivity and quality of a Vertisolic soil (Vertisol) under soybean-safflower cropping system in semi-arid central India. **Can J. Soil Sci.**, 92:771-785, 2012.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:395-401, 2001.

SULLIVAN, G.H.; DAVENPORT, L.R. In: JANICK, J.; SIMON, J.E. (Eds.). **Dry edible beans: a new crop opportunity for the east north central region**. New York: Wiley, 1993. p.585-588.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S.; BOTTOMLEY, P.S. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.775-833.

USDA NRCS (Natural Resources Conservation Service). 2002. Soil conditioning index for cropland management systems. **NRCS National Agronomy Manual**, Directive No. 190-V-NAM. Disponível em: < [http://policy.nrcs.usda.gov/media/pdf/M\\_190\\_NAM.pdf](http://policy.nrcs.usda.gov/media/pdf/M_190_NAM.pdf)>. Acesso em jul. 2015.

USDA NRCS (Natural Resources Conservation Service). 2007. **Soil Management Assessment Framework**. Disponível em: <[http://soilquality.org/tools/smaf\\_intro.html](http://soilquality.org/tools/smaf_intro.html)>. Acesso em: jul.2015.

VARGAS, L.; et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 20 p. html. (Embrapa Trigo, **Documentos Online**, 61). Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br>>. Acesso em 20 de out. 2014.

VIEIRA, R.F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**,16:30-37, 1992.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C. Comportamento de feijões dos gêneros *Vigna e Phaseolus* no consórcio com milho plantado simultaneamente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 31:781-787, 1996.

ZOBECK, T.M., et al. Investigation of soil conditioning index values for southern High Plains agroecosystems. **Journal of Soil and Water Conservation**, 62:433-442, 2007.

## **Capítulo I**

# **DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE FAVA NO ESTADO DA PARAÍBA**

## RESUMO

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Diagnóstico do sistema de produção de fava nas principais regiões produtoras do Estado da Paraíba.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Novembro de 2015. 110 p.il. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Djail Santos, PhD.

A fava é uma cultura de expressiva produção no Brasil, sendo o estado da Paraíba o maior produtor. Contudo, são poucas as informações sobre essa espécie, demandando pesquisas sobre seu cultivo, principalmente nos agroecossistemas familiares. Objetivou-se com este estudo caracterizar os sistemas de cultivo predominantes e levantar as variedades cultivadas de fava nas principais regiões produtoras do estado da Paraíba, utilizando-se de ferramentas metodológicas. O diagnóstico do sistema de cultivo de fava foi realizado nos municípios de Queimadas, Massaranduba, Alagoa Grande e Areia. O levantamento das informações foi realizado utilizando o método participativo, tendo como instrumento de pesquisa a entrevista semiestruturada, norteadas por um roteiro previamente elaborado. Durante as entrevistas, 100% dos agricultores responderam que cultivam a fava consorciada com outras culturas; 24% utilizam a tração animal (bovino) para preparar o solo (aração), enquanto 44% fazem uso de maquinaria (trator), 20% manual (enxada) e 12% utilizam a queima da vegetação e resíduos. Foi verificado que diversas variedades de fava são cultivadas, porém as quatro principais são orelha de vó, branquinha, cara larga e raio de sol. Nos municípios estudados, a fava é cultivada exclusivamente em agroecossistemas familiares. Os sistemas de produção no estado da Paraíba podem ser melhorados por meio de uma maior valorização da cultura e da introdução de práticas de manejo sustentáveis.

**Palavras-chave:** *Phaseolus lunatus*, entrevista, cultivo, agricultura familiar

## ABSTRACT

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Diagnosis of lima bean production system in the main producing regions of the State of Paraíba.** Areia - PB, CCA, UFPB, November 2015. 110 l. Thesis. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof. Djail Santos, PhD.

Lima bean is a crop of expressive production in Brazil, mainly in the Northeast, and the state of Paraíba is its larger producer. However, there is very few information about this species, which demands research on its cultivation, especially in family farming agroecosystems. The objective of this study was to characterize the main cropping systems and to survey the lima bean varieties used in the main producing regions of the State of Paraíba, using methodological tools. The diagnosis of the lima bean cropping systems was carried out in the municipalities of Queimadas, Massaranduba, Alagoa Grande and Areia. The information was collected using the participatory method, through the semi-structured interview research tool, guided by a previously prepared script. During the interviews, 100% of the farmers answered that they cultivate lima bean intercropped with other crops; 24% use animal traction (ox) to plow the soil, while 44% use machinery (tractor), 20% do it manually using a hoe, and 12% prepare the soil by burning. It was verified that several lima bean varieties are cultivated, but the four main ones are “orelha de vó”, “branquinha”, “cara larga” and “raio de sol”. In all the four municipalities lima bean is cropped exclusively in family farming agroecosystems. The lima bean production systems in the state of Paraíba can be improved through both greater appreciation of the crop species and the introduction of sustainable management practices.

**Keywords:** *Phaseolus lunatus*, interview, cropping, family farming

## INTRODUÇÃO

Nos agroecossistemas familiares o uso dos solos é bastante diversificado, sendo o principal o consórcio de culturas alimentícias como feijão, milho, mandioca e fava. A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma cultura de expressiva produção no Brasil, sendo o estado da Paraíba o maior produtor. No ano de 2013 a produção de fava no Brasil foi de 7.957 toneladas de grãos provenientes de 23.469 ha; destes, 4.421 toneladas foram produzidas em 9.437 ha na Paraíba (IBGE, 2013).

Apesar de a Paraíba ser o maior produtor de fava do país, são poucas as pesquisas com essa cultura, muitas vezes pela própria falta de conhecimento e até mesmo por ser uma cultura que possui uma menor tradição de consumo quando comparado com o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*). Diante disto, há a necessidade de se pesquisar sobre a cultura nos agroecossistemas familiares avaliando a capacidade dos solos em viabilizar a produção dessa cultura no presente e no futuro, uma vez que os agricultores vêm utilizando os mesmos por muitos anos.

Neste sentido, o Diagnóstico Rápido Participativo – DRP é uma metodologia que permite o levantamento de informações, possibilitando o conhecimento coletivo da realidade da comunidade sob o ponto de vista de seus membros podendo promover a reflexão sobre a situação atual e a visualização de cenários futuros (VERDEJO, 2006). A entrevista semiestruturada é uma técnica de DRP orientada por roteiro que permite o levantamento das informações-chave da pesquisa como também, o surgimento de informações não previstas no diagnóstico (RIBEIRO et al., 1997).

Objetivou-se com o estudo caracterizar os sistemas de cultivo predominantes e levantar as variedades cultivadas de fava nos municípios que se destacam como maiores produtores do estado da Paraíba, utilizando-se de ferramentas metodológicas.

## 1. MATERIAL E MÉTODOS

O diagnóstico do sistema de cultivo de fava foi realizado em propriedades agrícolas nos municípios de Queimadas, Massaranduba, Alagoa Grande e Areia, estado da Paraíba. A escolha dos três primeiros municípios foi realizada com base nos dados do IBGE (2011) que coloca esses municípios nas primeiras posições do ranking de produção de fava do Estado. Adicionalmente, o município de Areia foi escolhido por possuir áreas com condições climáticas favoráveis ao cultivo de fava e por apresentar rendimento da cultura superior aos demais municípios (IBGE, 2006). Em cada município foi realizada uma amostragem de dez agricultores familiares que cultivam a fava há pelo menos 2 anos. A seleção dos agricultores foi realizada em parceria com técnicos da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-PARAÍBA) de cada município.

O levantamento das informações foi realizado utilizando o método participativo, tendo como instrumento de pesquisa a entrevista semiestruturada, norteada por um roteiro adaptado de Cardoso et al. (2009) (Apêndice). Durante as entrevistas (conversa informal no campo) foi valorizado o conhecimento popular, levando-se em consideração os recursos locais e nativos e as experiências adotadas para o cultivo da fava e o manejo do solo. O tempo necessário para conversar com o agricultor dependeu da particularidade de cada um, pois cada um possui uma característica de comunicação. Sendo assim, as entrevistas duraram entre 30 e 60 minutos.

O resultado desse diagnóstico consiste em uma orientação, pois cada diagnóstico representa uma etapa de reconstrução dos conhecimentos acumulados e um exercício de escuta, de observação e de síntese, servindo de estímulo à reflexão crítica e pessoal, visando também orientações técnicas futuras. Posteriormente, esses resultados serão socializados com as comunidades e com a sua concessão, será disponibilizado para os órgãos que prestam assistência técnica em cada município.

Para caracterizar os sistemas de cultivo e levantar as variedades de fava mais cultivadas em cada município, foi realizada a sistematização das informações obtidas por meio das entrevistas. Os dados foram avaliados quantitativamente pelo método da estatística descritiva e qualitativamente pelo método da distribuição de frequência.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização dos sistemas de cultivo de fava

#### 3.1.1 Consórcio

As áreas agrícolas da maioria dos municípios do Nordeste brasileiro são ocupadas principalmente com a agricultura familiar. Segundo dados do IBGE, Censo da Agricultura Familiar (2006), 92,7% do total de estabelecimentos rurais dessa região pertencem ao segmento da agricultura familiar. Uma das principais características da agricultura familiar é a diversidade de culturas que aperfeiçoa o espaço produzido contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da família, assim como, para o aumento da renda. Nesse sentido, Pessoa e Carvalho (2013) conceituam a agricultura familiar como uma categoria social genérica, capaz de abarcar a diversidade presente no campo.

A prática do consórcio é uma estratégia que vem sendo utilizada pelos agricultores familiares de geração em geração. Durante as entrevistas, 100% dos agricultores responderam que cultivam a fava consorciada com outras culturas. Essa prática é utilizada no cultivo das variedades de fava que possuem crescimento indeterminado, ou seja, necessitam de um tutor para orientar seu crescimento. Nos quatro municípios da pesquisa o milho é sempre a primeira opção de tutor para a fava, além de ser uma fonte de alimentação humana e animal. Além do milho, o feijão é cultivado entre as fileiras do consórcio fava/milho, mas só é realizado em algumas áreas quando a previsão de precipitação é favorável para o seu cultivo.

Para a fava, o espaçamento normalmente utilizado é de  $1,00 \times 0,50$  m (NOBRE e BRANDÃO JÚNIOR, 2011). No entanto, foi verificado por meio das entrevistas que cada agricultor adota um espaçamento. O espaçamento mais usado pelos agricultores no município de Alagoa Grande é de  $2,00 \times 0,80$  m, enquanto em Areia é de  $1,10 \times 0,40$  m, em Queimadas de  $2,00 \times 1,00$  m e em Massaranduba de  $1,50 \times 0,80$  m. Foi constatado que no município de Areia a população de plantas é maior, provavelmente devido a microrregião (Brejo) apresentar temperatura e precipitação média anual em torno de  $26^\circ\text{C}$  e 900 mm, respectivamente (INMET, 2014), condição climática que permite aos agricultores aproveitar melhor a área no que diz respeito a maior stand de plantas e, conseqüentemente, obter um maior rendimento da cultura (Ver tópico 3.3).

### 3.1.2 Preparo do solo

O preparo do solo é feito com tração mecânica ou animal. Dos agricultores entrevistados 44% usam trator (gradagem). 24% utilizam tração animal (aração), enquanto 20% usam enxada, enquanto um grupo de 12% realiza a prática da queima. O preparo usando a queima não é recomendado pelos riscos que pode causar às famílias e ao ambiente (ANDRADE, 2011).

### 3.1.3 Época de semeadura

Em cada município, a época de semeadura está diretamente relacionada com o início das chuvas e todos os agricultores entrevistados cultivam a fava em sistema de sequeiro (dependente totalmente da água das chuvas). Como o início do período chuvoso varia de município para município, no quadro 1 é apresentado a época (mês) de semeadura da fava em cada município pesquisado. Foi observado que existe uma tolerância para o início da semeadura em anos de precipitação irregular e que em anos de estiagem não há semeadura, pois nenhum dos entrevistados utiliza sistema de irrigação.

Quanto ao número de plantas por cova, foi observado que 100% dos agricultores permitem que todas as sementes germinadas se desenvolvam, ou seja, eles não realizam desbaste, o que contribui para a baixa produtividade, devido à competição.

**Quadro 1.** Época de semeadura da fava nos municípios de Alagoa Grande, Areia, Queimadas e Massaranduba de acordo com a precipitação.

Município	Precipitação	
	Regular	Irregular
	----- Meses -----	
Alagoa Grande	março a abril	maio a junho
Areia	fevereiro a março	abril a maio
Massaranduba	março a abril	maio a julho
Queimadas	março a abril	maio a junho

### **3.1.4 Sequência de semeadura de fava na mesma área**

A prática de rotação de áreas ou sistema de pousio não foi identificada entre os agricultores entrevistados, mas existe a particularidade de abandono de áreas após o cultivo, ou seja, a área não é mais utilizada para cultivo de fava, em qualquer tempo. Além disso, 50% dos agricultores cultivam mais de cinco ciclos de fava na mesma área nos municípios de Alagoa Grande, Massaranduba e Queimadas. Essa prática pode estar diretamente relacionada com as práticas adotadas no manejo do solo, a qual pode estar oferecendo condições favoráveis à fertilidade, possibilitando produção satisfatória ao longo dos anos. Em Areia, foram identificados agricultores que cultivam a fava apenas uma vez em cada área, devido as práticas utilizadas nessas áreas estarem afetando a fertilidade do solo.

### **3.1.5 Manejo do solo**

Os agricultores familiares utilizam a estratégia de escolha da melhor área para o cultivo da fava levando em consideração principalmente as condições físicas (textura do solo) e o relevo (menos acidentado). Segundo Vieira (1992), a fava se adéqua melhor em solo areno-argiloso, fértil e bem drenado, tendo bom rendimento a valores de pH entre 5,6 e 6,8. Embora seja necessário antes da semeadura realizar análise de solo para garantir a sustentabilidade do sistema, nenhum dos agricultores entrevistados realiza esse tipo de análise, ou seja, cultivam a fava sem nenhuma informação sobre as condições do solo. Portanto, 100% dos agricultores apresentaram interesse em realizar tal análise, quando informados sobre a sua importância, mas dependem de incentivo e recursos financeiros a essa adoção.

Mesmo sem as informações necessárias para realizar uma adubação balanceada, a maioria dos agricultores entrevistados (82%) realiza adubação através da prática de incorporação de restos culturais e de esterco bovino via pastejo. O pastejo é realizado após a colheita dos grãos secos da fava, com taxa de lotação média de 4 unidade animal ha<sup>-1</sup> (U.A. ha<sup>-1</sup>) durante um período de 30 dias. De acordo com Alves e Lima (2010), o esterco produzido por 1 U.A. de bovino é de 3,16 kg dia<sup>-1</sup>.

Levando em consideração que muitos agricultores cultivam a fava por muitos anos em sequência na mesma área e que, nas regiões produtoras, devido às condições climáticas, há favorecimento da redução da fertilidade dos solos, via transporte de nutrientes (erosão superficial). Os solos dessas áreas provavelmente necessitam de algum tipo de adubação.

No entanto, apesar da maioria dos agricultores manter os restos culturais e o pastejo em suas áreas, é necessário informações sobre a condição atual do solo para que essas sejam realizadas com critério, já que segundo Galvão e Salcedo (2009), o uso de esterco por muitos anos pode acarretar em imobilização do fósforo no solo, impossibilitando a planta de absorvê-lo.

Por outro lado, uma prática que atenua a perda de nutrientes via erosão superficial é o cultivo em nível (“cortando as águas”). Essa prática tem sido utilizada por 75% dos agricultores entrevistados, conforme pode ser verificado em campo.

### **3.1.6 Sementes**

As sementes utilizadas pelas famílias são armazenadas a cada ano em bancos de sementes familiares, ou seja, cada família armazena a sua semente, selecionada pelo tamanho, para o cultivo do ano seguinte. Os recipientes onde as sementes são armazenadas variam de família para família, podendo ser em silos de zinco (54%) ou em garrafas PET (46%). A estratégia de armazenar as sementes vem sendo exercida de geração em geração, podendo o material genético de alguns agricultores já ter mais de 50 anos, conforme relatos dos agricultores. Essa é uma prática que garante o cultivo no tempo certo, pois existe a confiança no poder de germinação e vigor da semente. Mesmo tendo demanda no mercado para a compra do produto, os agricultores afirmam que não vendem a semente, sob pena de faltar para a próxima semeadura.

O número de sementes que os agricultores semeiam por cova não é uniforme. A maioria (87%) dos agricultores semeia duas sementes por cova, independente da variedade. No geral, eles afirmam que: “pelo menos uma semente germina e a planta se desenvolve bem”. No entanto, quando as duas sementes germinam, estas são deixadas até o ciclo final da cultura.

### **3.1.7 Variedades cultivadas**

Foi verificado durante as entrevistas o cultivo de diversas variedades de fava, porém as quatro mais cultivadas são: orelha de vó (78%), branquinha (46%), cara larga (28%) e raio de sol (20%). O cultivo dessas variedades está relacionado com a demanda do mercado por apresentarem características favoráveis aos consumidores, sendo também apreciadas pelos próprios agricultores familiares. As variedades roxinha e coquinho são

cultivadas apenas para o consumo de algumas famílias, por não agradarem os consumidores externos.

A variedade orelha de vó é cultivada nos quatro municípios pesquisados, enquanto que as variedades branquinha e raio de sol são cultivadas nos municípios de Alagoa Grande, Areia e Queimadas e a variedade cara larga é cultivada em Areia e Massaranduba.

### **3.1.8 Manejo de pragas**

Durante as entrevistas foi citada pelos agricultores apenas uma praga que ataca a cultura da fava em todos os municípios pesquisados, a lagarta das vagens (*Etiella zinchenella*). A lagarta se alimenta das vagens e dos grãos, causando queda na produção. Dos agricultores entrevistados, 90% controlam a lagarta com o uso de carrapaticida concentrado, caracterizando uma prática não recomendada, visto não ser um produto recomendado.

### **3.1.9 Colheita**

A colheita da fava ocorre de duas formas: fava em grãos verdes e fava em grãos secos. Todos os agricultores colhem a fava nos dois estágios de maturação. Os meses em que se concentram as duas colheitas por município são descritos no quadro 2, levando em consideração um ano de precipitação regular. A maioria dos agricultores (68%) colhe a fava quando ela encontra-se seca em maior quantidade, por ser mais aceita no mercado, e por ter a vantagem de ser armazenada, e comercializada por um valor mais alto, no período da entressafra. Apenas 32% dos agricultores entrevistados colhem a fava verde em maior quantidade devido a maior demanda no mercado local.

Para prevenir o ataque do caruncho (*Zabrotes subfasciatus*), praga de armazenamento, 23% dos agricultores utilizam comprimidos à base de fosfina, 46% utilizam areia para tampar as garrafas, contendo pimenta do reino e cinzas, e 31% não utilizam nenhum método de controle.

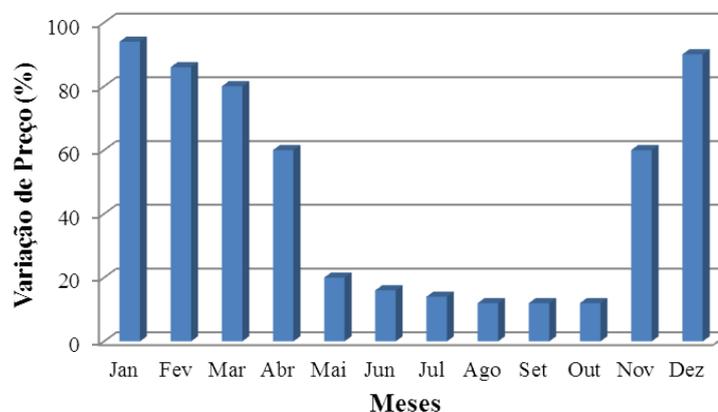
Após a colheita da fava, 82% dos agricultores introduzem animais (gado bovino) nas áreas para pastar em média durante 30 dias. Na época da semeadura, os agricultores realizam uma limpa no material que ainda fica no solo após o pastejo, o qual é incorporado ao solo com o uso da tração animal (24%) ou de trator (44%).

**Quadro 2.** Época de colheita da fava em grãos verdes e secos nos municípios pesquisados.

Município	Grãos verdes	Grãos secos
	Mês de colheita	
Alagoa Grande	Junho	Agosto
Areia	Maio	Agosto
Massaranduba	Julho	Outubro
Queimadas	Julho	Outubro

### 3.2 Comercialização

A comercialização da fava acontece nas feiras livres, por meio de atravessadores e empresários de estabelecimentos alimentícios. Relato de 80% dos agricultores indicam que a fava produzida em suas áreas é comercializada e 20% utilizam a fava preferencialmente para o consumo da família. Considerando a variação dos preços de fava no mercado (Figura 1), a maior parte dos agricultores considerou que no período entre maio e outubro ocorrem os menores preços em razão da maior oferta. Por outro lado, o período entre novembro e abril caracteriza-se como o de maior preço, segundo os entrevistados. Durante o período da safra de 2013 os agricultores comercializaram a saca de fava (60 kg) a R\$ 500,00 e durante a entressafra do mesmo ano a saca foi comercializada a R\$ 900,00, apresentando um acréscimo de 80% no valor. Por essa razão, muitos agricultores estrategicamente armazenam uma parte considerável da produção para comercializar durante a entressafra.

**Figura 1.** Comportamento da variação de preço de fava durante o ano de 2013 no estado da Paraíba.

### 3.3 Rendimento

De acordo com dados do IBGE (2006) os municípios de Areia, Massaranduba e Alagoa Grande apresentaram maiores produtividades, de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $560 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, comparadas com a produtividade de Queimadas ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e com a média nacional ( $477 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Essa maior produtividade nos municípios citados pode ser devido às condições climáticas locais, assim como ao espaçamento adotado pelos agricultores (ver tópico 3.1.1). O rendimento de uma lavoura pode ser afetado pelo espaçamento entre linhas de semeadura e o número de plantas na linha (SILVA e SILVA, 2005).

De acordo com os dados fornecidos pelos agricultores, o rendimento médio da fava no ano da pesquisa foi de  $660 \text{ kg ha}^{-1}$  em Alagoa Grande,  $540 \text{ kg ha}^{-1}$  em Areia,  $540 \text{ kg ha}^{-1}$  em Massaranduba e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  em Queimadas.

### 3. CONCLUSÕES

- 1) A fava é cultivada exclusivamente em agroecossistemas familiares no estado da Paraíba, mostrando o caráter de pequena produção;
- 2) O sistema de cultivo de fava é semelhante nos municípios com mais expressividade desse cultivo em termos de variedades cultivadas e consórcio adotado;
- 3) A prática da adubação não é adotada pelos agricultores produtores de fava pesquisados no estado da Paraíba;
- 4) Orelha de vó, branquinha, cara larga e raio de sol são as variedades de fava mais cultivadas nos municípios pesquisados neste estudo.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.L. Agricultura familiar na região Nordeste. Programa de Pós-graduação em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais. Escola Nacional de Ciências Estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resumos**. Rio de Janeiro, 2011.

ALVES, B.; LIMA, M. “Critérios do IPCC para o inventário de GEEs, e os resultados das pesquisas realizadas no Brasil sobre emissões e remoções desses gases pela bovinocultura”. Expozebu, 76. Uberaba, 2010. **EMBRAPA**. Disponível em: <<http://cnpq.org.br>>. Acesso em julho de 2015.

CARDOSO, C.E.L. Zoneamento agrícola e diagnóstico do sistema de produção para a cultura da mandioca em municípios de microrregiões baianas visando atendimento a indústria de amido. EMBRAPA, Cruz das Almas. 2009. 85p.

GALVÃO, S.R. da S; SALCEDO, I.H. Soil phosphorus fractions in sandy soils amended with cattle manure for long periods. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:613-622, 2009.

IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 2006. 777p.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, v.38, p.1-97, 2013.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2014. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em julho de 2015.

NOBRE, D.A.C; BRANDÃO JÚNIOR, D.S. Feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Grupo Cultivar**, 2011. Disponível em: < <http://www.grupocultivar.com.br>>. Acesso em julho de 2015.

PESSOA, D.O.; CARVALHO, C.X. A agricultura familiar no Nordeste brasileiro e a evolução do crédito do Pronaf. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e

Sociologia Rural, 8., Nordeste 2013. **Anais...** Pluralidades Econômicas, Sociais e Ambientais: interações para reinventar o Nordeste Rural Parnaíba – PI. UFPI. 20p.

RIBEIRO, M.F.S.; et al. Métodos e técnicas de diagnóstico de sistema de produção. In: **Enfoque sistêmico em P&D: A experiência metodológica do IAPAR**. Circular, Londrina: IAPAR, 97. p.57-79. 1997. (Circular, 97).

SILVA, J.G.; SILVA, C.C. Cultivo do feijão irrigado na região Noroeste de Minas Gerais. Embrapa Arroz e Feijão. **Sistemas de Produção**, 5. Versão eletrônica, 2005. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em julho 2015.

VERDEJO, M.E. **Diagnóstico rural participativo: guia prático DRP**. Brasília: MDA/ Secretaria da Agricultura Familiar, 2006. 62p.

VIEIRA, R.F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**,16:30-37, 1992.

**Capítulo II**  
**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE SOLOS SOB CULTIVO**  
**CONSORCIADO DE FAVA EM AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NO**  
**AGRESTE PARAIBANO**

## RESUMO

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Atributos químicos, físicos e biológicos de solos sob cultivo consorciado de fava em agroecossistemas familiares no Agreste paraibano.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Novembro de 2015. 110 p.il. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Djail Santos.

São necessários estudos que permitam entender as alterações ocasionadas pelo tipo e intensidade do manejo adotado ao longo dos anos. Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo em áreas de agricultura familiar exploradas com o consórcio fava/milho em Argissolo e Vertissolo no Agreste da Paraíba. As áreas de estudo são localizadas em agroecossistemas familiares com produção de fava consorciada com milho e feijão em áreas originalmente sob vegetação nativa. Para analisar os atributos do solo foi realizada a coleta de material solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em cinco sistemas no Argissolo, sendo: vegetação nativa (VN1), campo sujo (CS1), consórcio fava/milho, 1 ano (CFM1), consórcio fava/milho, 2 anos (CFM2), e consórcio fava/milho, 3 anos (CFM3); e quatro sistemas no Vertissolo, sendo: vegetação nativa (VN2), campo sujo (CS2), consórcio fava/milho, 4 anos (CFM4), e consórcio fava/milho, 40 anos (CFM40). A densidade do solo foi superior nos sistemas CS1, CFM1 e CFM2 em relação ao VN1 na camada de 0-5 cm no Argissolo. No Vertissolo, os sistemas de uso e manejo não promoveram alteração significativa na densidade do solo em relação a VN2, mas houve um aumento de 5% no sistema CFM40 em relação à VN2 apresentando valores de 1,75 e 1,69 kg dm<sup>-3</sup>. No Argissolo, houve aumento da acidez do solo quando a vegetação natural foi substituída pelos cultivos sucessivos nas três profundidades. No Vertissolo, houve aumento da acidez do solo no sistema CS2 nas camadas de 5-10 e 10-20 cm e no sistema CFM4, na camada de 10-20 cm, comparados ao sistema VN2. A atividade enzimática total (AET) no Argissolo foi menor nos sistemas CS1, CFM1, CFM2 e CFM3 em comparação a VN1, na camada de 0-5 cm. No Vertissolo, a AET diminuiu nos sistemas CFM4 e CFM40 em relação à VN2, na camada de 0-5 cm, devido às condições favoráveis a maior conservação da umidade no sistema VN2. Os atributos físicos mais sensíveis a alterações no uso do solo no Argissolo foram densidade e estabilidade de agregados, na camada 0-5 cm; enquanto no Vertissolo os atributos mais sensíveis foram diâmetro médio ponderado de agregado úmido e estabilidade de agregados, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm.

Os atributos químicos avaliados que sofreram maiores alterações pelo uso do solo em Argissolo foram pH, fósforo, potássio, cálcio, carbono orgânico total, além do estoque de carbono. No Vertissolo, as maiores alterações foram verificadas para pH, sódio, magnésio, CTC, carbono orgânico total e estoque de carbono. Os atributos biológicos que se mostraram mais sensíveis a alterações no Argissolo foram atividade enzimática total, atividade da  $\beta$ -glicosidase, atividade da fosfatase ácida, respiração do solo e o quociente metabólico enquanto no Vertissolo a atividade da  $\beta$ -glicosidase e a atividade da fosfatase ácida foram as mais sensíveis às alterações induzidas pelos sistemas de manejo.

**Palavras-chave:** *Phaseolus lunatus*, manejo do solo, consórcio, agricultura familiar

## ABSTRACT

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Soil chemical, physical and biological properties under lima bean intercropping in family farming agroecosystems in the Agreste of Paraíba.** Areia - PB, CCA, UFPB, November 2015. 110 l. Thesis. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof. Dr. Djail Santos, PhD.

Studies are necessary to understand the changes in soil attributes as a result of the type and intensity of management adopted over the years. The objective of this work was to evaluate the soil chemical, physical and biological attributes in areas of family farming under lima bean / maize intercropping in Argisol and Vertisol in the Agreste of Paraíba. The study areas are located in family farming agroecosystems with lima bean intercropped with maize and broad beans in areas previously under native vegetation. In order to analyze the soil attributes, soil materials were collected in the depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm, in five soil use and management systems in the Argisol: native vegetation (VN1), “campo sujo” (CS1), 1- year intercropping lima bean-maize (CFM1) 2- year intercropping lima bean-maize (CFM2), 3- year intercropping lima bean-maize (CFM3); and four land use and management systems in the Vertisol: native vegetation (VN2), “campo sujo” (CS2), 4- year intercropping lima bean-maize-dry beans (CFM4), and 40- year intercropping lima bean-maize-dry beans (CFM40). In the Argisol, bulk density (BD) values were higher in the CS1, CFM1 and CFM2 systems than in the VN1, at the 0-5 cm depth. In the Vertisol, there were no significant changes in BD in the land use and management systems in relation to VN2, but there was a 5% increase in BD values the CFM40 ( $1.75 \text{ kg dm}^{-3}$ ) as compared to VN2 ( $1.69 \text{ kg dm}^{-3}$ ). Soil acidity increased at three depths in the Argisol when natural vegetation was replaced by successive crops, while in the Vertisol there was an increase in soil acidity in the CS2 system, in the layers of 5-10 and 10-20 cm, and in the CFM4 system, in the 10-20 cm layer, compared to the VN2 system. In the Argisol, total enzyme activity (TEA) was lower in CS1, CFM1, CFM2 and CFM3 systems compared to VN1 at 0-5 cm depth. In the Vertisol, TEA decreased in CFM4 and CFM40 systems compared to VN2 at 0-5 cm depth, due to the more favorable conditions to maintain soil water contents in the VN2 system. The most sensitive physical attributes in the Argisol were bulk density and aggregate stability at the 0-5 cm depth, while in the Vertisol the most sensitive ones were mean weight diameter (wet aggregates)

and aggregate stability at 0-5 and 5-10 cm depths. Chemical attributes such as pH, phosphorus, exchangeable potassium and calcium, total organic carbon, and carbon stock were affected by the use of soil to a greater extent in the Argisol. In the Vertisol, the greatest changes were verified for pH, exchangeable sodium and magnesium, CEC, total organic carbon, and carbon stock. The biological attributes that were most sensitive to changes in the Argisol were total enzymatic,  $\beta$ -glucosidase, and acid phosphatase activities; soil respiration and metabolic quotient. In the Vertisol activity of  $\beta$ -glucosidase and acid phosphatase activities were the most sensitive to changes induced by soil use and management systems.

**Keywords:** *Phaseolus lunatus*, soil management, intercropping, family farming

## 1. INTRODUÇÃO

No Agreste da Paraíba, o desmatamento da vegetação nativa, incluindo as queimadas e os sucessivos cultivos na mesma área ao longo dos anos induziu uma pressão intensa sobre os recursos naturais dificultando a reconstituição da fertilidade (SABOURIN, 1999). A atividade antrópica e a respectiva alteração nos ecossistemas naturais tornaram os agroecossistemas foco de diferentes reflexões e análises (Gliessman, 2009), principalmente as alterações que ocorrem em atributos químicos, físicos e biológicos dos solos decorrentes do manejo adotado e pela introdução e/ou substituição de culturas em áreas de vegetação nativa (CRUZ et al., 2014; MARCHIORI JÚNIOR e MELO, 2000; OLIVEIRA et al., 2014; SOUSA NETO et al., 2014).

Nessa região, com predominância do bioma Caatinga, as alterações podem ser ainda mais severas levando em consideração a fragilidade do sistema e o uso pouco racional a que os solos foram submetidos (JACOMINE, 2002). Nesse cenário, vale destacar o cultivo em consórcios e a incorporação de esterco via pastejo, duas práticas largamente utilizadas em agroecossistemas familiares dessa região que podem contribuir para manter e até mesmo melhorar as condições dos atributos dos solos (COELHO et al., 2013; CHIEZA et al., 2013; SILVA e MENEZES, 2007). No entanto, a prática da agricultura intinerante (corte e queima) também está presente nessa região e, por isso, os abandonos de áreas após alguns anos de cultivo são verificados (SABOURIN, 1999), devido a redução da fertilidade dos solos pelas culturas.

Para inferir sobre o impacto de práticas de manejo sobre a qualidade do solo, recomenda-se a avaliação de indicadores químicos, físicos e biológicos, levando-se em consideração a complexidade de suas inter-relações (CARNEIRO et al., 2009), é necessário a realização de estudos que permitam entender o comportamento dos solos, assim como as mudanças advindas do manejo adotado ao longo dos anos de uso.

A avaliação dos atributos do solo que estimam a sua qualidade assume importante papel no monitoramento de sua conservação, sob pena da degradação do solo comprometer irreversivelmente a sustentabilidade dos agroecossistemas (CARDOSO et al., 2011). Assim, é necessária a avaliação em conjunto dos atributos químicos, físicos e biológicos dos solos que irão indicar as condições necessárias para o crescimento e desenvolvimento das culturas.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo em áreas de agricultura familiar exploradas com o consórcio fava/feijão/milho em duas classes de solo no Agreste da Paraíba.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no ano de 2013 na microrregião do Agreste da Paraíba em dois solos classificados como Argissolo Amarelo Distrófico típico e Vertissolo Ebânico Órtico típico. O Argissolo está localizado no município de Areia sob coordenadas 25M 0202443 UTM 9237538, possui textura franco argilo-arenosa, relevo ondulado, sob clima tipo tropical chuvoso com verão seco (KÖPPEN, 1931). O Vertissolo está localizado no município de Queimadas sob coordenadas 25M 0182962 UTM9191362, com textura franco-argilosa, relevo suave ondulado, sob clima tropical semiárido com chuvas de verão (KÖPPEN, 1931). O estudo foi realizado em áreas de agroecossistemas familiares com produção de fava consorciada com milho, em substituição à vegetação natural. O histórico e descrição dos sistemas de uso e manejo das áreas de estudo nos dois solos estudados é apresentado no quadro 1.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo cinco parcelas (áreas) no Argissolo e quatro no Vertissolo cada uma medindo 800 m<sup>2</sup>, divididas em quadrantes de 200 m<sup>2</sup>. As subparcelas foram constituídas pelas três camadas de coleta de solo: 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade. A coleta do solo procedeu-se dentro de cada quadrante com a abertura de 10 trincheiras (cinco dentro das covas de fava/milho e cinco fora das covas) de 20 cm de profundidade, em sistema de zig-zag, distanciadas em 2 m. Em cada trincheira foram coletadas as amostras simples de cada camada, conforme esquematizado na Figura 1.

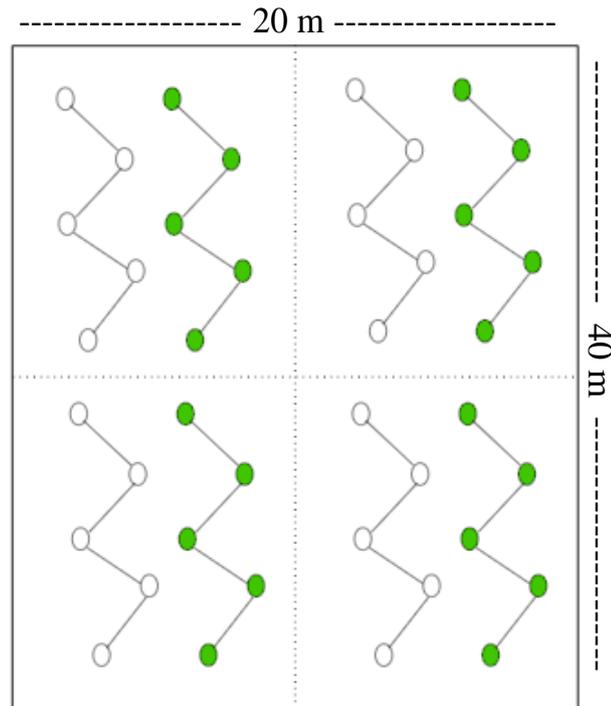
As amostras simples foram homogeneizadas para formar uma amostra composta por quadrante e profundidade, totalizando quatro amostras compostas por profundidade (repetições). De cada amostra composta, foram retiradas porções de 2,0 kg de solo para realização das análises físicas e químicas e 0,5 kg para análises biológicas. As porções de solo separadas para análises biológicas foram, no campo, armazenadas em recipiente térmico e transportadas para o laboratório.

As amostras de solos foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm para proceder as análises químicas de fertilidade e de física do solo. Para analisar o diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) e a estabilidade de agregados (EA) as amostras foram passadas em peneira com malha de 9,52 mm e secas ao ar. As amostras para analisar os indicadores biológicos foram passadas em peneira com malha de 2 mm e, com o auxílio

de uma pinça, foi retirado o material vegetal presente nas amostras. Em seguida, as amostras foram armazenadas em BOD a  $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  até a realização das análises.

**Quadro 1.** Histórico e descrição das áreas estudadas nos solos: Argissolo Amarelo e Vertissolo Ebânico.

Sistema de uso e manejo do solo	Descrição
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico (Areia-PB)</b>	
Vegetação nativa (VN1)	Área de Caatinga Hiperxerófila, com vegetação composta principalmente por juazeiro ( <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart), catingueira ( <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tui.), angico ( <i>Anadenanthera colubrina</i> ), braúna ( <i>Schinopsis brasiliensis</i> ), cajazeira ( <i>Spondias mombin</i> ), mororó ( <i>Bauhinia forficata</i> ). Reserva Legal.
Campo sujo (CS1)	Área de (1 há) que se encontra em processo de regeneração natural há mais de 8 anos. É uma área que foi desmatada, em seguida cultivada com cana-de-açúcar por 4 anos e posteriormente cultivada com fava, milho e feijão por 2 anos. Após esses cultivos, a área foi abandonada e se encontra em processo de recuperação da vegetação natural, considerada como campo sujo; com predomínio do capim milhã ( <i>Brachiaria plantaginea</i> ) e do capim amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> ).
Consórcio fava/milho/feijão macassar com 1 ano de cultivo (CFM1)	Área (0,5 ha) no primeiro ano de cultivo do consórcio: fava (variedade Orelha de vó), milho (variedade crioulo) e feijão macassar em espaçamento 1,00 × 0,40 m. Antes do plantio a área era coberta por mata. O preparo da área foi feito por meio de corte da vegetação e queima dos restos vegetais. Nessa área não há adição de adubo (orgânico ou mineral) e após a colheita, o agricultor não solta os animais para pastar na área.
Consórcio fava/milho/feijão com 2 anos de cultivo consecutivo (CFM2)	Área (1 ha) com dois anos de cultivos consecutivos do consórcio: fava (orelha de vó), milho (crioulo) e feijão macassar, em espaçamento 1,00 × 0,40 m. Antes do plantio a área era composta por mata que foi desmatada, sendo utilizados alguns subprodutos (lenha, varas, estacas), e em seguida a queima do restante do material. Não foi realizada nenhuma adubação na área. Após a colheita o agricultor não solta os animais na área para pastar.
Consórcio fava/milho/feijão com 3 anos de cultivo consecutivos (CFM3)	Área (0,5 ha) cultivada há 3 anos com o consórcio: fava (orelha de vó), milho e feijão macassar com espaçamento de 1,20 × 0,80 m. Antes do primeiro cultivo, a área era coberta por mata. Foi realizado o corte da vegetação presente, em seguida a queima dos restos vegetais. Não é utilizado na área nenhum tipo de adubo. Após a colheita, o agricultor solta os animais (gado bovino) na área para pastar.
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico (Queimadas-PB)</b>	
Vegetação Nativa (VN2)	Área de vegetação tipo Caatinga Hiperxerófila, composta principalmente por juazeiro ( <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart), catingueira ( <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tui.), braúna ( <i>Schinopsis brasiliensis</i> ), quixabeira ( <i>Sideroxylon obtusifolium</i> ), jurema branca ( <i>Chloroleucon tortum</i> ), aroeira ( <i>Schinus terebinthifolius</i> ), aveloz ( <i>Euphorbia tirucalli</i> ) umburana ( <i>Commiphora leptophloeos</i> ). Reserva Legal.
Campo Sujo (CS2)	Área (5 ha) de capoeira rala com 8 anos que não tem cultivo de fava. Essa área foi cultivada com fava, milho e feijão por 10 anos, mas foi abandonada. Presença predominante de capim amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> ).
Consórcio fava/milho/feijão com 4 anos de cultivo consecutivos (CFM4)	Área (25 ha) cultivada com fava (orelha de vó), milho e feijão carioca e macassar há 4 anos. Antes dos cultivos o solo era coberto por vegetação natural (mata). Foi realizado o corte da vegetação e queima dos restos vegetais em seguida um corte com o trator para revirar o solo e por fim o plantio utilizando o cultivador com tração animal. O espaçamento utilizado é de 2,00 × 1,00 m. No espaçamento entre as fileiras (2,00 m) é cultivado o feijão carioca e após a sua colheita realiza-se a semeadura do feijão macassar. Após a colheita da fava (aos 150 dias) animais são introduzidos na área para pastar.
Consórcio fava/milho/feijão com 40 anos de cultivo consecutivos (CFM40)	Área (70 ha) cultivada há 40 anos com fava (orelha de vó), milho e feijão carioca e macassar. Antes dos cultivos o solo era coberto por vegetação natural (mata). Foi realizado o corte da vegetação e em seguida a queima dos restos vegetais. Para preparar o solo é realizada a queima dos restos culturais do cultivo anterior, em seguida um corte com o trator para revirar o solo e por fim o plantio utilizando o cultivador com tração animal. O espaçamento utilizado é de 2,00 × 1,00 m. Após a colheita da fava (aos 150 dias) animais são introduzidos na área para pastar.



**Figura 1.** Esquema representativo de amostragem de solo em uma área (800 m<sup>2</sup>).

- = abertura da trincheira fora da cova  
 ● = abertura da trincheira dentro da cova  
 — = distância entre mini perfis (2 m)

Os atributos químicos avaliados foram pH, fósforo disponível (P), potássio disponível (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) e carbono orgânico total (COT), determinados conforme metodologia da Embrapa (1997). Os atributos físicos e biológicos e os respectivos métodos de determinação são apresentados no quadro 2.

O estoque de carbono no solo foi calculado pela expressão (VELDKAMP, 1994):

$$EC = (COT \times Ds \times e)/10$$

Onde:

EC = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha<sup>-1</sup>)

COT = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg<sup>-1</sup>)

Ds = densidade do solo da profundidade (kg dm<sup>-3</sup>)

e = espessura da camada considerada (cm)

**Quadro 2.** Atributos físicos e biológicos e os respectivos métodos de determinação.

<b>Atributo</b>	<b>Método</b>	<b>Referências</b>
<b>Físicos</b>		
Densidade do solo	Torrão parafinado	Embrapa (1997)
Porosidade total	$Pt = (1 - D_s / D_p)$	Embrapa (1997)
Grau de flocculação (Gf)	$Gf = (Argila\ total - argila\ dispersa / argila\ total) \times 100$	Embrapa (1997)
Diâmetro Médio Ponderado de Agregados úmido e seco (DMPAu e DMPAs)		Van Bavel (1949; 1953)
Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) (%)	$IEA = (DMPAu / DMPAs) \times 100$	Silva e Mielniczuk (1997)
<b>Biológicos</b>		
Atividade Enzimática Total (AET)	Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)	Ghini et al. (1998)
$\beta$ -glicosidase	Leitura em espectrofotômetro do <i>p</i> -nitrofenolglicopiranosídeo	Tabatabai (1982)
Fosfatase ácida	Leitura em espectrofotômetro do <i>p</i> -nitrofenol	Tabatabai (1982)
Urease	Determinação da amônia liberada após a incubação do solo	Tabatabai (1982)
Carbono da Biomassa Microbiana	Fumigação e extração	Vance et al. (1987)
Respiração microbiana basal	Captura do CO <sub>2</sub> por KOH 0,25M via incubação do solo	Alef e Nannipieri (1995)
Quociente metabólico ( <i>q</i> CO <sub>2</sub> )	Relação entre a respiração e o carbono da biomassa microbiana	Anderson e Domsch (1978)

Os resultados dos atributos foram submetidos à análise de variância e teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o uso do *software* SAS<sup>®</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 3 estão apresentados os resultados das análises dos atributos físicos dos solos nos sistemas de uso e manejo nas três profundidades amostradas no Argissolo Amarelo e no Vertissolo Ebânico. A densidade do solo foi superior nos sistemas CS1, CFM1 e CFM2 em relação ao VN1 na camada de 0-5 cm no Argissolo. Esse aumento pode ser atribuído a possível formação de uma camada compactada, originada possivelmente da evaporação da água causada pelas altas temperaturas provenientes do fogo, como constatado em outros trabalhos por Heringer et al. (2002) e Redin et al. (2011). Essa camada é evidenciada nos sistemas em discussão pela diminuição do DMPAu e da Pt que resultaram em menor estabilidade de agregados (EA) tornando o solo mais susceptível aos processos erosivos.

Na camada de 5-10 cm, não houve diferença na densidade do solo entre os sistemas de uso no Argissolo, porém na camada de 10-20 cm a área VN1 apresentou valor de Ds superior às demais áreas estudadas, comportamento apresentado devido à diminuição do teor de matéria orgânica em profundidade, como constatado por Cavenage et al. (1999). Esse resultado corrobora o de Lima et al. (2008), que verificaram aumento da Ds em profundidade no campo nativo, em Planossolo e com Rossetti et al. (2012) que também verificaram esse mesmo comportamento em um Latossolo.

Quanto ao grau de floculação no Argissolo, o sistema VN1 foi superior ao sistema CS1 na camada 0-5 cm com valores de 84,2 e 71,4, respectivamente, não diferindo estatisticamente dos demais sistemas. Isso ocorreu devido a maior contribuição da matéria orgânica nessa camada no VN1 do que no CS1.

No Vertissolo os sistemas de uso e manejo não promoveram alteração significativa na densidade do solo em relação a VN2, mas pode ser verificado um aumento de 5% no sistema CFM40 em relação à VN2 apresentando valores 1,75 e 1,69 kg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, na camada de 0-5 cm. Esses valores de Ds estão muito próximos ao valor crítico para o desenvolvimento de raízes de 1,70 a 1,75 kg dm<sup>-3</sup> (ARSHAD et al., 1996). Além disso, a porosidade total do solo também apresenta limitações para o desenvolvimento de raízes nas três profundidades amostradas levando em consideração o valor ideal de 0,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (KIEHL, 1979). Esses valores restritivos de densidade do solo e porosidade total foram observados em campo no Vertissolo afetando o crescimento das raízes de fava, do tipo pivotante, que se deu preferencialmente nos primeiros centímetros

do solo de forma oblíqua chegando a atingir mais de 2 metros de comprimento. O grau de floculação (Gf) só apresentou diferença significativa entre o sistema VN2 e CFM40 na camada de 0-5 cm.

**Quadro 3.** Atributos físicos em três profundidades no Argissolo Amarelo e Vertissolo Ebânico manejados em agroecossistemas familiares

Sistema de uso e manejo do solo	Ds kg dm <sup>-3</sup>	Pt m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Gf	DMPAu mm	DMPAs mm	EA %
<b>Profundidade (0-5 cm)</b>						
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>						
VN1	1,31 c	0,47 a	84,2 a	1,95 a	3,09 b	64,0 a
CS1	1,49 a	0,42 b	71,4 b	1,49 b	3,16 b	47,5 bc
CFM1	1,43 ab	0,43 ab	74,2 ab	1,91 a	3,69 a	52,2 ab
CFM2	1,44 ab	0,43 b	79,5 ab	1,35 b	3,28 ab	41,3 c
CFM3	1,38 bc	0,45 ab	78,4 ab	1,88 a	3,69 a	51,3 cb
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>						
VN2	1,69 ab	0,34ns	75,3 a	1,01 a	3,46 a	28,6 a
CS2	1,72 ab	0,32	72,7 ab	0,94 a	3,57 a	26,9 ab
CFM4	1,58 b	0,38	68,8 ab	0,49 b	2,22 c	22,4 b
CFM40	1,75 a	0,35	64,7 b	0,43 b	3,00 b	14,6 c
<b>Profundidade (5-10 cm)</b>						
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>						
VN1	1,48 ns	0,41ns	61,2 b	1,97 ab	4,16 a	47,3 ab
CS1	1,48	0,42	72,2 ab	2,01 ab	3,32 b	60,7 a
CFM1	1,49	0,40	79,4 a	1,76 bc	3,58 b	50,3 ab
CFM2	1,52	0,40	76,5 a	1,47 c	3,56 b	41,9 b
CFM3	1,50	0,41	67,8 b	2,16 a	4,15 a	52,1 ab
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>						
VN2	1,72 ns	0,33ns	65,8 ns	0,86 a	3,95 a	24,7 a
CS2	1,73	0,33	71,4	0,84 a	3,49 ab	21,1 ab
CFM4	1,67	0,35	64,7	0,56 b	2,89 c	19,9 b
CFM40	1,68	0,34	62,9	0,46 b	3,26 b	14,4 c
<b>Profundidade (10-20 cm)</b>						
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>						
VN1	1,61 a	0,39 ns	64,6 ns	1,37 b	3,72ns	37,6 ab
CS1	1,50 b	0,41	64,9	1,92 a	3,89	50,6 a
CFM1	1,48 b	0,41	73,4	1,31 b	3,59	37,0 b
CFM2	1,50 b	0,41	73,9	1,22 b	3,49	35,4 b
CFM3	1,48 b	0,41	66,8	1,84 a	3,87	47,4 a
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>						
VN2	1,71ns	0,34ns	65,2ns	0,61 ns	3,75 ns	16,6ns
CS2	1,73	0,38	63,1	0,63	3,68	16,9
CFM4	1,72	0,33	65,6	0,56	3,33	16,9
CFM40	1,72	0,32	60,0	0,55	3,68	15,2

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS2 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivo sucessivos, respectivamente.

Letras iguais na coluna em cada profundidade não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não significativo.

Ds – Densidade do solo; Pt – Porosidade total; Gf – Grau de floculação; DMPAu – Diâmetro Médio Ponderado de Agregado úmido; DMPAs – Diâmetro Médio Ponderado de Agregado seco; EA – Estabilidade de Agregados, EA = (DMPAu/DMPAs)×100

Houve alteração ( $p \leq 0,05$ ) na maioria dos atributos químicos dos dois solos estudados quando os sistemas de manejo foram comparados com a vegetação natural (Quadro 4).

A acidez ativa (pH) apresentou diferença significativa em todas as profundidades amostradas nos dois solos, promovida pela substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo de fava/milho/feijão (Quadro 4). No Argissolo, nas três profundidades, houve aumento da acidez quando a vegetação natural foi substituída por cultivos sucessivos de fava/milho/feijão. Essa diminuição do pH promovida pelos cultivos sucessivos, pode ser conferida ao sistema radicular da cultura da fava (concentrado nos primeiros 20 cm do solo) que por fixar  $N_2$  simbioticamente pode ter causado desequilíbrio nas cargas elétricas pela maior absorção de cátions pelas plantas e, conseqüentemente, liberação de  $H^+$  para o solo e também pela própria colheita dos grãos que removem grande quantidade de bases do solo (FURTINI NETO et al., 2001).

A remoção das bases no Argissolo é verificada com a diminuição nos teores dos cátions básicos  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no sistema de uso CS1 e nos sistemas de manejo CFM1 e CFM2, quando comparados com ao VN1 na camada de 0-5 cm de profundidade; sendo que para o  $Ca^{2+}$  a diminuição apresentou diferença significativa, enquanto que para o  $Mg^{2+}$  não houve diferença significativa. Mesmo com o processo de queima dos restos vegetais, que apresentam em suas cinzas altas concentrações de nutrientes (REDIN et al., 2011), os sistemas de cultivo apresentaram diminuição dos nutrientes acima citados assim como constatado para o P na camada de 0-5 cm, devido provavelmente às perdas pelo vento e/ou transporte pela água das chuvas, favorecidas pela declividade média das áreas (entre 8 e 20%) e pelo alto índice pluviométrico da região. Já o sistema de manejo CFM3, quando comparado com o sistema de uso VN1, apresentou aumento no teor de  $Ca^{2+}$  de 46% na profundidade de 5-10 cm, resultado esse que pode ser atribuído à contribuição do esterco dos animais durante o período de pastejo após a colheita da fava no sistema CFM3.

Quanto ao teor de  $K^+$  no Argissolo, o sistema VN1 foi superior aos demais sistemas apenas na camada de 10-20 cm de profundidade. O  $K^+$  é um nutriente que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e encontra-se na forma iônica (BARTZ, 1998), é por este motivo, que esse nutriente pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva quanto pela própria umidade do solo (GIACOMINI et al., 2003), sendo necessário avaliar esse nutriente no solo, bem como na vegetação de uso do solo. Os valores de  $K^+$  obtidos nas áreas de sistema no Argissolo estão

muito próximos ao encontrado por Silva et al. (2015) e são classificados como muito bom (RIBEIRO et al., 1999).

**Quadro 4.** Atributos químicos em três profundidades no Argissolo Amarelo e Vertissolo Ebânico manejados em agroecossistemas familiares

Sistema de uso e manejo do solo	pH	P -----mg dm <sup>-3</sup> -----	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	CTC	COT g kg <sup>-1</sup>	EC mg ha <sup>-1</sup>
<b>Profundidade (0-5 cm)</b>											
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>											
VN1	6,3 a	13,9 a	127,1 ns	0,12 b	5,35 a	2,15 ab	7,94 a	11,00 a	7,98 a	14,73 ab	9,66ns
CS1	5,2 c	6,6 b	103,6	0,19 ab	2,97 bc	1,92 ab	5,35 b	11,81 a	5,59 b	10,42 c	7,79
CFM1	5,3 c	6,9 b	96,4	0,15 b	1,30 d	1,55 b	3,25 c	6,99 b	3,36 c	13,14 b	9,41
CFM2	5,5 b	7,8 b	96,6	0,29 ab	1,06 d	1,63 b	3,23 c	6,21 b	3,30 c	13,70 ab	9,90
CFM3	5,6 b	8,0 b	126,5	0,41 a	3,60 ab	2,71 a	7,05 a	12,39 a	7,10 a	15,46 a	10,71
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>											
VN2	6,6 b	413,0 b	214,3ns	0,34ns	27,2ns	12,4ns	40,6ns	42,7ns	40,6ns	25,22ns	21,40ns
CS2	6,6 b	525,7 ab	161,8	0,23	33,7	10,9	45,2	47,4	45,3	23,27	20,04
CFM4	6,8 ab	612,4 a	280,0	0,27	26,4	12,8	40,3	42,3	40,3	23,87	18,89
CFM40	7,0 a	489,5 ab	205,0	0,23	28,7	16,3	45,7	47,7	45,8	27,18	23,86
<b>Profundidade (5-10 cm)</b>											
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>											
VN1	6,2 a	8,1ns	113,8ns	0,07ns	4,06 b	2,12 ab	6,54 a	9,29 b	6,59 a	11,72 ab	17,35 ab
CS1	5,1 c	6,3	79,6	0,10	2,26 bc	2,13 a	4,70 b	11,90 a	5,13 b	10,61 b	15,83 b
CFM1	5,1 c	5,2	98,2	0,17	0,93 c	1,58 ab	2,95 c	7,65 c	3,23 c	12,28 ab	18,39 ab
CFM2	5,2 c	6,2	100,7	0,31	0,80 c	1,55 ab	2,92 c	6,83 c	3,09 c	11,60 b	17,63 ab
CFM3	5,5 b	6,0	86,4	0,26	5,95 a	1,16 b	6,23 a	13,22 a	6,31 a	14,08 a	21,14 a
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>											
VN2	6,7 ab	357,2 b	138,4ns	0,40ns	34,5 a	26,9 a	62,2 a	64,1 a	62,3 a	28,65ns	49,48ns
CS2	6,4 c	390,8 ab	82,4	0,32	22,9 b	10,4 b	33,8 b	35,9 b	33,9 b	27,92	48,46
CFM4	6,7 ab	566,5 a	233,0	0,46	25,4 b	13,9 b	40,5 b	42,5 b	40,5 b	24,81	41,57
CFM40	6,9 a	507,2 ab	207,2	0,33	28,3 ab	22,3 ab	51,5 a	53,2 a	51,5 a	25,45	42,72
<b>Profundidade (10-20 cm)</b>											
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>											
VN1	6,1 a	4,8ns	135,7 a	0,07ns	3,03 ab	1,08ns	4,54 a	7,18 b	4,59 a	6,82 c	22,23 c
CS1	5,2 c	5,6	71,5 b	0,09	2,97 b	1,17	4,42 a	11,62 a	5,03 a	9,02 cb	27,22 b
CFM1	5,0 cd	5,0	85,4 b	0,30	0,90 c	1,24	2,66 b	8,26 b	3,11 b	11,67 a	34,53 a
CFM2	4,9 d	5,5	58,8 b	0,15	1,15 c	1,30	2,64 b	7,30 b	2,96 b	9,62 b	28,86 b
CFM3	5,4 b	4,9	89,3 b	0,18	4,78 a	0,70	5,17 a	12,97 a	5,43 a	11,37 ab	33,74 a
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>											
VN2	6,9 a	208,5 b	79,6ns	1,31 a	37,1 a	38,8 a	77,4 a	79,2 a	77,5 a	30,47 a	104,71 a
CS2	6,6 b	344,8 ab	170,6	0,68 b	30,2 ab	9,9 b	41,3 b	43,2 b	41,3 b	30,27 a	105,10 a
CFM4	6,6 b	375,2 ab	101,9	0,50 b	30,5 ab	9,8 b	40,5 b	42,8 b	40,5 b	24,05 b	83,07 b
CFM40	7,0 a	490,1 a	102,6	0,35 b	28,0 b	19,3 b	48,0 b	49,8 b	48,0 b	24,27 b	83,48 b

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS2 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivos sucessivos, respectivamente.

Letras iguais na coluna em cada profundidade não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não significativo. COT – Carbono Orgânico Total; EC – Estoque de Carbono.

Para o valor de COT foi constatada diminuição significativa desse atributo no sistema CS1, comparado à VN1 na camada 0-5 cm de profundidade, devido a menor quantidade de material depositado nessa camada pelo sistema CS1. Na camada de 10-20 cm de profundidade os sistemas CFM1, CFM2 e CFM3 quando comparados com à VN1 apresentaram aumento de COT. Esse resultado pode ser atribuído à contribuição do sistema radicular da fava e do milho que por se desenvolverem nos primeiros 20 cm do solo está conferindo aporte de C em maior amplitude do que o sistema radicular das espécies vegetais no sistema VN1. O maior valor de COT no Argissolo foi de 15,46 g kg<sup>-1</sup> (CFM3 na camada de 0-5 cm), inferior ao encontrado por Hickmann et al. (2012) em Argissolo cultivado com feijão e milho após 23 anos em sistema de plantio direto. Quanto ao estoque de carbono (EC), é possível observar que na camada de 10-20 cm o sistema VN1 foi inferior estatisticamente a todos os demais sistemas. Esse resultado é atribuído a maior densidade do solo e menor teor de COT no sistema VN1.

No Vertissolo, houve aumento da acidez no sistema CS2 nas camadas de 5-10 e 10-20 cm de profundidade e no sistema CFM4 na camada de 10-20 cm, comparados ao sistema VN2. Esse aumento foi corroborado pela diminuição nos valores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, SB, t e CTC no sistema CS2 nas camadas 5-10 e 10-20 cm de profundidade e no sistema CFM4 na camada de 10-20 cm de profundidade.

Quanto ao teor de P no Vertissolo, houve aumento significativo desse nutriente no sistema CFM4 nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade e no sistema CFM40 na camada de 10-20 cm de profundidade, quando comparados à VN2. Esse aumento pode ser atribuído ao esterco depositado pelos animais (bovinos) que ao longo dos anos podem estar contribuindo para aumentar a ciclagem de nutrientes nos sistemas de cultivo devido, provavelmente, à sua relação C/N e C/P ser mais favorável do que a encontrada na serapilheira da área de vegetação nativa. Valores de relação C/N de 27,14 e C/P de 180,71 foram identificadas em esterco bovino no semiárido por Souto et al. (2013). Estes mesmos autores afirmam que o teor de nutrientes nos estercos varia de acordo com o regime alimentar dos animais. Nesse caso, como esses animais têm em seu regime alimentar os restos das culturas (fava/milho), esse fator pode estar contribuindo para que o esterco apresente relações C/N e C/P que proporcionem aumento na ciclagem de nutrientes.

Houve diminuição significativa no teor de COT nos sistemas CFM4 e CFM40, quando comparados com a VN2 na camada de 10-20 cm, no Vertissolo. Essa diminuição se deu devido as raízes das culturas de fava e milho não estarem atingindo essa camada,

devido ao aumento da densidade. Considerando que as mudanças no carbono orgânico total em sistemas manejados são verificadas em longo prazo (MIELNICZUK et al., 2003), nesse estudo, não foi possível observar variações tão expressivas após 40 anos de manejo no Vertissolo, podendo ser considerado um sistema conservador de C. Nesse solo, o maior valor de COT foi de 30,47 g kg<sup>-1</sup> (VN2) superior ao observado por Loss et al. (2014) e inferior ao observado por Dick et al. (2010) ambos em Vertissolo sob vegetação nativa.

O valor de estoque de carbono (EC) no Verissolo apresentou diferença significativa apenas na camada de 10-20 cm de profundidade, sendo os menores valores apresentados pelos sistemas CFM4 e CFM40 quando comparados com a VN2. A diminuição no EC nos sistemas CFM4 e CFM40 é atribuído ao menor teor de COT nesses sistemas.

As enzimas têm participação essencial nos ciclos dos elementos no solo; a  $\beta$ -glicosidase atua na hidrólise da celobiose, liberando açúcar para os microrganismos, a fosfatase ácida atua na liberação de PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e, a urease é responsável pela hidrólise da uréia do solo transformando-o em amônio (VARMA e DAS, 2011).

A atividade enzimática total (AET) no Argissolo apresentou diminuição nos sistemas CS1, CFM1, CFM2 e CFM3 quando comparados a VN1 na camada de 0-5 cm de profundidade (Quadro 5). Essa maior atividade no sistema VN1 é devido a maior cobertura do solo nessa área que pode está oferecendo conteúdo de água necessário para que o substrato mova-se até as enzimas e essas possam entrar em atividade (DIK e TABATABAI, 1984). Nas camadas de 5-10 e de 10-20 cm no Argissolo, os sistemas CS1, CFM1 e CFM2 apresentaram diminuição da AET quando comparados ao sistema VN1. O manejo CFM3 apresentou semelhança à VN1 nas camadas de 5-10 e 10-20 cm de profundidade, devido principalmente à contribuição do esterco dos animais no pastejo, comprovado pelo aumento no teor de COT (nesse que é uma fonte de energia); e também pelos valores de densidade de solo e porosidade total que podem estar colaborando para aumentar a umidade no solo, favorecendo a atividade das enzimas.

A atividade da  $\beta$ -glicosidase apresentou diminuição nos sistemas CS1, CFM1, CFM2 e CFM3 quando comparados à VN1 nas três camadas. Esse resultado é atribuído ao fato de na área de VN1 o material depositado no solo via queda das folhas e galhos poder apresentar conteúdo maior de celulose, uma vez que essas enzimas estão envolvidas no processo final da degradação da celulose (MARTÍNEZ et al., 2007). O mesmo comportamento na atividade da  $\beta$ -glicosidase foi observado por Silva et al. (2012) em um

Cambissolo na camada de 0-5 cm de profundidade, ao compararem áreas agrícolas e de pastagem com áreas de floresta nativa (mata Atlântica).

**Quadro 5.** Atributos biológicos em três profundidades de dois solos manejados em agroecossistemas familiares

Sistema de uso e manejo do solo	AET mg FDA kg <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup>	B-g μg.p-nf.g <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup>	Fa μg.pnf. g <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup>	U μg de N.g <sup>-1</sup>	C-BM Mg kg <sup>-1</sup>	Resp. mg de C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo hora <sup>-1</sup>	qCO <sub>2</sub> mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> CBM h <sup>-1</sup>
<b>Profundidade (0-5 cm)</b>							
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>							
VN1	85,3 a	253,7 a	272,1 a	55,2 a	6,0 ns	6,54 a	2,44 a
CS1	26,0 c	128,7 bc	171,3 b	34,1 ab	8,4	2,11 b	0,25 b
CFM1	39,5 c	39,2 d	59,6 c	20,7 b	3,6	0,49 c	0,23 b
CFM2	29,4 c	99,7 c	48,2 c	20,7 b	4,7	0,91 bc	0,25 b
CFM3	63,9 b	158,7 b	92,0 bc	19,1 b	4,1	5,12 a	2,51 a
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>							
VN2	136,3 a	170,8 a	520,3 a	76,9 ab	2,0 ns	6,50 a	3,96 a
CS2	82,8 ab	106,2 bc	270,4 ab	101,2 a	2,9	5,63 ab	1,92 ab
CFM4	13,5 b	93,9 c	398,6 ab	37,9 b	4,4	3,82 ab	1,27 b
CFM40	49,2 b	117,3 b	199,4 b	40,3 ab	3,0	2,77 b	1,24 b
<b>Profundidade (5-10 cm)</b>							
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>							
VN1	92,1 a	295,7 a	251,8 a	67,0 a	7,6 ns	3,20 a	0,41 ns
CS1	31,7 c	180,2 b	92,3 bc	37,1 ab	7,3	1,99 ab	0,28
CFM1	55,0 b	15,7 d	55,5 bc	22,6 b	4,6	0,94 b	0,21
CFM2	45,2 bc	33,3 cd	31,4 c	21,8 b	3,3	0,49 b	0,16
CFM3	87,8 a	70,2 c	121,3 b	12,2 b	4,1	2,56 a	0,80
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>							
VN2	38,0 ns	147,2 a	363,8 a	24,6 ns	2,4 c	4,09 ab	1,77ns
CS2	46,3	104,4 b	485,3 a	20,2	2,6 bc	6,03 a	2,32
CFM4	41,6	103,0 b	308,6 a	29,6	6,2 ab	2,75 ab	0,48
CFM40	34,5	93,4 b	94,0 b	50,5	6,4 a	2,60 b	0,45
<b>Profundidade (10-20 cm)</b>							
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>							
VN1	102,1 a	316,2 a	53,4 ns	8,5 ns	7,0 ab	1,05 ns	0,15 ns
CS1	35,6 b	174,6 b	79,0	11,3	9,0 a	1,78	0,21
CFM1	48,8 b	7,9 c	19,6	11,8	2,5 b	0,55	0,34
CFM2	41,2 b	9,8 c	26,4	20,4	4,1 b	0,53	0,16
CFM3	98,1 a	29,4 c	38,3	17,4	3,5 b	1,80	0,68
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>							
VN2	13,3 ns	143,8 a	249,6 ns	14,4 ns	3,3 ns	4,55 ns	1,56 ns
CS2	10,9	109,0 b	364,9	81,8	3,1	2,46	1,08
CFM4	52,8	122,2 ab	270,0	36,3	4,5	2,50	0,78
CFM40	15,1	72,3 c	113,5	29,3	2,3	2,59	1,46

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS8 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivos sucessivos, respectivamente. Letras iguais na coluna pra cada profundidade não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não significativo.

AET (atividade enzimática total), β-g (atividade da β-glicosidase), Fa (atividade da fosfatase ácida), U (atividade da urease), C-BM (carbono da biomassa microbiana), Resp. (Respiração do solo), qCO<sub>2</sub> (quociente metabólico).

A atividade da fosfatase ácida (Fa) no Argissolo foi maior no sistema VN1 diferindo estatisticamente dos sistemas CS1, CFM1, CFM2 e CFM3 nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. A maior atividade dessa enzima no sistema VN1 é corroborado pela constatação que a atividade da Fa é maior em ambientes preservados do que em ambientes cultivados (JAKELAITIS et al., 2008; SILVA et al., 2012).

Quanto a atividade da urease no Argissolo, o sistema VN1 foi superior aos sistemas CFM1, CFM2 e CFM3 nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. Esse resultado também é atribuído a qualidade do material do sistema VN1 que está promovendo maior atividade dessa enzima. Resultado semelhante foi encontrado por Lisboa et al. (2012) em um Argissolo com diferentes sistemas de preparo do solo em comparação ao solo de vegetação nativa.

Para o carbono da biomassa microbiana (C-BM) não houve alteração significativa em nenhuma camada no Argissolo, sugerindo que as diversas formas de uso e manejo do solo ainda não alteraram significativamente o compartimento de carbono proveniente da microbiota do solo. A respiração basal e o  $qCO_2$  apresentaram menores valores nos sistemas CS1, CFM1 e CFM2 comparados à VN1 na camada de 0-5 cm no Argissolo, indicando que há maior metabolismo dos microrganismos no sistema VN1, sugerindo está acontecendo algum distúrbio demandando mais energia pelos microrganismos acarretando em perdas de carbono microbiano em forma de  $CO_2$  como inferido por Matias et al. (2009).

Já os valores de respiração foram mais sensíveis aos manejos adotados nas camadas de 0-5 e 5-10 cm e valores de  $qCO_2$  apenas na camada de 0-5 cm. No Argissolo, o manejo CFM3 apresentou semelhança à VN1 para valores de respiração e  $qCO_2$  nas camadas 5-10 e 0-5 cm, respectivamente, sendo ambos maiores que nas demais áreas, apresentando maior liberação de  $CO_2$ . Nessas áreas (VN1 e CFM3) a maior liberação de  $CO_2$  pode estar diretamente relacionada a incorporação de resíduos, que podem estar promovendo alta biomassa e atividade biológica (ISLABÃO et al., 2008), corroborado pela maior atividade das enzimas analisadas nesse trabalho.

No Vertissolo, a AET diminuiu nos sistemas CFM4 e CFM40 quando comparados à VN2 na camada de 0-5 cm, devido às condições favoráveis a maior conservação no teor de umidade apresentada pelo sistema VN2 nessa camada.

A atividade da  $\beta$ -glicosidase no VN2 do Vertissolo foi superior aos demais sistemas nas camadas 0-5 e 5-10 e aos sistemas CS2, e CFM4 na camada de 10-20 cm de

profundidade. A maior atividade dessa enzima na VN2 na camada de 0-5 cm é devido a qualidade do material depositado por esse sistema.

Para a atividade da fosfatase ácida, a VN2 só foi superior estatisticamente ao CFM40 na camada de 0-5 e de 5-10 cm de profundidade. Esse resultado pode ser atribuído a um possível baixo teor de água nessa camada no sistema CFM40 que está dificultando a atuação dessas enzimas.

A urease não apresentou alteração pelos sistemas de uso e manejo do solo em relação à VN2 no Vertissolo.

Quanto à biomassa microbiana no Vertissolo, o C só apresentou diferença significativa na camada de 5-10 cm, com os maiores valores nos sistemas CFM4 e CFM40 comparados à VN2. Para a respiração, o VN2 foi superior ao CFM40 nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade, enquanto que para o  $qCO_2$  o VN2 foi superior ao CFM4 e o CFM40 na camada de 0-5 cm.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os atributos físicos mais sensíveis a alterações no uso do solo, avaliados em Argissolo foram a densidade e a estabilidade de agregados especificamente na camada 0-5 cm; já no Vertissolo foram o diâmetro médio ponderado de agregado úmido e a estabilidade de agregados especificamente nas camadas de 0-5 e 5-10 cm;
2. Os atributos químicos avaliados que sofreram maiores alterações pelo uso do solo em Argissolo foram o pH (0-5, 5-10 e 10-20 cm), o fósforo (0-5 cm), o potássio (10-20 cm), o cálcio (0-5, 5-10 e 10-20 cm), o carbono orgânico total (0-5, 5-10 e 10-20 cm) e o estoque de carbono (5-10 e 10-20 cm); no Vertissolo foram o pH (5-10 cm), o sódio (10-20 cm), o magnésio (10-20 cm), a CTC (5-10 e 10-20 cm), o carbono orgânico total (10-20 cm), e o estoque de carbono (10-20 cm);
3. Os atributos biológicos avaliados que foram mais sensíveis a alterações no Argissolo foram a atividade enzimática total (0-5, 5-10 e 10-20 cm), a atividade da  $\beta$ -glicosidase (0-5, 5-10 e 10-20 cm), a atividade da fosfatase ácida (0-5 e 5-10 cm), a respiração do solo (0-5, cm) e o quociente metabólico (0-5 cm); no Vertissolo foram a atividade da  $\beta$ -glicosidase (0-5, 5-10 e 10-20 cm) e a atividade da fosfatase ácida (5-10 cm);

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. eds. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576p.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, 10:215-221, 1978.
- ARSHAD, M.A.; et al. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication, 49).
- BARTZ, H. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R. **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: UFSM, 1998. p.52-63.
- CARDOSO, E.L.; et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:613-622, 2011.
- CARNEIRO, M.A.C.; et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:147-157, 2009.
- CAVENAGE, A.; et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho escuro sob diferentes culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:997-1003, 1999.
- CHIEZA, E.D.; et al. Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1393-1401, 2013.
- COELHO, M.S.; et al. Qualidade da matéria orgânica de solos sob cultivo de café consorciado com adubos verdes. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1576-1586, 2013.

CRUZ, D.L.S.; et al. Atributos físico-hídricos de um Argissolo Amarelo sob floresta e savana naturais convertidas para pastagem em Roraima. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:307-314, 2014.

DICK, D.P.; et al. Matéria orgânica em quatro tipos de solos brasileiros: composição química e sorção de atrazina. **Quím. Nova**, 33:14-19, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FURTINI NETO, A. E.; et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GHINI, R.; MENDES, M.D.L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador da atividade microbiana do solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, 24:239-242, 1998.

GIACOMINI, S.J.; et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, 38:1097-1104, 2003.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 658p.

HERINGER, I.; et al. Características de um Latossolo Vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas de manejo. **Ciência Rural**, 32:309-314, 2002.

HICKMANN, C.; et al. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, 25: 128-136, 2012.

ISLABÃO, G.O.; et al. Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS. 2008. Disponível em:

<[http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA\\_00507.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00507.pdf)>. Acesso em 20 agosto de 2015.

JACOMINE, P.K.T. Caracterização do estágio atual dos solos sob Caatinga. In: ARAUJO, Q.R. de (org). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 365-397.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 38:118-127, 2008.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

LIMA, C.L.R.; et al. Atributos físicos de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo comparados aos do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1849-1855, 2008.

LISBOA, B.B.; et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:45-55, 2012.

LOSS, A.; et al. Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura florestal e pastagem. **Comunicata Scientiae**, 5:1-10, 2014.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35:1177-1182, 2000.

MARTÍNEZ, V.A.; et al. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. **Applied Soil Ecology**, 35:35-45, 2007.

MATIAS, M.C.B.S.; et al. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do estado do Piauí. **Acta Sci. Agron.**, 31:517-521, 2009.

MIELNICZUK, J.; et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; et al. eds. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 3:209-248, 2003

OLIVEIRA, T.C.; et al. Evaluation of physical quality indices of a soil under a seasonal semideciduous forest. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:444-453, 2014.

REDIN, M.; et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, 21:381-392, 2011.

RIBEIRO, A.C.; et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

ROSSETTI, K. V.; et al. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 3:426-432, 2012.

SABOURIN, E. Meio ambiente e sustentabilidade da agricultura familiar no semiárido Nordeste. **Raízes**, 20:132-143, 1999.

SILVA, C.F. da; et al. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do Paraíba do Sul (RJ). **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1680-1689, 2012.

SILVA, G.F.; et al. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do Agreste paraibano. **Revista Caatinga**, 28:25-35, 2015.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:113-117, 1997.

SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:51-61, 2007.

SOUSA NETO, E.L.; et al. Physical quality of an oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:608-618, 2014.

SOUTO, P.C.; et al. Liberação de nutrientes de esterco em Luvisolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, 26:69-78, 2013.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Eds.). **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: ASA, 1982. 903p.

VAN BAVEL, C.H.M. Mean weight diameter of soil aggregate as a statistical index of aggregation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 14:20-23, 1959.

VAN BAVEL, C.H.M. Report of the Committee on Physical Analyses 1951-1953, Soil Science Society of America. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 17:416-418, 1953.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, 19:703-707, 1987.

VARMA, A.; DAS, S.K. Role of enzymes in maintaining soil health. **Soil Biology**, 22:25-42, 2011.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, 58:175-180, 1994.

**Capítulo III**  
**ÍNDICE DE QUALIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DE FAVA EM**  
**AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES E VEGETAÇÃO NATIVA**

## RESUMO

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Índice de qualidade do solo sob cultivo de fava em agroecossistemas familiares e vegetação nativa.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Novembro de 2015. 110 p.il. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Djail Santos, PhD.

Existe a necessidade de analisar a contribuição do cultivo da fava na qualidade do solo através de indicadores que reflitam as alterações nos atributos diagnósticos. Objetivou-se com este trabalho determinar um índice de qualidade do solo sob sistemas de cultivo de fava adotados por agricultores familiares usando uma avaliação unificada dos atributos físicos, químicos e biológicos de dois solos, nam microrregião do Agreste da Paraíba. Os solos avaliados neste estudo foram: Argissolo Amarelo Distrófico típico e Vertissolo Ebânico Órtico típico. Um índice de qualidade do solo para cada classe de solo e sistema de manejo foi determinado usando o modelo IQS proposto por Karlen e Stott (1994). O valor crítico de cada indicador foi gerado a partir da média dos valores observados em cada solo. O Argissolo manejado com queima e sem introdução de animais para pastejo proporciona a partir do primeiro ano de cultivo, diminuição na qualidade do solo, mas quando há introdução de animais a qualidade do solo apresenta-se melhor. O Vertissolo manejado sem queima e com a introdução de animais para pastar apresenta, a partir de quatro anos de cultivo, diminuição na qualidade do solo.

**Palavras-chave:** *Phaseolus lunatus*, indicadores de qualidade do solo, manejo do solo, sustentabilidade

## ABSTRACT

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS. **Soil quality index under lima bean intercropping systems in family farming agroecosystems and native vegetation.** Areia - PB, CCA, UFPB, November 2015. 110 l. Thesis. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof. Djail Santos, PhD.

There is a need to analyze the contribution of lima bean cropping to soil quality through indicators that reflect changes in the soil diagnostic attributes. The objective of this work was to determinate a soil quality index under land use and management systems adopted by family farmers who cultivate lima bean using an unified evaluation of physical, chemical and biological attributes of two soil classes in the Agreste region of Paraiba, Brazil. The soil classes evaluated in this study were Argisol and Vertisol. Using the framework suggested by Karlen and Stott (1994), a soil quality index (SQI) was derived for each soil class and land use. Critical values for each indicator were generated from the mean values observed in each soil class. Argisol under burning management and without the presence of animals for grazing provides since the first year of cultivation, a decrease in soil quality, but with the animals soil quality is improved. The Vertisol managed without burning and with of animals to graze presents a decrease in soil quality after the fourth year of cultivation.

**Keywords:** *Phaseolus lunatus*, soil quality index, soil management, sustainability

## 1. INTRODUÇÃO

A mudança da qualidade do solo é resultado do seu uso no tempo e no espaço, e fornece um meio para avaliação de sistemas ou práticas de manejo em relação ao estado estável que se encontrava (ESSIET, 2001). A qualidade “ideal” de um solo não é conhecida, mas pode-se adotar como critério de referência as condições do solo que suportam a vegetação nativa (TÓTOLA e CHAER, 2002). A qualidade do solo é a capacidade deste em funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou agroecossistema de forma a sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas, animais e dos homens (DORAN e PARKIN, 1994)

A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma das espécies do gênero *Phaseolus* exploradas comercialmente, atingindo relativa importância econômica em alguns estados brasileiros (SANTOS et al., 2002), com destaque para a Paraíba que é o maior produtor nacional (IBGE, 2013). Cultivada em consórcio com outras culturas, a fava apresentou queda de 54% da área plantada, de 49% na área colhida, de 51% na quantidade produzida no intervalo de 10 anos (2003 a 2013) (IBGE, 2013).

Entendendo que a conversão de ecossistemas naturais em áreas agrícolas pode promover alterações nos atributos edáficos, uma vez que há estreita relação da cobertura vegetal e o sistema físico, químico e biológico do solo (FERREIRA et al., 2007) mas, que o cultivo consorciado pode melhorar as condições dos atributos dos solos (COELHO et al., 2013; CHIEZA et al., 2013), existe a necessidade de analisar a contribuição do cultivo da fava na qualidade do solo.

Para monitorar e avaliar a qualidade do solo (QS) são necessários ferramentas e métodos (KARLEN et al., 2006), que utilizem um conjunto de dados de campo ou de laboratório (indicadores de qualidade do solo), sensíveis ao manejo e uso do solo. O método IQS, gerado a partir de um modelo aditivo que considera as funções principais do solo e os indicadores de qualidade a elas associados, atribuindo pesos para as funções e para os indicadores (KARLEN e STOTT, 1994), é eficiente em refletir a variação da qualidade do solo em diferentes sistemas de uso (FREITAS et al., 2012).

Objetivou-se com este trabalho calcular o índice de qualidade do solo sob sistemas de manejo adotados por agricultores familiares no cultivo da fava, com base na avaliação unificada dos atributos físicos, químicos e biológicos de dois solos, em comparação à áreas de vegetação nativa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no ano de 2013 na mesorregião do Agreste Paraibano em dois solos classificados como: Argissolo Amarelo Distrófico típico e Vertissolo Ebânico Órtico típico. O Argissolo está localizado no município de Areia nas coordenadas 25M 0202443 UTM 9237538, possui textura franco argilo-arenosa, relevo ondulado, sob clima tipo tropical chuvoso com verão seco. O Vertissolo está localizado no município de Queimadas nas coordenadas 25M 0182962 UTM9191362, com textura franco-argilosa, relevo suave ondulado, sob clima tropical semiárido com chuvas de verão. As áreas de estudo são inseridas em agroecossistemas familiares com produção de fava consorciada com milho, em substituição a vegetação natural. O histórico e descrição das áreas nos dois solos estudados é apresentado no quadro 1.

A coleta do solo procedeu-se dentro de cada quadrante com a abertura de 10 trincheiras de 20 cm de profundidade, em sistema de “zig-zag” distanciadas por 2 m aproximadamente. As amostras simples foram homogeneizadas para formar uma amostra composta por quadrante e profundidade, totalizando quatro amostras compostas por profundidade (repetições). De cada amostra composta, foram retiradas porções de 2,0 kg de solo para realização das análises físicas e químicas e 0,5 kg para análises biológicas. As porções de solo separadas para análises biológicas foram, no campo, armazenadas em recipiente térmico e transportadas para o laboratório.

As amostras de solos foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm para proceder as análises químicas de fertilidade e de física do solo. Para analisar o diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) e a estabilidade de agregados (EA) as amostras foram passadas em peneira com malha de 9,52 mm e secas ao ar. As amostras para analisar os indicadores biológicos foram passadas em peneira com malha de 2 mm e, com o auxílio de uma pinça, foi retirado o material vegetal presente nas amostras. Logo em seguida, as amostras foram armazenadas em BOD a  $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  até a realização das análises.

Os atributos químicos avaliados foram pH, carbono orgânico total (COT), potássio disponível (K), fósforo disponível (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), sódio (Na), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), determinados conforme metodologia da Embrapa (1997). Os atributos físicos e biológicos estão discutidos no quadro 2.

**Quadro 1.** Histórico e descrição das áreas estudadas no Argissolo e no Vertissolo

Sistema de uso e manejo do solo	Descrição
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico (Areia-PB)</b>	
Vegetação nativa (VN1)	Área de Caatinga Hiperxerófila, com vegetação composta principalmente por juazeiro ( <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart), catingueira ( <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tui.), angico ( <i>Anadenanthera colubrina</i> ), braúna ( <i>Schinopsis brasiliensis</i> ), cajazeira ( <i>Spondias mombin</i> ), mororó ( <i>Bauhinia forficata</i> ). Reserva Legal.
Campo sujo (CS1)	Área (1 ha) que se encontra em processo de regeneração natural há mais de 8 anos. É uma área que foi desmatada, em seguida cultivada com cana-de-açúcar por 4 anos e posteriormente cultivada com fava, milho e feijão por 2 anos. Após esses cultivos, a área foi abandonada e se encontra em processo de recuperação da vegetação natural, considerada como campo sujo; com predomínio do capim milhã ( <i>Brachiaria plantaginea</i> ) e do capim amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> ).
Consórcio fava/milho/feijão macassar com 1 ano de cultivo (CFM1)	Área (0,5 ha) no primeiro ano de cultivo do consórcio: fava (variedade Orelha de vó), milho (variedade Crioulo) e feijão macassar em espaçamento 1,00 × 0,40 m. Antes do plantio, a área era coberta por mata. O preparo da área foi feito por meio de corte da vegetação e queima dos restos vegetais. Nessa área não há adição de adubo (orgânico ou mineral) e após a colheita, o agricultor não solta os animais para pastar na área.
Consórcio fava/milho/feijão com 2 anos de cultivo consecutivo (CFM2)	Área (1 ha) com dois anos de cultivos consecutivos do consórcio: fava (Orelha de vó), milho (Crioulo) e feijão macassar, em espaçamento 1,00 × 0,40 m. Antes do plantio a área era composta por mata que foi derrubada, sendo utilizados alguns subprodutos (lenha, varas, estacas), e em seguida a queima do restante do material. Não foi realizada nenhuma adubação na área. Após a colheita o agricultor não solta os animais na área para pastar.
Consórcio fava/milho/feijão com 3 anos de cultivo consecutivos (CFM3)	Área (0,5 ha) cultivada há 3 anos com o consórcio: fava (Orelha de vó), milho e feijão macassar com espaçamento de 1,20 × 0,80 m. Antes do primeiro cultivo, a área era coberta por mata. Foi realizado o corte da vegetação presente, em seguida a queima dos restos vegetais. Não é utilizado na área nenhum tipo de adubo. Após a colheita, o agricultor solta os animais (bovino) na área para pastar.
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico (Queimadas-PB)</b>	
Vegetação Nativa (VN2)	Área de vegetação tipo Caatinga Hiperxerófila, composta principalmente por juazeiro ( <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart), catingueira ( <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tui.), braúna ( <i>Schinopsis brasiliensis</i> ), quixabeira ( <i>Sideroxylon obtusifolium</i> ), jurema branca ( <i>Chloroleucon tortum</i> ), aroeira ( <i>Schinus terebinthifolius</i> ), aveloz ( <i>Euphorbia tirucalli</i> ) umburana ( <i>Commiphora leptophloeos</i> ). Reserva Legal.
Campo Sujo (CS2)	Área (5 ha) de capoeira rala com 8 anos que não tem cultivo de fava. Essa área foi cultivada com fava, milho e feijão por 10 anos, mas foi abandonada. Presença predominante de capim amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> ).
Consórcio fava/milho/feijão com 4 anos de cultivo consecutivos (CFM4)	Área (25 ha) cultivada com fava (orelha de vó), milho e feijão carioca e macassar há 4 anos. Antes dos cultivos o solo era coberto por vegetação natural (mata). Foi realizado o corte da vegetação e queima dos restos vegetais em seguida um corte com o trator para revirar o solo e por fim o plantio utilizando o cultivador com tração animal. O espaçamento utilizado é de 2,00 × 1,00 m. No espaçamento entre as fileiras (2,00 m) é cultivado o feijão carioca e após a sua colheita realiza-se a semeadura do feijão macassar. Após a colheita da fava (150 dias) animais são introduzidos na área para pastar.
Consórcio fava/milho/feijão com 40 anos de cultivo consecutivos (CFM40)	Área (70 ha) cultivada há 40 anos com fava (orelha de vó), milho e feijão carioca e macassar. Antes dos cultivos solo era coberto por vegetação natural (mata). Foi realizado o corte da vegetação e em seguida a queima dos restos vegetais. Para preparar o solo é realizada a queima dos restos culturais do cultivo anterior, em seguida um corte com o trator para revirar o solo e por fim o plantio utilizando o cultivador com tração animal. O espaçamento utilizado é de 2,00 × 1,00 m. Após a colheita da fava (150 dias) animais são introduzidos na área para pastar.

**Quadro 2.** Atributos químicos, físicos e biológicos e os respectivos métodos de determinação.

<b>Atributo</b>	<b>Método</b>	<b>Referências</b>
<b>Físicos</b>		
Densidade do solo	Torrão Parafinado	Embrapa (1997)
Porosidade Total	Volume de poros/volume total do solo	Embrapa (1997)
Diâmetro Médio Ponderado de Agregados úmido (DMPAu)		Van Bavel (1949, 1953)
Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) (%)	$IEA = (DMPAu/DMPAs) \times 100$	Silva e Mielniczuk (1997)
<b>Biológicos</b>		
Respiração microbiana basal	Captura do CO <sub>2</sub> por KOH 0,25M via incubação do solo	Alef & Nannipieri (1995)
Atividade Enzimática Total (AET)	Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)	Ghini et al. (1998)
Urease	Determinação da amônia liberada após a incubação do solo	Tabatabai (1982)
Fosfatase ácida	Leitura em espectrofotômetro do <i>p</i> -nitrofenol	Tabatabai (1982)
$\beta$ -glicosidase	Leitura em espectrofotômetro do <i>p</i> -nitrofenolglicopiranosídeo	Tabatabai (1982)
Carbono da Biomassa Microbiana	Fumigação e extração	Vance et al. (1987)
Quociente metabólico ( $qCO_2$ )	Relação entre a respiração e o carbono da biomassa microbiana	Anderson & Domsch (1978)

O estoque de carbono no solo foi calculado pela expressão (VELDKAMP, 1994):

$$Est\ C = (COT \times Ds \times e)/10$$

onde:

Est C = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha<sup>-1</sup>)

COT = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg<sup>-1</sup>)

Ds = densidade do solo da profundidade (kg dm<sup>-3</sup>)

e = espessura da camada considerada (cm)

Após as análises nas três profundidades, foi produzida uma média ( $X = \Sigma x / n$ ) dos valores obtidos para cada indicador, apresentando um valor referente à camada de 0-20 cm nos dois solos.

Para avaliar a qualidade dos solos desse estudo foi utilizado o modelo IQS proposto por Karlen e Stott (1994). Neste modelo, o índice é gerado a partir de um modelo aditivo

que considera as funções principais do solo associando os indicadores a cada uma dessas funções; e são atribuídos pesos para as funções principais e para os indicadores.

Foram definidas quatro funções principais do solo relacionadas com a funcionalidade do solo: 1) receber e armazenar água (RAA); 2) promover o crescimento das raízes (PCR); 3) armazenar e ciclar nutrientes (ACN) e; 4) promover a atividade biológica (PAB). Para cada função principal do solo foi assumida a igualdade de importância, com atribuição de peso 0,25 para cada uma, sendo o somatório igual a 1,0 que representa o índice ideal de qualidade de solo. Cada função principal do solo foi associada a um conjunto de indicadores de qualidade para quantificar o comportamento da referida função no ambiente, e esses indicadores também receberam um peso específico no desempenho da função a que estão associados, sendo o somatório dos indicadores igual a 1,0 em cada função principal. Os indicadores foram selecionados em cada função principal com base na literatura (Quadro 3).

Como cada indicador apresenta uma unidade de medida, há a necessidade de padronizar as unidades. Os indicadores foram padronizados para escores que variaram de 0 a 1, empregando-se a equação proposta por Wymore (1993), que segue:

$$v = \frac{1}{1 + \left(\frac{B - L}{x - L}\right)^{2s \cdot (B + x - 2 \cdot L)}}$$

onde:

$v$  = é a pontuação padronizada;

$B$  = é o valor crítico ou limite-base do indicador, cuja pontuação equivale a 0,5;

$L$  = é o limite inferior ou o pior valor do indicador, podendo ser zero;

$s$  = é a inclinação da tangente da curva no limite-base ou no valor crítico do indicador; e

$x$  = é o valor do indicador medido em campo.

**Quadro 3.** Funções principais e indicadores de qualidade do solo

Funções principais	Ponderadores das funções	Indicadores de qualidade*	Ponderadores dos indicadores	Referência
Receber e armazenar água	0,25	Ds	0,15	Araújo et al. (2004)
		Pt	0,15	Araújo et al. (2004)
		DMPA	0,15	Cândido et al. (2015)
		MOS	0,40	Doran e Parkin (1994)
		EA	0,15	Marques et al. (2012)
Promover o crescimento das raízes	0,25	Ds	0,10	Araújo et al. (2004)
		MOS	0,40	
		SB	0,10	Jakelaitis et al. (2008)
		CTC	0,10	Jakelaitis et al. (2008)
		AET	0,10	Doran e Parkin (1994)
		P	0,10	Dias e Grifith (1998)
Armazenar e ciclar nutrientes	0,25	K	0,10	Dias e Grifith (1998)
		MOS	0,40	
		pH	0,05	Dias e Grifith (1998)
		SB	0,05	
		AET	0,10	
		$\beta$ -g	0,10	Doran e Parkin (1994)
		Fa	0,10	Doran e Parkin (1994)
		U	0,10	Doran e Parkin (1994)
Resp.	0,05	Doran e Parkin (1994)		
Promover a atividade biológica	0,25	EC	0,05	Fracetto et al. (2012)
		SB	0,15	
		CTC	0,15	Jakelaitis et al. (2008)
		C-BM	0,15	Doran e Parkin (1994)
		$qCO_2$	0,15	Doran e Parkin (1994)
		MOS	0,40	

\*Ds (densidade do solo), Pt (porosidade total), DMPAu (diâmetro médio ponderado de agregados úmido), MOS (matéria orgânica do solo), EA (estabilidade de agregados), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca catiônica), AET (atividade enzimática total) P (fósforo disponível), K (potássio disponível), pH (acidez total),  $\beta$ -g (atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase), Fa (atividade da enzima fosfatase ácida), U (atividade da enzima urease), Resp. (Respiração do solo), EC (estoque de carbono), C-BM (carbono da biomassa microbiana),  $qCO_2$  (quociente metabólico).

Porém, antes de se aplicar a equação de Wymore (1993), é necessário calcular a inclinação ( $s$ ) da tangente da curva de pontuação no valor crítico do indicador. Para tanto, a equação acima foi utilizada inicialmente com os seguintes ajustes:

- 1) Foi considerado para  $B$  o valor médio do respectivo indicador e para  $L$  o valor mínimo observado do indicador, ajuste proposto por Alvarenga et al. (2012);

- 2) Para “x” foi considerado o valor mínimo do indicador acrescentando quatro casas decimais, exatamente 0001;
- 3) Para “s” foram estimados valores crescentes de 0,1 a 10 e de -10 a -0,1 quando as curvas eram do tipo “mais é melhor” (inclinação positiva) e “menos é melhor” (inclinação negativa), respectivamente. Para a curva tipo “ótima” onde existe um valor ótimo para cada indicador que apresenta esse comportamento que é definido com base na literatura. Sendo assim, o valor estimado para “s” foi entre 0,1 e 10, para os valores abaixo do valor ótimo e de -10 a -0,1, para os valores acima do valor crítico. Os comportamentos das três curvas estão na Figura 1.

Após ajustes, a equação foi aplicada e, em seguida, gerado o gráfico para obtenção da inclinação da tangente no valor crítico do indicador e obtido o valor “s”.

Com o valor de “s” definido aplicou-se a equação de padronização com os ajustes para o valor de  $B$  e  $L$  (ALVARENGA et al., 2012) e o valor de “x” obtido em campo para cada indicador. Os valores padronizados de cada indicador foram aplicados no modelo IQS proposto por Karlen e Stott (1994) para obtenção dos índices em cada área estudada nesse trabalho.

O cálculo do IQS foi realizado em duas etapas:

$$1) Q_{FPn} = I_1 (W_1) + I_2 (W_2) + I_n (W_n)$$

$$2) IQS = Q_{FP1} (W_{FP1}) + Q_{FP2} (W_{FP2}) + Q_{FP3} (W_{FP3}) + Q_{FP4} (W_{FP4}) + Q_{FPn} (W_{FPn})$$

onde:

‘ $Q_{FPn}$ ’ = refere-se à qualidade da função principal do solo;

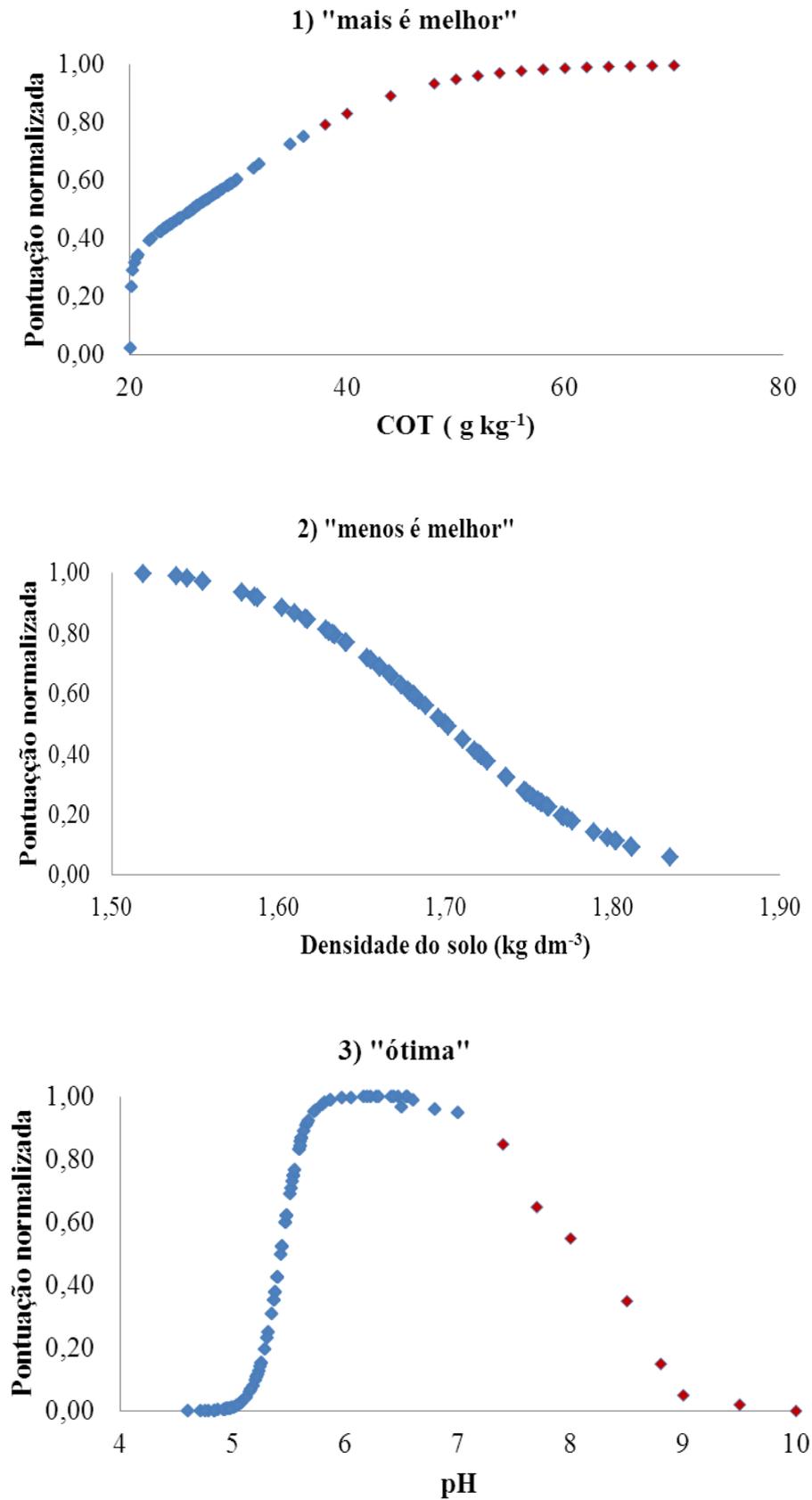
‘ $I$ ’ = refere-se aos escores padronizados dos indicadores de qualidade relacionados a cada função principal;

‘ $w$ ’ = refere-se aos ponderadores relacionados a cada indicador ou a cada função principal;

e

‘ $IQS$ ’ = é o índice integrado da qualidade do solo

Após o cálculo do IQS nos sistemas desenvolvidos, nas duas classes de solos estudadas, o índice foi avaliado conforme Melo Filho et al. (2009), utilizando a seguinte classificação:  $\geq 0,71$  = ótima; de 0,50 a 0,70 = média;  $< 0,50$  = ruim.



**Figura 1.** Exemplos de funções de pontuação normalizadas conforme a natureza do indicador de qualidade do solo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos quadros 4, 5 e 6 estão os resultados das análises químicas, físicas e biológicas, respectivamente, dos indicadores selecionados nesse estudo. Com base na quantidade de indicadores, os indicadores químicos e biológicos contribuíram de forma mais expressiva em quantidade para compor as funções principais do solo, devido ser atributos do solo denominados efêmeros (com mais sensibilidade à mudanças), comparados aos físicos que em grande maioria são denominados intermediários e até inerentes (ISLAM e WEIL, 2000); e por exercerem grande influência na capacidade do solo em produção de culturas (DORAN e PARKIN, 1996). No entanto, apesar dos indicadores físicos comporem em menor quantidade as funções principais dos solos foi observado nesse trabalho que esses indicadores exerceram importante influência no resultado do IQS desenvolvido devido estarem relacionados com o desenvolvimento radicular das culturas e movimento de água no perfil do solo (NEVES et al., 2007) e por se tratarem de dois solos com teores altos de argila. Essa influência dos indicadores físicos no resultado de IQS em solos argilosos é corroborada por Freitas et al. (2012) e Mukherjee e Lal (2014).

Os valores de IQS desenvolvidos a partir dos indicadores associados às quatro funções pré-estabelecidas indicaram que os manejos adotados nos dois solos promovem alteração na qualidade do solo (Quadro 7). No Argissolo, as áreas com um e dois anos de cultivos sucessivos de feijão/milho apresentaram IQS de 0,43 e 0,42, respectivamente, considerados ruins de acordo com Melo Filho et al. (2009). Esses valores mais baixos são provenientes da baixa capacidade dessas áreas em armazenar e ciclar nutrientes e de promover a atividade biológica, atribuído à baixa fertilidade (Quadro 4) e a baixa atividade das enzimas (Quadro 6), resultados possivelmente provenientes da queima dos restos vegetais. A área de campo sujo no Argissolo (CS1) apresentou IQS ruim (0,49), devido à sua baixa capacidade em promover o crescimento das raízes indicada pelo baixo valor de MOS (Quadro 4) e do aumento da Ds (Quadro 5). No entanto, é uma área (CS1) que já apresenta um aumento de IQS em relação a CFM1 e CFM2, podendo ser em curto prazo novamente cultivada utilizando-se de práticas que contribuam para aumentar a qualidade do solo.

**Quadro 4.** Indicadores químicos: pH, fósforo assimilável (P), potássio trocável ( $K^+$ ), sódio trocável ( $Na^+$ ) cálcio trocável ( $Ca^{2+}$ ), magnésio trocável ( $Mg^{2+}$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), capacidade de troca cátions efetiva (CTC), matéria orgânica do solo (MOS) e estoque de carbono (EC) para os sistemas de manejo do consórcio fava/feijão/milho.

Sistema de uso e manejo do solo	pH	P	$K^+$	SB	CTC	MOS	EC
	H <sub>2</sub> O	-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----		g kg <sup>-1</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>							
VN1	6,2	8,9	125,5	6,3	6,3	18,96	16,4
CS1	5,2	6,2	84,9	4,8	5,2	17,24	16,9
CFM1	5,1	5,7	93,4	2,9	3,2	21,20	20,7
CFM2	5,2	6,5	85,4	2,9	3,1	20,00	18,8
CFM3	5,5	6,3	100,8	6,1	6,2	23,45	21,8
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>							
VN2	6,6	420,4	138,3	40,1	40,2	46,72	57,8
CS2	6,8	326,2	144,1	60,1	60,1	48,44	58,5
CFM4	6,7	518,0	205,0	40,4	40,5	41,72	47,8
CFM40	7,0	495,6	171,6	48,4	48,5	41,13	50,0

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS2 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivo sucessivos, respectivamente.

**Quadro 5.** Indicadores físicos: densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), diâmetro médio ponderado de agregados úmido (DMPAu), estabilidade de agregados (EA) para os sistemas de manejo do consórcio fava/feijão/milho.

Sistema de uso e manejo do solo	Ds	Pt	DMPAu	EA
	kg dm <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Mm	%
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>				
VN1	1,47	0,42	1,76	49,6
CS1	1,49	0,42	1,81	52,9
CFM1	1,47	0,42	1,66	46,5
CFM2	1,48	0,41	1,35	39,5
CFM3	1,45	0,43	1,96	50,3
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>				
VN2	1,73	0,34	0,80	21,6
CS2	1,71	0,33	0,83	23,3
CFM4	1,66	0,35	0,54	19,8
CFM40	1,71	0,33	0,48	14,8

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS2 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivo sucessivos, respectivamente.

Na área com três anos de cultivo de fava/milho (CFM3) no Argissolo foi observado aumento de IQS comparado com a vegetação nativa (VN1), devido a área apresentar capacidade de receber e armazenar água, promover o crescimento das raízes e promover a atividade biológica provenientes da deposição de material orgânico (esterco) depositado durante o pastejo dos animais quando soltos, corroborado pelo maior teor de MOS (Quadro 4) que provavelmente contribuiu para a diminuição da Ds, bem como aumentos da porosidade total, do diâmetro médio ponderado dos agregados e da estabilidade de agregados (Quadro 5).

**Quadro 6.** Indicadores biológicos: Atividade enzimática total (AET), atividade da  $\beta$ -glicosidase ( $\beta$ -g), atividade da fosfatase ácida (Fa), atividade da urease (U), carbono da biomassa microbiana (C-BM) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ).

Sistema de uso e manejo do solo	AET mg FDA kg <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup>	B-g μg.p-nf.g <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup>	Fa μg.pnf. g <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup>	U μg de N.g-1	C-BM Mg kg <sup>-1</sup>	Resp. mg de C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo hora <sup>-1</sup>	$qCO_2$ Mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> <sup>1</sup> CBM h <sup>-1</sup>
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>							
VN1	93,21	288,5	192,4	43,5	6,91	3,60	1,00
CS1	31,12	161,2	114,2	27,5	8,25	1,96	0,25
CFM1	47,79	20,9	44,9	18,4	3,63	0,66	0,26
CFM2	83,32	47,6	35,3	21,0	4,10	0,64	0,19
CFM3	38,69	86,1	83,9	16,2	3,96	3,16	1,33
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>							
VN2	46,6	106,6	373,6	67,7	2,93	4,71	1,78
CS2	62,5	153,9	377,9	38,6	2,62	5,05	2,43
CFM4	36,0	106,4	325,8	34,6	5,06	3,02	0,84
CFM40	33,0	94,3	135,6	40,0	3,95	2,65	1,05

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS2 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivo sucessivos, respectivamente.

No Vertissolo, as áreas CFM 4 e CFM40 apresentaram valores de IQS de 0,49 e 0,46, respectivamente, proveniente da baixa capacidade da área em receber e armazenar água, promover o crescimento das raízes e de armazenar e ciclar nutrientes corroborado pela diminuição do tamanho dos agregados (Quadro 5), e redução da matéria orgânica (Quadro 4) e da atividade das enzimas (Quadro 5). A área CS2 no Vertissolo apresentou IQS de 0,63 devido esta área apresentar os maiores resultados nas quatro funções principais do solo, resultado atribuído ao maior acúmulo de matéria orgânica nessa área (Quadro 4).

A VN tanto no Argissolo como no Vertissolo apresentou valores de IQS de 0,61 e 0,54, respectivamente, abaixo do ideal devido ao estabelecimento dos limites críticos de cada indicador que foi baseado no valor médio proveniente de todos os valores observados em cada classe de solo e não no valor apresentado por essas áreas como referência. Porém, esses valores podem ser tidos como ideais para o tipo de vegetação que já é adaptada a tais condições.

**Quadro 7.** Funções principais do solo e índice de qualidade do solo (IQS)

<b>Sistema de uso e manejo do solo</b>	<b>Funções principais do solo</b>				<b>IQS</b>	<b>Classificação*</b>
	Receber e armazenar água	Promover o crescimento das raízes	Armazenar e ciclar nutrientes	Promover a atividade biológica		
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>						
VN1	0,1384	0,1471	0,1748	0,1527	<b>0,61</b>	<b>M</b>
CS1	0,1320	0,1020	0,1231	0,1339	<b>0,49</b>	<b>R</b>
CFM1	0,1457	0,1061	0,0863	0,0957	<b>0,43</b>	<b>R</b>
CFM2	0,1226	0,1092	0,0933	0,0916	<b>0,42</b>	<b>R</b>
CFM3	0,1724	0,1541	0,1460	0,1559	<b>0,63</b>	<b>M</b>
<b>VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico</b>						
VN2	0,1524	0,1171	0,1616	0,1093	<b>0,54</b>	<b>M</b>
CS2	0,1624	0,1475	0,1756	0,1451	<b>0,63</b>	<b>M</b>
CFM4	0,1426	0,1175	0,1146	0,1162	<b>0,49</b>	<b>R</b>
CFM40	0,1240	0,1175	0,0924	0,1218	<b>0,46</b>	<b>R</b>

VN1, VN2 vegetação nativa; CS1, CS2 capoeira há 8 anos em processo de regeneração; CFM1, CFM2, CFM3, CFM4, CFM40 consórcio fava/milho/feijão com 1, 2, 3, 4 e 40 anos de cultivo sucessivos, respectivamente. \*Classificação segundo Melo Filho et al. (2009) = M (Média: de 0,50 a 0,70), R (Ruim: <0,50).

#### 4. CONCLUSÕES

1. No Argissolo, os sistemas de manejo CFM1 e CFM2 apresentam IQS reduzidos enquanto que o CFM3 apresentou aumento de IQS, quando comparados à área de vegetação natural;
2. No Vertissolo os sistemas de uso CFM4 e CFM40 apresentam IQS reduzidos, quando comparados à área de vegetação natural;
3. Após oito anos de pousio a qualidade do solo no Argissolo ainda é ruim em relação à VN1; já no Vertissolo, após oito anos de pousio a qualidade do solo é considerada média e apresenta-se maior em relação à área de vegetação natural.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. eds. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576p.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, 10:215-221, 1978.

ALVARENGA, C.C.; et al. Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (IQS<sub>RA</sub>) na bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1608-1619, 2012.

ARAÚJO, M.A.; et al. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:337-345, 2004.

CÂNDIDO, B.M.; et al. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:589-597, 2015.

CHIEZA, E.D.; et al. Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1393-1401, 2013.

COELHO, M.S.; et al. Qualidade da matéria orgânica de solos sob cultivo de café consorciado com adubos verdes. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1576-1586, 2013.

DIAS, L.E.; GRIFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: **Recuperação de áreas degradadas**. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (eds). Viçosa-UFV, Departamento de Solos, 1998. p.1-8.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; et al. **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESSIET, E.U. Agricultural sustainability under small-holder farming in Kano, Northern Nigeria. **Journal of Arid Environments**, 48:1-7, 2001.

FERREIRA, E.A.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1625-1635, 2007.

FRACETTO, F.J.C.; et al. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1545-1552, 2012.

FREITAS, D.A.F.; et al. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e Cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, 43: 417-428, 2012.

GHINI, R.; MENDES, M.D.L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador da atividade microbiana do solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, 24:239-242, 1998.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, vol.38, p.1-97, 2013.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicators properties in Mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, 55:69-78, 2000.

JAKELAITIS, A.; et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 38:118-127, 2008.

KARLEN, D.L.; et al. Crop rotation effects on soil quality at three Northern corn/soybean belt locations. **Agronomy Journal**, 98:484-495, 2006.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: Doran J.W, Coleman D.C, Bezdicek D.F, Stewart B.A, editors. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, WI: Soil Science Society of America. 1994. p.53–72. (SSSA Special Publication, 35).

MARQUES, J.D.; et al. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:611-622, 2012.

MELO FILHO, J.F. de; et al. Índice de qualidade em um Latossolo Amarelo coeso cultivado com citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 31:1168-1177, 2009.

MUKHERJEE, A.; LAL, R. Comparison of Soil Quality Index using three methods. **PLOS ONE**, 9:1-15, 2014.

NEVES, C.M.N. et al. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, 74:45-53, 2007.

SANTOS, D.; et al. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1407-1412, 2002.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:113-117, 1997.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Eds.). **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: ASA, 1982. 903p.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V, V. H. et al. (Ed). **Tópicos em**

**Ciência do Solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. p. 196-276. v. 02.

VAN BAVEL, C.H.M. Mean weight diameter of soil aggregate as a statistical index of aggregation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 14:20-23, 1959.

VAN BAVEL, C.H.M. Report of the Committee on Physical Analyses 1951-1953, Soil Science Society of America. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 17:416-418, 1953.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, 19:703-707, 1987.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, 58:175-180, 1994.

WYMORE, A.W. **Model-based systems engineering:** an introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricategory theory of system design. Boca Raton: CRC, 1993. 710p.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fava é uma cultura que precisa ser mais bem estudada em termos de contribuição para a qualidade do solo;

A pesquisa com a cultura da fava no estado da Paraíba é escassa e por isso existe demanda de informações por parte da comunidade científica;

Existe uma diversidade considerável de variedade de fava no estado da Paraíba que precisa ser catalogada;

O estudo da qualidade do solo por meio do uso das análises do conjunto de indicadores ligados às funções principais do solo é uma ferramenta que pode ser mais explorada levando em consideração as classes de solos e as culturas exploradas.

**APÊNDICE A**  
(Esquema de Análise de Variância)

**Tabela 1.** Esquema de Análise de Variância (Local 1)

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
Manejo	4	3,00684557
Res. A	15	0,21613667
Profundidade	2	0,48377917
Manejo*Profundidade	8	0,06227292
Res. B	66	0,01321098
Total	95	

**Tabela 2.** Esquema de Análise de Variância (Local 2)

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
Manejo	3	0,54730787
Res. A	15	0,52067500
Profundidade	2	0,20604306
Manejo*Profundidade	8	0,48569722
Res. B	66	0,02181875
Total	95	

**APÊNDICE B**  
(Roteiro de Entrevista)

**ROTEIRO DE ENTREVISTA**  
Adaptado de Cardoso et al. (2009)

No.: \_\_\_\_\_ Data da entrevista: \_\_\_\_\_

Nome do entrevistador: \_\_\_\_\_

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE FAVA, NOS  
MUNICÍPIOS MAIORES PRODUTORES DA CULTURA NO ESTADO DA  
PARAÍBA**

**I. INFORMAÇÃO GERAL**

1. Nome completo do entrevistado: \_\_\_\_\_
2. Apelido: \_\_\_\_\_
3. Cidade: \_\_\_\_\_
4. Comunidade/Assentamento: \_\_\_\_\_
5. Ponto de referência: \_\_\_\_\_
6. Contato (telefone/e-mail): \_\_\_\_\_

**II. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO**

7. Área da sua propriedade (2014): \_\_\_\_\_ ha \_\_\_\_\_ tarefas
  
8. Área cultivada/plantada atualmente com fava: \_\_\_\_\_ ha \_\_\_\_\_ tarefas
  
9. Área cultivada/plantada atualmente com fava em outras propriedades (propriedades de terceiros):
  - a) Arrendamento: \_\_\_\_\_ ha \_\_\_\_\_ tarefas
  - b) Parceria: \_\_\_\_\_ ha \_\_\_\_\_ tarefas
  
10. Valor do arrendamento da terra:
  - a) \_\_\_\_\_ R\$/ha/ano ou \_\_\_\_\_ R\$/tarefa/ano.
  - b) \_\_\_\_\_ (%) em raiz ou \_\_\_\_\_ (%) em farinha
  - c) outra condição de pagamento: \_\_\_\_\_

11. Área disponível para aumentar o cultivo de fava: \_\_\_\_ha ou \_\_\_\_ tarefas

12. Cultiva fava em consórcio com outras culturas?

1. Sim ( ) 2. Não ( )

13. Em caso afirmativo, quais as outras culturas?

1. milho 2. Feijão 3. Batata 4. Abóbora 5. Melancia 6. Fruteiras

7. outra (especificar): \_\_\_\_\_

14. Quantas vezes planta fava na mesma área, sem intervalo?

1. 1x; 2. 2x; 3. 3x; 4. 4x; 5. 5x;

6. outro (especificar): \_\_\_\_\_

15. Como preparou a terra para o plantio, nos últimos 3 anos (no máximo 2 opções)

a) Apenas destoca e planta

b) Apenas limpa com enxada e planta

c) Queima e planta

d) Faz aração com tração animal

e) Só fez aração

f) Só fez gradagem – Obs: porque a área já é bastante trabalhada/plantada.

g) Fez aração e gradagem

16. Fez análise de solo nos últimos 3 anos?

1. Sim ( ) 2. Não ( )

17. Se não fez análise do solo nos últimos 3 anos, tem interesse em fazer?

1. Sim ( ) 2. Não ( )

18. Época de concentração do plantio (meses) (pode marcar no máximo 3 opções)

1. Jan 2. Fev. 3. Mar. 4. Abr. 5. Mai. 6. Jun. 7. Jul.

19. Em qual(quais) mês(es) não planta ou seja evita plantar? (pode marcar no máximo 3 opções)

1. Jan 2. Fev. 3. Mar. 4. Abr. 5. Mai. 6. Jun. 7. Jul.

20. Por que não planta nos meses escolhidos acima (principal justificativa)?

g) Chove muito

h) É muito seco (chove pouco)

i) É muito frio

j) Tem que plantar outras culturas

k) Tem que cuidar de outras coisas fora

l) Outras (especificar): \_\_\_\_\_

21. Qual o espaçamento utilizado?

22. Faz adubação nas áreas com fava?

1. Sim ( ) 2. Não ( )

23. Se fez adubação foi:

a) Com base na análise do solo

b) Com base em informações de amigos/vizinhos/parentes

c) Com base em informações da assistência técnica (Emater)

d) Com base na informação do vendedor do adubo

e) De acordo com a forma que todo mundo faz na região

f) Outros (especificar): \_\_\_\_\_

24. Em caso afirmativo (questão 22) qual a forma de aplicação do adubo?

1. A lança 2. No fundo da cova 3. Em cima da cova

25. Qual o tipo do adubo?

1. Esterco 2. Adubação química 3. Compostagem 4. Resíduos vegetais

26. Planta em curva de nível (cortando as águas)?

1. Sim ( ) 2. Não ( )

27. Ao fazer as capinas deixa os restos de plantas/culturas no solo

1. Sim ( ) 2. Não ( )

28. Teve recentemente (últimos 3 anos) dificuldade para adquirir material de plantio (semente)?

1. Sim ( ) 2. Não ( )

29. Onde o(a) Sr.(a) geralmente obtém as sementes para o plantio? (resposta única)

1. Do próprio plantio (banco de sementes familiar)

2. Plantio de vizinhos (doadas)

3. De fora da localidade (doadas)

4. Plantio de vizinhos (comprada)

5. De fora da localidade (comprada)

30. Há quanto tempo possui as sementes?

a) 1 ano b) 2 anos c) 3 anos d) mais de 4 anos

31. Qual geralmente a quantidade de sementes usada em cada cova?

a) 1 b) 2 c) 3

32. Caso a resposta no número 29 seja a letra a, em qual recipiente armazena as sementes?

1. Silo (zinco) 2. Garrafa pet 3. Tambor de plástico

4. Outro (especificar) \_\_\_\_\_

33. Em caso positivo, utiliza algum produto para conservar as sementes guardadas? Qual?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

34. Número de limpas/capinas durante todo o ciclo da cultura.

1. Uma 2. Duas 3. Três 4. Quatro. 5. Cinco 6. Seis 7. Sete 8. Oito 9. Nove 10. Dez

11. Não faz

35. Meses em que se concentra a colheita e motivos para a escolha dos respectivos meses (marcar “X” relacionando meses e motivos).

Motivos	Meses												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	QM

GV = Grãos verdes

GS = Grãos secos

36. Qual a utilização/destino dos produtos da lavoura? (pode marcar várias opções)

1. Utiliza para sua alimentação (não comercializa)
2. Vende toda a produção
3. Maior parte para alimentação e outra comercializa
4. Menor parte para alimentação e a outra comercializa

37. Qual a época (meses) que a fava tem melhores preços? (máximo 4 opções)

Jan. Fev. Mar. Abr. Mai. Jun. Jul. Ago. Set. Out. Nov. Dez.

38. Qual a época (meses) do ano que a fava têm piores preços? (máximo 4 opções)

Jan. Fev. Mar. Abr. Mai. Jun. Jul. Ago. Set. Out. Nov. Dez.

39. Qual o menor preço que o(a) Sr(a). aceitaria vender uma saca de fava?\_\_\_\_\_ (colheita realizada pelo produtor)

40. Qual o menor preço que o(a) Sr(a). aceitaria vender uma saca de fava?\_\_\_\_\_ (colheita realizada pelo comprador)

### III – VARIEDADES CULTIVADAS

41. Principais variedades cultivadas

Relacione as 5 variedades mais plantadas na região. Indique o número de meses decorridos entre o plantio e a colheita, a cor da semente, o formato da folha, o hábito de crescimento e rendimento médio.

Nome da variedade	Meses entre o plantio e a colheita	Quantas colheitas por safra	Cor da semente	Formato da folha	Hábito de crescimento	Rendimento médio (saco/ha ou saco/tarefa)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

42. Quais os problemas? (Citar em frente à descrição do problema, o número da variedade, conforme relação acima. Caso o problema exista e não seja possível associar com alguma variedade, identificar com zero.)

1. Plantas com pequeno desenvolvimento \_\_\_\_\_
2. Plantas pouco produtivas \_\_\_\_\_
4. Ataque de pulgões \_\_\_\_\_
5. Ataque de lagarta das vagens \_\_\_\_\_
7. Ataque de mosca branca \_\_\_\_\_
8. Ataque da broca das vagens \_\_\_\_\_
9. Apodrecimento de raízes \_\_\_\_\_
10. Outro (especificar) \_\_\_\_\_

43. Formas utilizadas para controlar/resolver problemas (Citar, à frente da forma de controlar/resolver problemas, o número correspondente ao problema, segundo relação acima. Caso o problema exista e não seja utilizada forma de controle marcar com zero)

1. Uso de inseticidas \_\_\_\_\_ 2. Uso de fungicidas \_\_\_\_\_
3. Uso de formicidas \_\_\_\_\_ 4. Uso de adubação \_\_\_\_\_
5. Substituição da variedade \_\_\_\_\_ 6. Plantio em outra área \_\_\_\_\_
7. Mudança na época de plantio \_\_\_\_\_

#### IV. ORGANIZAÇÃO

44. O Sr.(a) participa de: (poder marcar várias opções)

1. Associação
2. Cooperativa
3. Grupo de famílias
4. Sindicato
5. Mutirão
6. Outro (especificar): \_\_\_\_\_

45. Já trabalhou com financiamento de banco para a produção de fava?

Sim ( ), como foi?

1. Foi satisfatório
2. O dinheiro foi liberado com atraso
3. Foi possível pagar com folga
4. O pagamento foi com aperto
5. O prazo foi curto
6. O prazo foi adequado
7. Outro (especificar): \_\_\_\_\_

Não ( ), devido a:

1. Burocracia
2. Falta de documentos
3. Restrições cadastrais
4. Outro (especificar): \_\_\_\_\_

#### V. INOVAÇÃO

46. Recebe assistência técnica? Sim ( ) Não ( ), em caso afirmativo, qual?

1. Pública (qual empresa, organização ou instituição): \_\_\_\_\_
2. Privada (qual empresa, organização ou instituição): \_\_\_\_\_

47. O Sr.(a) adota as recomendações da assistência técnica.

( ) Não ( ) Sim ( ) Não quis responder,

48. Se não adota, quais os motivos?

- ( ) Falta de recursos para adquiri-las
- ( ) Falta de capacitação de pessoal para utilizá-las
- ( ) Outros (especificar): \_\_\_\_\_

49. Quando Sr.(a) começou a usar tecnologias modernas, houve aumento de produtividade e/ou de qualidade.

( ) Não ( ) Sim ( ) Não sabe

50. O que deveria ser feito para melhorar os resultados do plantio de fava (escolha 3 opções mais importante, segundo o ponto de vista do entrevistado)?

1. Facilitar crédito
2. Assistência técnica/informação tecnológica
3. Organizar para o beneficiamento/processamento
4. Organizar para comercialização
5. Garantir preço mínimo
6. Garantir compra da produção

---

**Assinatura do Agricultor**

**APÊNDICE C**  
**(Termo de Consentimento Livre e Esclarecido)**

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a), esta pesquisa é sobre o conhecimento que você tem e o uso que faz das plantas cultivadas e do solo de sua região, e não visa nenhum benefício econômico para os pesquisadores ou qualquer outra pessoa ou instituição. Está sendo desenvolvida por Fabiana do Nascimento Santos, estudante de Pós-Graduação em Ciência do Solo, sob a orientação do Prof. Dr. Djail Santos (CCA/UFPB).

O objetivo do estudo é de reconhecer a existência de padrões de uso do solo no cultivo de fava consorciada com milho por agricultores familiares nos municípios maiores produtores de fava do Estado da Paraíba. A finalidade é de realizar um diagnóstico prévio do sistema de produção de fava desenvolvido pelos agricultores. Essas informações podem ajudar os agricultores a entender como o solo cultivado está se comportando frente ao uso com o consórcio fava/milho e em parceria com as instituições que prestam assistência técnica nos locais construir alternativas sustentáveis para o uso do solo.

Solicitamos a sua colaboração para fornecer informações sobre o sistema de produção da fava por meio de entrevista, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de ciências agrárias e ambientais, além de publicar em revistas científicas nacionais e internacionais.

Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo pesquisador (a).

Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que poderá vir a receber por parte dos pesquisadores envolvidos no projeto. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

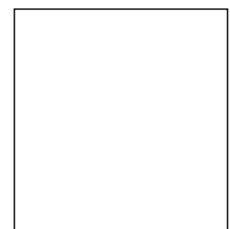
Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que recebi uma cópia desse documento.

---

Assinatura do Participante da Pesquisa ou Responsável Legal

**Observação:** (em caso de analfabeto – acrescentar)

Espaço para impressão dactiloscópica




---

Assinatura da Testemunha:

Contato com o pesquisador (a) responsável:

Telefone:

Atenciosamente:

Assinatura do Pesquisador Responsável:

Assinatura do Pesquisador Participante:

**APÊNDICE D**  
(Descrição dos perfis de solos)

## **A- DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL 01**

**DATA: 29/09/2014**

**CLASSIFICAÇÃO SiBCS: ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico**

**LOCALIZAÇÃO:** Município de Areia, PB. Saindo do Distrito de Mata Limpa em direção à Chã de Santo Antônio, após 5 km de distância, chega ao Engenho Ipueira de São João. Segue em frente e após 1 km de distância chega a Chã de Santo Antônio onde encontra um pequeno trevo. No trevo, toma a direita e após 1 km, chega ao Assentamento Santo Expedito. Coordenadas: 25M 0202443 UTM 9237538.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL:** Perfil descrito em terço médio da encosta com declividade entre 8 e 20% sob cobertura vegetal composta por milho, fava, quiabo, macaxeira, jaca, manga, laranja e açafraão.

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**RELEVO LOCAL:** Ondulado

**RELEVO REGIONAL:** Forte ondulado

**EROSÃO:** Presença de erosão da classe moderada e tipo em sulcos

**DRENAGEM:** Moderadamente drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:** Floresta subcaducifólia

**USO ATUAL:** Milho, fava, quiabo, macaxeira, jaca, manga, laranja e urucum (agricultura familiar)

**CLIMA:** Tropical chuvoso com verão seco

**DESCRITO E COLETADO POR:** Roseilton Fernandes dos Santos, Alex de Deus e Fabiana do Nascimento Santos, com a participação dos agricultores proprietários da área, Sr. João e D. Severina

## B- DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0-13 cm, amarelo acinzentado (10YR 4/1, seca e 10YR 3/1, úmida); franco argilo arenosa; blocos angulares e subangulares e moderada média e pequena; ligeiramente dura quando seca e firme quando úmida, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara ondulada. Presença de uma camada (3 cm) de xerém de pedra, essencialmente quartzo. Presença comum de raízes finas e muito finas. Presença de cupins na superfície.
- E** 13-16 cm, linha de pedras (cascalhos).
- 2Bt<sub>1</sub>** 16-55 cm, amarelo (10YR 5/4, seca e 10YR 3/4, úmida); argila; estrutura com aparência de lâminas e moderada média e pequena; ligeiramente dura quando seco e firme quando úmido, muito plástica e pegajosa; transição clara e ondulada. Presença de uma camada (10 cm) de cascalho de pedra essencialmente quartzo. Presença de raízes finas e muito finas. Considerado B textural, pois apresentou incremento de argila total do horizonte A para o B resultando em uma relação  $B/A = 1,79$  e argila de atividade baixa.
- 2Bt<sub>2</sub>** 55-85 cm, franco argilosa. Presença rara de raízes muito finas.
- Cr** 85-125<sup>+</sup>, franco arenosa. Ausência de raízes.

**Tabela 1. Descrição morfológica (Perfil 01).**

Horiz.	Prof.	Cor Munsell	Estrutura <sup>(1)</sup>	Consistência <sup>(2)</sup>			Textura	
				Matiz		seca		úmida
	(cm)		Perfil descrito em terço médio da encosta					
Ap	0-13	10YR 4/1	M, P, BS	LD	F	PL, LPe	Franco- argiloarenosa	
E	13-16	-	-	-	-	-	-	
2Bt <sub>1</sub>	16-45	10YR 5/4	M, P, L	LD	F	MP, Pe	Argila	
2Bt <sub>2</sub>	55-85	-	-	-	-	-	-	
Cr	85-125 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	

<sup>(1)</sup> Estrutura: grau de desenvolvimento (M: moderado), tamanho (P: pequeno, M: médio), tipo (BS: blocos subangulares, L: laminar). <sup>(2)</sup> Consistência no estado seco (LD: ligeiramente dura); no estado úmido (F: friável); no estado molhado (PL: plástico, MP: muito plástica, LPe: ligeiramente pegajosa, Pe: pegajosa). -: não determinado.

**Tabela 2. Características físicas dos horizontes (Perfil 01).**

Horiz	Prof.	Areia (g/kg)		Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	AD (g kg <sup>-1</sup> )	GF (g kg <sup>-1</sup> )	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
		Grossa	Fina							
Ap	0-13	272	373	96	259	64	753	1,44	2,61	0,45
2Bt <sub>1</sub>	16-45	195	229	110	466	123	736	1,56	2,68	0,42
2Bt <sub>2</sub>	55-85	151	258	234	357	67	812	1,68	2,80	0,40
Cr	85-125 <sup>+</sup>	237	361	226	176	0	1000	1,58	2,79	0,43

**Tabela 3. Características químicas dos horizontes (Perfil 01).**

Horiz	Prof.	pH (1:2,5)	P	K	Na	Ca+Mg	Al	H+Al	C	M.O	SB	V
	cm	Água	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----			-----g kg <sup>-1</sup> -----		cmolc dm <sup>-3</sup>	%
<b>Ap</b>	0-13	5,7	3,70	124	0,05	3,87	0,000	5,53	21,3	36,72	4,24	43
<b>2Bt<sub>1</sub></b>	16-55	5,0	2,28	125	0,06	2,76	1,10	8,00	24,2	41,72	3,14	28
<b>2Bt<sub>2</sub></b>	55-85	5,0	1,57	139	0,10	2,95	0,40	3,55	34,3	59,13	3,41	49
<b>Cr</b>	85-125 <sup>+</sup>	4,9	1,71	67	0,10	2,06	0,10	1,57	36,9	63,62	2,33	60

### Principais Características do Horizonte diagnóstico (Bt)

Soma de bases =  $3,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

CTC efetiva (t) =  $4,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

Relação silte/argila = 0,24 (textura argila)

Gradiente textural (horizontes B/A): 1,79

Saturação por bases = 28%



Foto 1. Perfil de ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico (Areia-PB).

## **CLASSIFICAÇÃO (SiBCS)**

**ORDEM = Argissolo:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa, ou com argila de atividade alta, conjugada com saturação por bases baixa, e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B.

**SUBORDEM = Amarelo:** solos com matiz 7,5YR, ou mais amarelos, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

**GRANDE GRUPO = Distrófico:** solos que apresentam saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

**SUBGRUPO = típico:** solos que não se enquadram nas classes anteriores, ou seja, não apresentam mudança textural abrupta; não apresentam caráter plíntico dentro de 150 cm da superfície do solo ou horizonte plíntico em posição não diagnóstica para Plintossolos; e não apresentam horizonte A proeminente.

## A – DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL 02**

**DATA: 03-10-2014**

**CLASSIFICAÇÃO: VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico**

**LOCALIZAÇÃO,** Município de Queimadas, PB. Saindo de Campina Grande em direção ao município de Queimadas, após 500 m de distância da placa de divisa dos dois municípios, do lado esquerdo em frente ao Bar do Bode, entra na estrada para Galante. Segue em frente passando por um povoado e, após 3 km chega em frente à Fazenda Velha onde está localizada a Fazenda de Diodete. Coordenadas: 25M 0182962 UTM 9191362.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL:** Perfil descrito no topo plano da paisagem sob declividade de 3 a 8% com cobertura vegetal composta por milho e fava; nas proximidades existem resquícios de Caatinga com a presença de braúna, aroeira, juazeiro, catingueira e umburana.

**PEDREGOSIDADE:** Ligeiramente pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**RELEVO LOCAL:** Suave ondulado

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**EROSÃO:** Não aparente

**DRENAGEM:** Imperfeitamente drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:** Caatinga

**USO ATUAL:** Fava e milho

**CLIMA:** Tropical semiárido com chuvas de verão

**DESCRITO E COLETADO POR:** Roseilton Fernandes dos Santos, Alex de Deus e Fabiana do Nascimento Santos, com a participação dos agricultores, Sr. João e Sr. Val

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Apv** 0-40 cm, escuro (10YR 3/1, seca e 10YR 2/1, úmida); franco argilosa; forte, grande, prismática; presença de slickensides; extremamente dura quando seca e muito firme quando úmida, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana. Presença de poros pequenos e muito pequenos. Horizonte vértico caracterizado pelo teor de argila apresentado ( $342 \text{ g kg}^{-1}$  de solo) e presença de fendas no período seco.
- Biv** 40-50 cm, acinzentado (10YR 3/2, seca e 10YR 3/3, úmida); franca; forte, média e prismática; presença de slickensides; dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição clara e plana. Não é considerado B textural pois não apresentou incremento de argila total do horizonte A para o B (relação textural  $B/A = 0,41$ ).
- Cg/Biv** 50-80 cm; franco arenosa.
- Cg** 80-100+ cm; franco arenosa.
- Raízes** – Comuns, grossas em Apv; poucas finas em Biv; poucas muito finas em Cg/Biv

**Tabela 4. Descrição morfológica (Perfil 02).**

Horiz.	Prof. (cm)	Cor		Estrutura <sup>(1)</sup>	Consistência <sup>(2)</sup>			Textura
		Munsell			seca	úmida	molhada	
		Matiz						
Perfil descrito em terço médio da encosta								
<b>Apv</b>	0-40	10YR	3/1	F, G, P	ED	MF	MP, MPe	Franco-argilosa
<b>Biv</b>	40-50	10YR	3/2	F, M, P	D	F	MP, Pe	Franca
<b>Cg/Biv</b>	50-80	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cg</b>	80-100+	-	-	-	-	-	-	-

<sup>(1)</sup> Estrutura: grau de desenvolvimento (F: forte, M: moderado), tamanho (M: médio, G: grande), tipo (P: prismática). <sup>(2)</sup> Consistência no estado seco (ED: extremamente dura, D: dura); no estado úmido (MF: muito firme, F: firme); no estado molhado (MP: muito plástica, MPe: muito pegajosa, Pe: pegajosa). – não determinado.

**Tabela 5. Características físicas dos horizontes (Perfil 02).**

Horiz.	Prof. (cm)	Areia (g kg <sup>-1</sup> )		Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	AD (g kg <sup>-1</sup> )	GF (g kg <sup>-1</sup> )	DS (g cm <sup>-3</sup> )	DP (g cm <sup>-3</sup> )	Pt m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
		Grossa	Fina							
<b>Apv</b>	0-40	106	153	399	342	168	509	1,70	2,86	0,41
<b>Biv</b>	40-50	261	202	396	141	109	227	1,77	2,83	0,37
<b>Cg/Biv</b>	50-80	685	204	111	0	0	0	1,85	2,86	0,35
<b>Cg</b>	80-100+	736	179	85	0	0	0	2,15	2,86	0,25

**Tabela 6. Características químicas dos horizontes (Perfil 02).**

Horiz.	Prof. Cm	pH H <sub>2</sub> O	P -----mg dm <sup>-3</sup> -----	K	Na	Ca+Mg -----cmolc dm <sup>-3</sup> -----	Al	H+Al	C -----g kg <sup>-1</sup> -----	M.O	SB cmolc dm <sup>-3</sup>	V %
<b>Apv</b>	0-16	7,4	507,44	60,48	0,22	38,56	0,00	1,07	29,4	50,69	38,94	97
<b>Biv</b>	16-55	7,8	426,86	37,40	0,48	43,71	0,00	0,58	33,4	57,58	44,28	99
<b>Cg/Biv</b>	55-85	8,1	546,24	39,55	0,762	28,18	0,00	0,08	37,8	65,17	29,04	100
<b>Cg</b>	85-125+	8,3	865,67	59,64	1,00	24,46	0,00	0,00	37,4	64,48	25,61	100

### Principais Características do Horizonte diagnóstico (vértico)

Gradiente textural = 0,41

Teor de argila no horizonte superficial  $> 300 \text{ g kg}^{-1}$  de solo

Presença de fendas verticais no período seco, com pelo menos 1 cm de largura, atingindo os primeiros 50 cm de profundidade.

Ausência de material com contato lítico, ou horizonte petrocálcico, ou duripã dentro dos primeiros 30 cm de profundidade.



Foto 1. Perfil de VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico (Queimadas-PB).

## CLASSIFICAÇÃO (SiBCS)

**ORDEM = Vertissolo:** solos constituídos por material mineral com horizonte vértico entre 25 e 100 cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural.

**SUBORDEM = Ebânico:** solos com matiz mais vermelho que 7,5YR apresentando

a) cor úmida: preto ou cinzento muito escuro (Munsell).

b) cor seca: valor <5.

**GRANDE GRUPO = Órtico:** solos que não apresentam caráter carbonático e nem sódico.

**SUBGRUPO = típico:** solos que não se enquadram nas classes anteriores, ou seja, não apresentam caráter solódico, em um ou mais horizontes, dentro de 100 cm da superfície do solo; e não apresentam horizonte A chernozêmico.