



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
(AGROECOLOGIA)**



**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE
BANANA (*Musa spp.*)**

ANDRÉ LUÍS PEREIRA DOS SANTOS

**BANANEIRAS-PB
2018**

ANDRÉ LUÍS PEREIRA DOS SANTOS

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE
BANANA (*Musa spp.*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia)

Área de concentração: Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Manoel Alexandre Diniz Neto (Orientador)

Dr. José Carlos Aguiar da Silva

Dr. Thiago de Sousa Melo

**Catálogo na publicação Seção de
Catálogo e Classificação**

S237aa Santos, Andre Luis Pereira Dos.

Atributos químicos do solo em áreas de produção de
banana (Musa spp.) / Andre Luis Pereira Dos Santos. -
João Pessoa, 2020.

44 f. : il.

Orientação: Manoel Alexandre Diniz Neto Diniz.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Musa spp. 2. Fertilidade. 3. Indicadores. 4.
Agroecologia. I. Diniz, Manoel Alexandre Diniz Neto.
II. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 63

Elaborado por LAIS EMANUELY ALBUQUERQUE DOS SANTOS - CRB-785

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE
BANANA (*Musa spp.*)**

ANDRÉ LUÍS PEREIRA DOS SANTOS

Aprovada em 04 de dezembro de 2018

Comissão examinadora



Prof. Manoel Alexandre Diniz Neto (Dr.)
Orientador – PPGCAG/CCHSA/UFPB



Prof. George Rodrigo Beltrão da Cruz (Dr.)
Examinador – PPGCAG/CCHSA/UFPB



Prof. Lucas Borchardt Bandeira (Dr.)
Examinador – PPGCAG/CCHSA/UFPB



José Carlos Aguiar da Silva (Dr.)
Examinador – EMBRAPA/CNPA



Thiago de Sousa Melo (Dr.)
Examinador – PNPB/PPGCAG/CCHSA/UFPB

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha família

À Universidade Federal da Paraíba-UFPB e ao Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias-CCHSA.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À banca examinadora.

Ao comitê de orientação.

A secretaria do PPGCAG, em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Manoel Alexandre Diniz Neto, à Everton de Oliveira e Thiago de Sousa Melo peças fundamentais para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO	Páginas
LISTA DE TABELAS -----	vi
LISTA DE FIGURAS -----	vii
RESUMO -----	viii
ABSTRACT -----	ix
1.INTRODUÇÃO -----	01
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA -----	03
2.1 Fertilidade do solo	04
2.2 Indicadores de fertilidade do solo	05
2.3 Dinâmica da mobilização de elementos no solo-----	06
2.4 Sistema convencional e sistema orgânico-----	09
2.5 Impactos causados pela agricultura convencional-----	10
2.6 Análise multivariada na caracterização química do solo-----	11
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	12
3.1. Localização da área experimental.....	12
3.2. Coleta de amostras do solo na área experimental-----	15
3.3 Análises química das amostras de solo-----	15
3.4 Delineamento experimental.....	16
3.5. Análise estatística.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	19
4.1. Análise não-paramétrica.....	19
4.2. Análise de agrupamento.....	21
4.3. Análise de componentes principais – ACP-----	22
5. CONCLUSÃO -----	29
6. BIBLIOGRAFIA -----	30

LISTA DE TABELAS

Páginas

Tabela 1. Valores médios (\pm SD) de pH, P, K, Na, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, v, m, MO, CO, CE, DS, Ca:Mg, Ca+Mg:K, Ca:K e Mg:K sob diferentes declividades do solo manejado com a cultura da bananeira nas camadas do solo de 0-20 e 20-40 cm.	29
Tabela 2. Análise de componentes principais das variáveis químicas e física de um solo manejado com a cultura da bananeira sob diferentes declividades em cada camada de coleta do solo.	32
Tabela 3. Análise de componentes principais que apresentam escore $\geq 0,500$ (positiva ou negativa) com o componente principal 1.	34

LISTA DE FIGURAS

	<i>Páginas</i>
Figura 1. Mapa da Paraíba com destaque o município de Bananeiras-----	12
Figura 2. Localização das duas áreas: convencional mais abaixo e orgânica mais acima.....	13
Figura 3. Esquema da coleta do solo em cada área-----	15
Figura 4. Análise de agrupamentos hierárquica pelo dendrograma para os atributos químico e físico do solo que permite averiguar a similaridade entre as declividades (superior, mediana e inferior) e nas camadas do solo: 0-20 (A) e 20-40 cm (B)----	21
Figura 5. Análise de componentes principais (ACP) do diagrama de agrupamento entre os grupos de declividades, inferior (●), mediano (▲) e superior (■) entre CP1 e CP2 sobre as características do solo manejado com a cultura da bananeira nas camadas de solo de 0-20 (A) e 20-40 cm (B).-----	27
Figura 6. Análise de componentes principais (ACP) do diagrama de agrupamento entre os grupos de declividades, inferior (●), mediano (▲) e superior (■) entre CP1 e CP2 sobre as características do solo manejado com a cultura da bananeira nas camadas de solo de 0-20 (A) e 20-40 cm (B)-----	28

RESUMO

Santos, André Luís Pereira dos.; Universidade Federal da Paraíba; 12/2018; Atributos químicos do solo em sistema de manejo convencional e orgânico em agroecossistemas de bananeira. Prof. Manoel Alexandre Diniz Neto (Dr.)

O uso e manejo do solo por diferentes sistemas acarretam em alterações da qualidade física e química de seus atributos. O objetivo com o presente trabalho foi avaliar a qualidade de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com base nas alterações dos atributos químicos numa área de bananicultura em declividade. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com fatorial 3x2 constando de três transectos na área em declividade (superior, mediana e inferior) e em cada transecto, duas profundidades para coleta de amostras de solo (0-20 cm e 20-40 cm) com três repetições. A coleta das amostras de solo indeformadas foi feita aleatoriamente na área para a realização das análises químicas. Foram avaliados: pH, sódio (Na^+), alumínio trocável (Al^{+3}), cátions trocáveis (K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2}), fósforo disponível (P), acidez trocável ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), matéria orgânica (MO), Soma de bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Saturação por Alumínio (m). A maior concentração de matéria orgânica na camada superficial da área experimental contribui para o aumento da capacidade de troca de cátions, retendo bases e aumento do pH com reflexo direto na diminuição da acidez. Na camada mais profunda do solo houve incremento nos teores de alumínio levando ao aumento da saturação por este elemento, o que levou a diminuição da saturação por bases. Quanto ao relevo da área experimental, as posições inferior e mediana encontram-se com maiores valores de acidez trocável e saturação por alumínio. Já na posição superior, os valores de soma de bases e saturação por bases são mais elevadas com menores perdas e maior incremento dos teores de matéria orgânica devido às folhas de bananeiras depositadas na superfície, atividade comum na região da instalação do experimento. A utilização de técnicas multivariadas é uma ferramenta de grande utilidade na análise de dados relacionados à atributos químicos do solo com amostras retiradas em diferentes profundidades sob áreas declivosas em sistemas de bananicultura.

Palavras-chave: *Musa spp.*, fertilidade, indicadores, agroecologia

ABSTRACT

Santos, André Luís Pereira dos.; Federal University of Paraíba; 12/2018; Soil chemical attributes in a conventional and organic management system in banana agroecosystems. Prof. Manoel Alexandre Diniz Neto (Dr.)

The use and management of soil by different systems cause changes in the physical and chemical quality of its attributes. This study aimed to evaluate the quality of a dystrophic Red-Yellow Latosol, based on changes in chemical attributes in a sloping area of banana farming. A randomized blocks experimental design with a 3x2 factorial arrangement was used, consisting of three transects in the declining area (upper, median, and lower) and two depths (0-20 cm and 20-40 cm) in each transect for collecting soil samples, with three replications. Undeformed soil samples were randomly collected in the study area for chemical analyses. The following variables were evaluated: pH, sodium (Na^+), exchangeable aluminum (Al^{+3}), exchangeable cations (K^+ , Ca^{+2} , and Mg^{+2}), available phosphorus (P), exchangeable acidity ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), organic matter (OM), sum of bases (SB), cation exchange capacity (CEC), and aluminum saturation (m). The higher concentration of organic matter in the experimental area surface layer contributes to increasing cation exchange capacity, retaining bases, and increasing the pH, directly reflecting in the acidity decrease. The soil deepest layer had an increase in aluminum levels, leading to an increased Al saturation, which caused a decrease in the base saturation. Regarding the relief of the experimental area, the lower and median regions had higher values of exchangeable acidity and aluminum saturation. The upper region had higher values of the sum of bases and base saturation and lower losses and a greater increase in organic matter contents due to banana leaves deposited on the soil surface, which is a common activity in the region where the experiment was installed. The use of multivariate techniques is a very useful tool in the analysis of data related to soil chemical attributes, with samples collected from different depths in sloping areas of banana farming systems.

Keywords: Musa spp., Fertility, indicators, agroecology

1.INTRODUÇÃO

O solo manejado da forma convencional para a implantação de culturas pode modificar seus atributos físicos, químicos e biológicos de modo que, perdas significativas podem alterar sua qualidade afetando a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (NIERO et al., 2010). Em outra análise, a qualidade preservada desses atributos possibilita condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento vegetal mantendo a diversidade da fauna edáfica entre outras características de qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994). Essas alterações no solo modificam sua estrutura e atividade da fauna edáfica, bem como sua fertilidade, com implicações direta nos agroecossistemas presentes, (BILIBIO et al., 2010; CARNEIRO et al., 2009).

Portanto é preciso compreender e entender os impactos do uso e manejo do solo na forma convencional e assim desenvolver sistemas agrícolas mais sustentáveis (BAVOSO et al., 2010). Os níveis de alterações na qualidade do solo podem ser estudados avaliando determinados atributos em comparação com o estado natural do solo, sem interferência antrópica, ou com valores considerados ideais (BILIBIO et al., 2010).

Os sistemas de manejo conservacionistas promovem um ambiente no solo que diferenciam do encontrado em sistema orgânicos, fato que resulta em efeitos residuários superficiais e reduzida movimentação do solo refletindo diretamente nos atributos físicos, químicos e biológicos (SALVIANO et al., 1998). Esses efeitos são analisados através dos indicadores de fertilidade do solo, que são representados por atributos químicos que apresentam relevância para os estudos agrônômicos e ambientais. Quando esses atributos incidem nas características que indicam processos do solo ou de seu comportamento, capacidade de resistir à troca de cátions, necessidades nutricionais de plantas e contaminação ou poluição ambiental tornam-se bastante relevante (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Entre os indicadores químicos de qualidade do solo, selecionados por Doran e Parkin (1994), estão os seguintes: A quantidade de matéria orgânica (MO), o pH do solo, a condutividade elétrica e a disponibilidade de nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). A importância desses atributos deve-se ao fato de serem características determinantes da capacidade produtiva de um solo. O pH, por exemplo, controla a solubilidade dos nutrientes no solo, exercendo assim influência na absorção dos mesmos por parte das plantas.

As condições físicas do solo como agregação e estabilidade de agregados, textura, grau de flocculação de argila, densidade do solo e porosidade também são de suma importância, pois influenciam no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas e na capacidade de infiltração de água no solo e consequentemente, o solo se torna mais resistente ao processo erosivo e a degradação (BORCHARTT, 2013; BRANDÃO et al., 2006; COSTA et al., 2004).

Outra forma de monitorar a qualidade do solo é pela determinação dos teores de matéria orgânica e das frações húmicas presente no solo. Sabe-se que a matéria orgânica do solo é de grande importância para a melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, além de sustentar a diversidade biológica (BORCHARTT, 2013; SANTOS et al., 2006).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com base nas alterações dos atributos químicos, em diferentes sistemas de manejo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O solo é o principal recurso natural utilizada na produção agropecuária, porém o uso de manejo inadequadas diminui drasticamente seus teores de matéria orgânica e consequentemente, ocorre a deficiência na disponibilidade dos nutrientes presentes no solo, formam camadas compactadas e aumentam as perdas de água e nutrientes levando à perda de sua qualidade física, química e biológica, tendo como consequência sua degradação de forma que, mesmo sendo reversível, demanda tempo e recursos para sua recuperação (BORCARTT, 2013; BEUTLER et al., 2001; JAKELAITIS et al., 2008). De acordo com Silva et al. (2000) para manutenção desse recurso ao longo do tempo visando a sustentabilidade econômica e ambiental dos agroecossistemas, devem-se adotar técnicas de manejo e conservação que sustentem a sua qualidade.

Tanto em vista a utilização do solo de maneira sustentável é de suma importância entendermos o conceito de solo, dentre os vários conceitos de solo, entende-se que o solo é um sistema dinâmico constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos de natureza mineral e orgânica, que ocupa a maior parte das superfícies continentais do planeta Terra. É estruturado em camadas sobrepostas denominadas horizontes, sujeitas a constantes transformações entrópicas, através de processos de adição, remoção, translocação de natureza química, física e biológica (EMBRAPA, 2006).

Visando a utilização do solo de maneira sustentável, a Agroecologia não se propõe como um “remédio definitivo” para resolver todos os problemas gerados pelas ações antrópicas de nossos modelos de produção e de consumo, nem tão pouco espera ser a solução para os problemas ambientais, econômicos e sociais, porém ela busca orientar estratégias e técnicas de desenvolvimento rural mais sustentável com contribuição para a vida das atuais e das futuras gerações (CAPORAL, 2009).

Para Doran e Parkin (1994), os atributos químicos do solo são dependentes de diversos fatores que interagem, dentre eles o tipo de solo, o tipo de manejo utilizado, a declividade, a profundidade do solo, a quantidade de matéria orgânica disponível no solo, todos esses fatores influenciam na qualidade do solo. Dentre os indicadores químicos de qualidade do solo, estão o conteúdo da matéria orgânica (MO), o pH do solo, a condutividade elétrica (CEs) e a disponibilidade de nitrogênio (N), o teor fósforo (P) e de potássio (K).

Com tais indicadores, pode-se construir o conceito de qualidade do solo, o qual se define como a capacidade que o mesmo tem de garantir a produtividade de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade de água e ar, proporcionar saúde aos homens e servir do meio para o desenvolvimento dos animais sem ultrapassar os limites dos ecossistemas naturais ou manejados (KARLEN et al., 1997).

2.1 FERTILIDADE DO SOLO

Entende-se como conceito de fertilidade do solo, a sua capacidade de suprir os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (CURI et al., 1983). O entendimento da fertilidade do solo como um fenômeno natural ou produzido pela intervenção do homem e que culmina na produção de biomassa pelas plantas requer, contudo, a inclusão de fatores externos ao ambiente solo. A produtividade das plantas é resultante da ação conjunta de vários fatores bióticos e abióticos (TISDALE et al., 1990). A tendência da fertilidade do solo no futuro será o uso racional e ecológico dos recursos renováveis, os quais o homem usufrui diariamente. Ao analisar quimicamente um solo, inúmeros elementos químicos podem ser encontrados na amostra. O solo é fundamental para abrigar e fixar as plantas, armazenar água e fornecer os nutrientes essenciais à vida vegetal (ALCARDE et al., 1998).

Indicadores de fertilidade do solo, são representados por atributos químicos que apresentam relevância para os estudos agrônômicos e ambientais, quando incidem nas características que indicam processos do solo ou de seu comportamento, capacidade de resistir à troca de cátions, necessidades nutricionais de plantas e contaminação ou poluição ambiental (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Entre os indicadores químicos de qualidade do solo, selecionados por Doran e Parkin (1994), estão o conteúdo de matéria orgânica (MO), pH do solo, condutividade elétrica e disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). A importância desses atributos deve-se ao fato de serem características determinantes da capacidade produtiva de um solo. O pH, por exemplo, controla a solubilidade dos nutrientes no solo, exercendo assim influência na absorção dos mesmos por parte das plantas. Entende-se que nutrientes disponíveis às plantas favorecem o seu desenvolvimento, aumentando a produtividade, em direção à sustentabilidade da produção.

A matéria orgânica do solo (MOS), por sua vez, além de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é uma fonte primária de nutrientes para as plantas. Ademais, atua

na ciclagem de nutrientes, na complexação de elementos tóxicos e na estruturação do solo. Para os solos tropicais bastante intemperizados, caso dos representados pelo Bioma Cerrado, a MO tem grande importância sobre a CTC efetiva, destes solos (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A MOS representa um dos melhores indicadores de qualidade do solo, especialmente por ser altamente sensível ao sistema de manejo adotado e por correlacionar-se com a maioria dos atributos relacionados à qualidade do solo, existindo uma relação muito forte entre o conteúdo de carbono (C) com a capacidade produtiva de um solo. No entanto, isto não significa que a M.O. possa ser utilizada isoladamente como indicadora de qualidade do solo, apesar de que alguns autores consideram que um número reduzido de atributos-chave, como a M.O.S, pode efetivamente expressar a qualidade deste (MIELNICZUK, 1999).

2.2. INDICADORES DE FERTILIDADE DO SOLO

Para Gomes e Filizola (2006), estudos que envolvem as relações agricultura e meio ambiente é crescente, a necessidade de adoção de critérios que possam avaliar de forma correta as condições atuais, bem como as ideais dos compartimentos do agroecossistema. Por exemplo, como saber quando um solo se apresenta comprometido ou limitado em relação a um determinado componente, seja ele físico ou químico e até mesmo biológico? A resposta para essa pergunta remete a uma série de reflexões que envolvem aspectos relacionados às atividades agrícolas, principalmente aqueles relativos à física e à fertilidade do solo, à geologia de engenharia, às questões de ordem geomédica (risco para a saúde humana) e à saúde animal, além de questões de ordem ambiental relacionadas às alterações naturais e antrópicas do ecossistema.

No sentido de estabelecer as referências que pudessem reproduzir, de forma satisfatória, os limites ou índices desejáveis ou aceitáveis de determinados parâmetros, particularmente no meio agrícola, foram criados os chamados índices de sustentabilidade (LAL, 1999). Um dos aspectos mais importantes para uma agricultura sustentável é o conhecimento da fertilidade do solo, além de suas características e limitações, para que intervenções sejam realizadas da maneira mais racional possível, evitando-se os desequilíbrios ambientais.

Indicadores de fertilidade do solo, representados por atributos químicos apresentam relevância para estudos agronômicos e ambientais, quando incidem nas

características que indicam processos do solo ou de seu comportamento, capacidade de resistir à troca de cátions, necessidades nutricionais de plantas e contaminação ou poluição ambiental (GOMES; FILIZOLA, 2006). Dentre os indicadores químicos de qualidade do solo, selecionados por Doran e Parkin (1994), estão o conteúdo de matéria orgânica (MO), pH do solo, condutividade elétrica (CEs) e disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

A importância desses atributos deve-se ao fato de serem características determinantes da capacidade produtiva de um solo. O pH, por exemplo, controla a solubilidade dos nutrientes no solo, exercendo assim influência na absorção dos mesmos por parte das plantas. Geralmente observa-se que existe uma diferença também para teor de argila, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), Alumínio (Al), Magnésio (Mg) e saturação por bases, na camada 0 a 20 cm se comparada com a camada 20 a 40 cm. Esses resultados revelam a existência de variação vertical no solo.

Os teores de argila e o Al são menores na camada mais superficial (0 a 20 cm), enquanto a MO, P, K, Mg e a saturação por bases, os maiores valores são observados na camada superficial (0 a 20 cm). Os teores de P e K na camada 0 a 20 cm mostraram-se superiores em 46% e 34%, respectivamente. Dá mesma forma ocorre com as declividades, devido ao fluxo da solução coloidal do solo da declividade superior para a inferior, geralmente as áreas superiores e principalmente as inferiores são mais férteis do que a declividade mediana.

A matéria orgânica do solo (MOS) é uma fonte primária de nutrientes para as plantas, existindo uma relação muito forte entre o conteúdo de carbono (C) com a capacidade produtiva de um solo. Além de atuar na ciclagem de nutrientes, na complexação de elementos tóxicos e na estruturação do solo. Com base nos indicadores de qualidade do solo, podemos definir o conceito de qualidade do solo, o qual se define como a capacidade que o mesmo tem de garantir a produtividade de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade de água e ar, proporcionar saúde aos homens e servir de meio para o desenvolvimento dos animais sem ultrapassar os limites dos ecossistemas naturais ou manejados (KARLEN et al., 1997).

2.3. DINÂMICA DA MOBILIZAÇÃO DE ELEMENTOS NO SOLO

Adsorção significa o acúmulo de um determinado elemento ou substância na interface entre a superfície sólida e a solução adjacente (SPOSITO, 1989), este é um

processo físico-químico no qual uma substância é acumulada numa interface entre fases. Quando substâncias contidas em um líquido se acumulam numa interface sólido líquido, denomina-se adsorvato, a substância que está sendo removida da fase líquida e absorvente, a fase sólida na qual a acumulação ocorre (BOSCOV,1997). O pH é o principal fator que governa as reações de adsorção de metais por colóides orgânicos e inorgânicos do solo (UREN, 1992).

A adsorção é acompanhada de liberação de prótons, sendo estes considerados os maiores competidores pelos sítios de adsorção (MAGUIRRE et al., 1981). A entrada de um cátion divalente no sítio corresponde à saída de 1 ou 2 íons H^+ , o que diminui o pH. Muitas das argilas apresentaram pouca capacidade adsorvativa em pH 4,0. Portanto, quanto menor o pH, menor será a capacidade de retenção de metais.

A matéria orgânica (MO) é uma componente chave na qualidade dos sistemas agrícolas em razão de seu conteúdo e sua qualidade serem os mais importantes fatores que mantêm a fertilidade dos solos e a sustentabilidade dos agroecossistemas (REEVES, 1997). Em solos altamente intemperizados das regiões tropicais e subtropicais, a MO exerce papel importante no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na estabilidade da estrutura, na infiltração e retenção de água, na aeração e na atividade e diversidade microbiana (STEVENSON, 1994).

Ferro

Como cátion bivalente, o Fe^{2+} solúvel compete com outros cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ e K^+ pelos sítios de troca, o que acelera a liberação desses para a solução. Em solos fortemente reduzidos, o teor de Fe^{2+} em solução pode vir a ser muito elevado, particularmente em solos com alto conteúdo de óxidos de Fe amorfos e elevado conteúdo de matéria orgânica.

Manganês

Nos Latossolos, os teores de Mn em solução, tanto nos horizontes superficiais quanto nos subsuperficiais, não atingiram níveis detectáveis por espectrometria de absorção atômica.

O Mn está igualmente ausente ou ocorre em níveis muito baixos, nos Plintossolos e nos horizontes subsuperficiais do Alissolo e dos solos antrópicos, o que pode ser atribuído à ausência de formas oxídicas de Mn nesses solos. Os teores mais elevados de Mn em solução foram observados nos horizontes superficiais, certamente em decorrência

da presença de formas menos estáveis e do maior conteúdo de matéria orgânica nesses horizontes.

Alumínio

Um dos fatores que causam maiores problemas de toxicidade em solos com pH abaixo de 5,0 é a elevada concentração de alumínio (Al) disponível, constituindo um fator limitante ao crescimento das plantas. A presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento de plantas sensíveis a esse elemento. Isso afeta a produção agrícola que, para obter altos rendimentos, necessita de substratos que possibilitem o desenvolvimento das raízes sem obstáculos químicos e/ou físicos. (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001).

No entanto, algumas espécies possuem a capacidade de tolerar altas concentrações desse metal, devido a sua complexação com ácidos orgânicos exsudados pelo sistema radicular e ao genótipo vegetal que pode promover a capacidade de adequar a condições físico-químicas adversas, minimizando os problemas causados pela baixa produtividade em solos ácidos. (FREITAS et al., 2006; NOLLA et al., 2007).

Fósforo

Fosfatos orgânicos e inorgânicos não participam diretamente das reações redox, contudo, mudanças nas características químicas do solo resultantes dessas reações influenciam, acentuadamente, o comportamento do P em solos que sofrem inundação (Willett, 1991). Entre essas mudanças, a elevação do pH, decorrente da redução de vários compostos, influencia diretamente a mobilização do P.

O P liberado dos sedimentos, em resposta ao aumento do pH, é controlado por reações de dessorção e de readsorção. Os óxidos de Fe, recentemente precipitados, podem ser mais ativos na readsorção dos fosfatos do que os compostos férricos presentes antes da inundação (Koski-Vähälä et al., 2001).

Cálcio e magnésio

Os teores de Ca são normalmente são mais elevados nos horizontes superficiais, à exceção do Gleissolo. Os teores de Mg são mais elevados nos horizontes superficiais, excetuando-se o Gleissolo e o Neossolo Flúvico. O aumento nos teores de Ca e Mg em solução estaria diretamente relacionado ao aumento dos teores de Fe e Mn solúveis, além de H^+ , deslocando o Ca e o Mg do complexo de troca, os quais, em solução, apresentaram correlação significativa e positiva com os teores de Mn em solução, mas não com os de Fe em solução

2.4. SISTEMA CONVENCIONAL E SISTEMA ORGÂNICO

Atualmente existe uma crescente preocupação em relação aos impactos negativos causados pelos insumos químicos utilizados no sistema de produção convencional. A agricultura moderna, a partir dos anos 50, priorizou um modelo tecnológico com base no uso intensivo da mecanização, adubos minerais de alta solubilidade e agrotóxicos, denominado de revolução verde (KAMIYAMA et al., 2011), período no qual, a agricultura se desenvolveu expressivamente causando, via de regra, impactos ao meio ambiente (BARBOZA et al., 2012).

A produção convencional se baseia em métodos como: Aração, gradagem, semeadura e cultivos subsequentes necessários para o controle de ervas daninhas, incorporação de fertilizantes e corretivos, utilização em grande escala de agrotóxicos no controle de pragas e doenças. Devido a esse método utilizado na produção agrícola, temos como consequência as diversas formas de impactos ambientais, tais como: a perda da fertilidade do solo por lixiviação, mistura das partículas dos horizontes pela aração, intoxicação do ecossistema e bioacumulação dos agrotóxicos.

Tendo em vista a diminuição dos impactos sociais, econômicos e principalmente, os ambientais ocasionados pela revolução verde, a qual priorizou um incremento tecnológico para a produção, surge em contra partida a Agroecologia, se contrapondo ao sistema convencional e enfocando a agricultura sob uma perspectiva ecológica (LIMA; CARMO, 2006).

A partir deste momento, a pesquisa e os estudos da agroecologia passaram a diagnosticar e propor métodos alternativos de manejo buscando a diminuição ou até mesmo a retirada do uso de insumos químicos e práticas agrícolas intensivas nos agroecossistemas produtivos.

Ao analisarmos o conceito de agroecossistema, podemos descrever que são sistemas ecológicos alterados, manejados de forma a aumentar a produtividade de um grupo seletivo de produtores e de consumidores. Plantas e animais nativos são retirados e substituídos por poucas espécies (PIMENTEL, 1996). Compostos pelas interações físicas e biológicas de seus componentes. O ambiente vai determinar a presença de cada componente, no tempo e no espaço. Esse arranjo de componentes será capaz de processar inputs (insumos) ambientais e produzir outputs (produtos) (HART, 1978, 1980).

2.5. IMPACTOS CAUSADOS PELA AGRICULTURA CONVENCIONAL

Ao longo do tempo a agricultura passa por um processo contínuo de modernização, incorporando novas tecnologias, gerando por um lado o crescimento econômico e, por outro, riscos potenciais ao meio ambiente. Esses riscos são causados principalmente por práticas inadequadas de manejo do solo e das culturas, desmatamento, perda da biodiversidade, salinidade, desertificação (FOLEY et al., 2011), erosão dos solos (STOCKING, 2003) e contaminação dos recursos naturais (BARBOZA et al., 2012).

O sistema convencional de agricultura convencional é considerado altamente dependente de insumos externos, como fertilizantes químicos e agrotóxicos (ADL et al., 2011), que podem, quando utilizados de forma inadequada, provocar contaminação de solos, água e ar, além de causar resistência de pragas e aumento das emissões de gases de efeito estufa (TSCHARNTKE et al., 2012).

A agricultura é considerada responsável por 30 a 35% das emissões de GEE (DEFRIES & ROSENZWEIG, 2010). Aproximadamente 70% de todas as emissões antropogênicas de óxido nitroso (N_2O) são atribuídas à agricultura (LANA, 2009). A agricultura convencional é considerada uma das principais poluidoras dos recursos hídricos, sendo a salinidade e a contaminação por nitrato os principais indicadores de poluição (DIAZ; ROSENBERG, 2008). Sob determinadas condições de solo e clima, além do uso excessivo ou o manejo inadequado de fertilizantes, pode ocorrer também a eutrofização de águas (BRITO et al., 2005), como relatado em vários trabalhos da literatura nacional (SHIGAKI et al., 2006; MORI et al., 2009; MORETTO et al., 2012). Com o processo de modernização agrícola surgiram tecnologias eficientes, com base em substâncias organossintéticas, para o controle de insetos, plantas daninhas e fitopatógenos indesejáveis aos cultivos agrícolas, contribuindo para a expansão das áreas cultivadas em todo o mundo, bem como no aumento da produção de alimentos (STEFFEN et al., 2011). Novas moléculas foram produzidas, fortalecendo as grandes indústrias de agroquímicos presentes nos dias de hoje (PORTO; SOARES, 2012).

No entanto, os efeitos negativos do uso de agrotóxicos, como os danos associados à saúde humana, e o desequilíbrio ambiental, pelo aparecimento de novas pragas, doenças e plantas daninhas ou mesmo pela resistência destas, vêm sendo mascarado pelo aumento da produtividade nas lavouras, o que acaba retardando a introdução ou a continuidade de práticas mais ecológicas na agricultura (PORTO; SOARES, 2012). Os efeitos do uso de agrotóxicos na saúde humana têm sido objeto de diversas áreas de estudos por

profissionais da saúde, os quais têm detectado a presença de substâncias provindas de agrotóxicos em amostras de sangue humano, no leite materno e resíduos presentes em alimentos consumidos pela população em geral, apontando a possibilidade de ocorrência de anomalias congênitas, de câncer, de doenças mentais, de disfunções na reprodução humana relacionada ao uso de agrotóxicos (SIQUEIRA; KRUSE, 2008), como relatado nos trabalhos de Moreira et al. (2002); Araújo et al. (2007); Veiga et al. (2007); Recena e Caldas (2008).

2.6. ANÁLISES MULTIVARIADAS NA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

O uso de técnicas estatísticas facilita a interpretação do comportamento dos atributos do solo, para uma melhor tomada de decisão na prática de manejo (FREITAS et al., 2014). Na análise simultânea de muitas informações, a estatística multivariada torna-se a melhor ferramenta, possibilitando obter informações e interpretações que poderiam não ser perceptíveis com o uso da análise estatística univariada (FREITAS et al., 2014; CRUZ; REGAZZI, 2001). Modernamente, estudos têm sido realizados com o uso de técnicas multivariadas para avaliação das variáveis do solo e encontrado resultados satisfatórios. Para Freitas et al. (2014) o entendimento do comportamento dos atributos do solo permite o estabelecimento de práticas adequadas de manejo do solo.

Dessa forma, o uso conjunto destas técnicas pode auxiliar na tomada de decisão e no uso e manejo adequado, tendo por base o comportamento dos atributos do solo; além disso, pode indicar possíveis atributos que sofrem maior alteração com interferência antrópica (FREITAS et al., 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O município de Bananeiras está localizado na microrregião do Brejo Paraibano. O termo Brejo é um termo relacionado a áreas úmidas e por isso é classificado como As' segundo Köppen (ALVAREZ Et al 2014), da encosta oriental do Planalto, com precipitação que chega a ultrapassar os $1.400 \text{ mm ano}^{-1}$ e altitude que atinge até mais que 600 metros. Apesar do relevo forte ondulado e montanhoso, os solos argilosos (Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico e Nitossolo Vermelho Eutrófico) e de boa disponibilidade de umidade, dão suporte ao cultivo da cana-de-açúcar, banana, citros, pastagem, fruteiras e culturas alimentares.



Figura 1. Mapa da Paraíba com destaque o município de Bananeiras



Figura 2. Localização das duas áreas: convencional mais abaixo e orgânica mais acima

Para realização da pesquisa foram selecionadas duas áreas de produção de banana (*Musa spp*), conforme Figura 2, em uma mesma propriedade localizada no município de Bananeiras-PB, sendo que uma das área estava em transição agroecológica por um período superior a mais 3 anos, na figura ela está representada como orgânica e a outra área convencional.

O manejo da área convencional era baseado simplesmente no uso de herbicidas para controlar as ervas daninhas. Na propriedade não se utilizava adubação química, tendo em vista que não era viável devido ao baixo custo da banana no mercado local e a produção não era tão relevante para tal investimento em insumos agrícolas.

Já para a área considerada em transição agroecológica (orgânica), o proprietário não utilizava nenhum tipo de manejo agroecológico, entretanto, não pode ser considerada como sistema de pousio, pois neste sistema exige algumas técnicas como a queimada e o descanso da terra para a reposição dos nutrientes. Diferentemente do que acontece com a área em transição, a qual apresenta a cultura da banana cultivada e sem nenhuma técnica de manejo do solo.

Tanto na área convencional como na área em transição, o proprietário utilizava as práticas culturais aplicado a cultura da banana, tais como; a retirada das folhas velhas, limpeza das flores e dos cachos. Esses materiais eram colocados sobre o solo que ao entrar

em decomposição deixava o solo mais rico tanto em nutrientes como em matéria orgânica. Na área convencional era utilizado a aplicação do herbicida sobre as ervas daninhas e ao secarem formavam uma cobertura de matéria seca sobre o solo. Dessa forma, essa cobertura de matéria seca servia como uma proteção para o solo.

Já para a área em transição agroecológica (orgânica), as práticas culturais eram as mesmas, entretanto, não se aplicava o herbicida. No lugar de uma cobertura morta sobre o solo, existia uma cobertura verde de plantas daninhas com diferentes tipos vegetais. Nessa área não se aplicava nenhum tipo de manejo, apenas a retirada dos frutos na época do amadurecimento.

Ao observar a produtividade e os aspectos morfológicos e fisiológicos da cultura, percebeu-se que existe uma melhor produtividade e qualidade dos frutos na área em transição agroecológica, isto em comparação com a área convencional. Tendo em vista essa hipótese, foi feito o estudo das duas áreas no referente a fertilidade do solo. As coordenadas geográficas de cada área, e os pontos de coleta do solo foram obtidas com um GPS, modelo Garmin Etrex 10.

A Figura 3 representa o esquema de como foi feito a coleta das amostras de solo. Foram analisadas duas áreas de cultivo de banana, sendo uma área convencional e outra área em transição agroecológica. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com fatorial $2 \times 3 \times 2$ constando de duas áreas com manejo (uma convencional e outra em transição agroecológica); três transectos em cada área (superior, mediana e inferior) e em cada transecto, duas profundidades para coleta de amostras de solo (0-20 cm e 20-40 cm) com três repetições. A coleta das amostras de solo foram feitas aleatoriamente (zigue zague). Foram retiradas amostras indeformadas para análises físicas e químicas. Foram avaliados: pH, sódio (Na^+), alumínio trocável (Al^{+3}), cátions trocáveis (K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2}), fósforo disponível (P), acidez trocável ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), matéria orgânica (MO), Soma de bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Saturação por Alumínio (m).

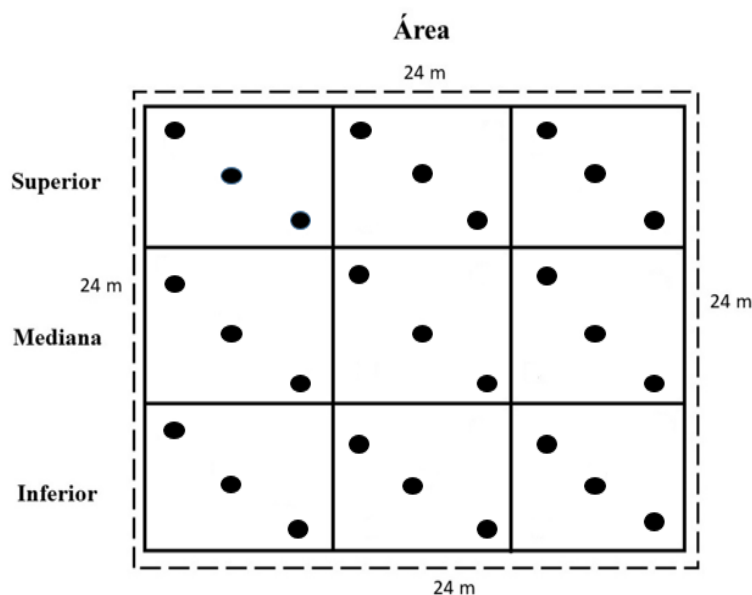


Figura 3. Esquema da coleta do solo em cada área

3.2. Coleta de amostras do solo na área experimental

As amostras de solo foram coletadas nos meses de junho a julho de 2018, nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, com auxílio de abertura de mini-trincheiras. Em cada área (convencional e orgânica) foi percorrida em zigue- zague, conforme a Figura 3 e com os critérios da Sociedade Brasileira de Ciências do solo (SBCS, 2013) para coleta de amostra de solo, demarcando-se 3 pontos de coletas e 2 repetições por profundidade, totalizando 12 amostras, das quais 54 amostras por área.

As amostras foram identificadas, colocadas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB, secas à sombra, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura, para posterior análises químicas.

3.3 Análises química das amostras de solo

Os atributos químicos avaliados foram pH em H₂O (1:2,5), sódio (Na⁺), alumínio trocável (Al³⁺), cátions trocáveis (K⁺, Ca⁺² e Mg⁺²), fósforo disponível (P), acidez trocável (H⁺+Al³⁺), matéria orgânica (MO) segundo metodologia descrita por EMBRAPA (2017).

O potencial de hidrogenação (pH) em água foi determinado através de uma suspensão formada de 10 mililitros de solo com 25 mililitros de água destilada na proporção 1:2,5, agitada e deixada em repouso por trinta minutos. Passando esse período, a suspensão foi novamente agitada e realizada a leitura com um potenciômetro munido de um eletrodo conjugado, o qual foi introduzido nos copos com as amostras em suspensão. Os procedimentos laboratoriais para a análise dos elementos químicos foram os seguintes: retirou-se um volume das amostras de 10 mililitros de solo, colocados em erlenmeyer de 250 mililitros, adicionando-se 100 mililitros de solução extratora, os quais foram agitados em mesa agitadora por um período de trinta minutos e posto para decantar por 24 horas, sendo então pipetadas alíquotas de 25 mililitros da solução sobrenadante para posterior titulação.

O carbono orgânico foi obtido através do método de Walkley-Black (oxiredução), que oxida a matéria orgânica através do uso de dicromato de potássio. A matéria orgânica foi obtida pela multiplicação do teor de carbono pela constante 1,724. O fósforo e o potássio foram extraídos a partir da solução extratora de Mehlich-1, composta de um duplo ácido (ácido clorídrico a 0,05 N + ácido sulfúrico a 0,025 N) na razão solo: solução de 1 para 10, sendo o fósforo determinado por colorimetria, pelo método do azul de molibdênio, tendo como redutor o ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama.

O cálcio, magnésio e o alumínio trocável foram extraídos por uma solução de cloreto de potássio a 1N, sendo o Ca e Mg determinados por titulação com EDTA-Na 0,025 N, e o alumínio por titulação com NaOH a 0,025 N. A determinação da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi obtida pela solução extratora de acetato de cálcio a 1N a pH 7,0, em seguida titulada com EDTA-Na a 0,025N, tendo como indicador da reação a fenolftaleína. A partir dos resultados obtidos, foram calculados a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade efetiva de troca catiônica (CTC).

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com fatorial 2x3x2 constando de duas áreas com manejo (convencional e orgânico); três transectos em cada área (superior, mediana e inferior) e em cada transecto, duas profundidades para coleta de amostras de solo (0-20 cm e 20-40 cm) com três repetições. Para a coleta das amostras de solo foram escolhidos locais aleatoriamente (zigue zague) e cavadas minitrincheiras, onde foram retiradas amostras indeformadas para análises

físicas e químicas, embora na presente pesquisa tenha sido realizadas apenas procedimentos químicos e amostras em cilindro para determinações de densidade e teores de carbono orgânico no solo.

3.5. Análise estatística

As análises estatísticas multivariada dos atributos quantitativos e qualitativos do solo cultivados com bananeiras, foram realizadas em cinco fases: Na primeira, foram realizadas a análise de agrupamento hierárquica para cada declividade em diferentes camadas do solo calculando-se a distância euclidiana entre as camadas do solo para o conjunto das variáveis, utilizando o algoritmo Ward para a obtenção dos agrupamentos das declividades (JIANGA et al., 2015). Com esta análise, buscou-se verificar as similaridades entre as variáveis analisadas e as áreas estudadas a partir dos agrupamentos homogêneos representados em um dendrograma de similaridade. Na segunda, foi realizado teste de Kruskal Wallis para comparação dos atributos entre as declividades dentro de cada camada de solo e verificar qual se diferenciou dos demais. Na terceira, foi feita uma análise de Correlação de Spearman para verificar as diferenças significativas entre as declividades em cada camada de solo, escolhendo-se os atributos não redundantes e correlacionados $\geq 0,70$ para a quarta fase. Nesta quarta etapa os atributos não redundantes foram retidos e submetidos análise de componentes principais (ACP) com o objetivo de reduzir o número de variáveis independentes e conformar um conjunto mínimo de dados (CMD). Assim, foram selecionados os componentes principais com autovalores maior ou igual 1 e que explicaram mais de 5% da variância dos dados. Além disso, foi utilizado na quinta fase o critério para classificação dos autovetores, conforme Coelho (2003), foi de: valor absoluto $<0,30$, classificado como pouco significativo; $0,30-0,40$, considerado mediamamente significativo; e $\geq 0,50$, tido como altamente significativo. As variáveis químicas e físicas de solo que tiveram autovetores com peso $\geq 0,50$ (altamente significativo) foram submetidas a nova ACP, para ranquear o fator de solo com maior carga fatorial (escore), selecionado dentro do primeiro componente.

Estes são combinações lineares das variáveis originais e se denominam componentes principais. O poder discriminatório de cada variável num componente foi medido pela equação:

$$r_{xj}(cp_h) = \frac{a_{jh}\sqrt{\lambda_h}}{s_j}$$

Onde, s_j = desvio padrão da variável j , a_{jh} = coeficiente da variável j no h -ésimo componente principal, e λ_h = h -ésima raiz característica (autovalor) da matriz de covariância (Hair et al., 2005). Todas as análises foram processadas com o auxílio do Programa R (R Development Core Team, 2017), após padronização das variáveis (média nula e variância unitária).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise não-paramétrica

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos atributos químicos e da densidade do solo da área cultivada com bananeira e dividida em três declividades com amostragens de solo coletadas em duas profundidades. Dos resultados, pode-se observar que o valor médio significativo foi encontrado nos teores de potássio em ambas as profundidades de amostragem do solo com os maiores valores na parte superior da área e a densidade do solo na camada de 20 a 40 cm de profundidade na parte mediana da área experimental.

É possível acreditar que os teores de potássio, maiores na parte superior da área, possam ser devido ao comportamento das plantas de banana nessa parte da área experimental, onde havia plantas de tamanho mais reduzido e touceiras com menor número de plantas, acumulando e, por consequência, incrementando mais os teores de potássio. Outra possibilidade é que o potássio não é metabolizado na planta, formando ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade (ROSOLEM et al., 2007) o que pode explicar, pelo menos em parte, os teores desse elemento na área estudada, conforme pode ser observado que as maiores concentrações de matéria orgânica, também ocorreram na parte superior da área. Para as demais análises, não houve diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Valores médios (\pm SD) de pH, P, K, Na, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, v, m, MO, CO, CE, DS, Ca:Mg, Ca+Mg:K, Ca:K e Mg:K sob diferentes declividades do solo manejado com a cultura da bananeira nas camadas do solo de 0-20 e 20-40 cm.

Variáveis	Declividade			P- value
	Superior	Mediano	Inferior	
Camada de solo 0-20 cm				
pH em água	5,66	5,87	5,76	0,8103
Fósforo disponível (mg dm ⁻³)	24,28	26,35	37,32	0,8151
Potássio disponível (mg dm ⁻³)	115,07	106,47	84,39	0,0257
Sódio disponível (cmol _c dm ⁻³)	0,07	0,07	0,07	0,9070
Hidrogênio + alumínio disponível (cmol _c dm ⁻³)	3,64	3,66	2,90	0,2324
Alumínio disponível (cmol _c dm ⁻³)	0,27	0,21	0,26	0,5761
Cálcio disponível (cmol _c dm ⁻³)	2,21	2,30	2,46	0,9069
Magnésio disponível (cmol _c dm ⁻³)	2,27	2,29	2,30	0,9661
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	4,87	4,94	5,07	0,9667
Capacidade de troca catiônica (cmol _c dm ⁻³)	8,51	8,60	7,96	0,5569
Saturação por bases (%)	56,75	58,11	62,58	0,6451
Saturação por alumínio (%)	6,04	4,24	7,07	0,5305
Matéria orgânica do solo (g dm ⁻³)	19,55	19,55	17,94	0,9141
Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)	11,34	11,34	10,41	0,9141
Condutividade elétrica (m S.m ⁻¹)	0,10	0,09	0,08	0,8845
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,60	1,66	1,57	0,2761
Relação Ca:Mg	1,26	1,63	1,28	0,9120
Relação Ca+Mg:K	16,27	19,77	23,30	0,1554
Relação Ca:K	8,23	9,36	12,03	0,2117
Relação Mg:K	8,05	10,41	11,26	0,2766
Camada de solo 20-40 cm				
pH em água	5,63	5,68	5,72	0,9989
Fósforo disponível (mg dm ⁻³)	22,27	18,41	22,77	0,1052
Potássio disponível (mg dm ⁻³)	107,21	79,13	77,63	0,0485
Sódio disponível (cmol _c dm ⁻³)	0,06	0,05	0,07	0,8172
Hidrogênio + alumínio disponível (cmol _c dm ⁻³)	3,58	3,49	3,37	0,7874
Alumínio disponível (cmol _c dm ⁻³)	0,27	0,34	0,29	0,6687
Cálcio disponível (cmol _c dm ⁻³)	2,05	2,16	1,97	0,8700
Magnésio disponível (cmol _c dm ⁻³)	1,87	1,69	1,42	0,1485
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	4,26	3,86	3,55	0,4575
Capacidade de troca catiônica (cmol _c dm ⁻³)	7,83	7,44	6,92	0,0691
Saturação por bases (%)	54,82	51,29	51,92	0,9621
Saturação por alumínio (%)	6,38	9,64	10,55	0,7883
Matéria orgânica do solo (g dm ⁻³)	17,19	16,78	16,81	0,9743
Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)	9,97	9,74	9,75	0,9743
Condutividade elétrica (m S.m ⁻¹)	0,09	0,08	0,07	0,4230
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,65	1,69	1,63	0,0463
Relação Ca:Mg	1,23	1,94	1,65	0,4254
Relação Ca+Mg:K	16,08	25,40	19,35	0,1723
Relação Ca:K	8,48	14,46	10,96	0,1696
Relação Mg:K	7,60	10,94	8,39	0,5214

Teste de Kruskal-Wallis (P>0,05).

4.2. Análise de agrupamento

Na presente pesquisa foi realizada a análise de agrupamento por método hierárquico, com distância euclidiana para medir a semelhança entre as variáveis estudadas e o método de Ward como forma de agrupá-las. Nesta análise, as declividades da área com plantio de banana foram agrupadas levando-se em consideração seu grau de semelhança, classificando-as em grupos mais ou menos homogêneos. Observando-se os gráficos, as declividades com menor distância euclidiana apresentam maiores semelhanças do que aquelas de maior distanciamento.

Na Figura 4A observa-se que houve admissão de um corte na distância euclidiana de 5,1. Neste gráfico pode-se admitir a divisão em dois grupos: G1 englobando os dados encontrados na parte inferior da área (IP1) e G2 com os dados encontrados nas partes superior e mediana da área experimental (SP1 e MP1), todos na profundidade de 0-20 cm, respectivamente. Com essa disposição, há a indicação de que, utilizando os atributos químicos, os dados foram ordenados em dois grupos.

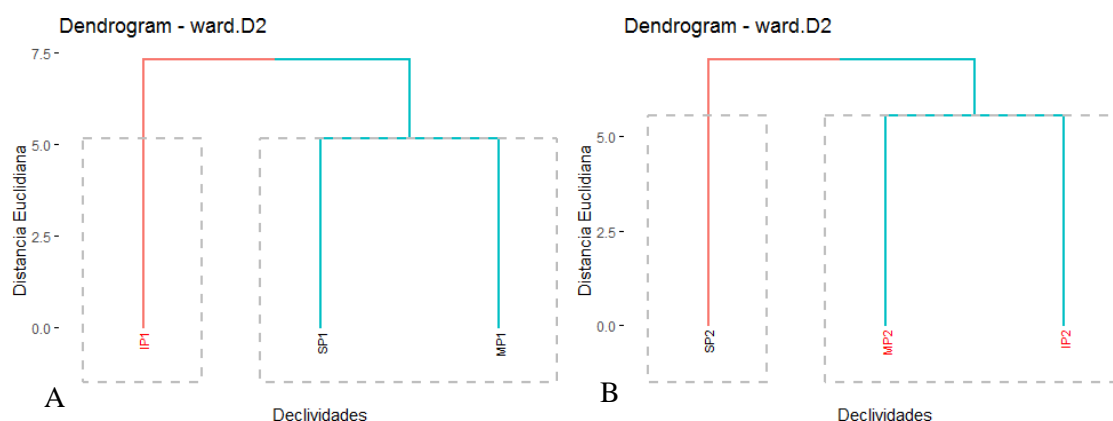


Figura 4. Análise de agrupamentos hierárquica pelo dendrograma para os atributos químico e físico do solo que permite averiguar a similaridade entre as declividades (superior, mediana e inferior) e nas camadas do solo: 0-20 (A) e 20-40 cm (B).

Na Figura 4B houve um comportamento diferenciado quando os atributos químicos foram agrupados na profundidade de 20-40 cm. Neles foi possível também o agrupamento em dois grupos, sendo o G1 formado pela parte superior em dados coletados no intervalo de 20-40 cm de profundidade (SP2) e o G2, com menor distância euclidiana, as partes mediana e inferior na mesma profundidade (MP2 e IP2). Nestas condições, é possível identificar que, mesmo amostras de solo sendo coletadas em mesma área, os atributos químicos podem variar de acordo com a declividade do terreno, o que está de acordo com Valadares et al. (2008) ao afirmarem que há particularidades em cada ambiente, pois os

atributos de um mesmo grupo são semelhantes e diferentes do comportamento de outros agrupamentos (FREITAS et al., 2014).

É importante salientar que as partes declivosas dos grupos G2, em ambos os gráficos, é a parte mediana que está sempre presente, possivelmente por ela está intermediando tanto a parte inferior como a superior do terreno trazendo características químicas semelhantes, mas esse comportamento dependeu da profundidade de amostragem do solo. Na profundidade de 0-10 cm esta camada apresentou atributos químicos semelhantes com a camada superior. Já na profundidade de 20-40 cm a semelhança foi com a camada inferior. Tal fato pode estar relacionado com as concentrações dos nutrientes no perfil do solo e da proximidade entre as camadas, embora tenha sido verificado pequenas variações nos teores dos nutrientes no solo entre as profundidades analisadas.

4.3. Análise de componentes principais - ACP

O ajuste do modelo adotado foi capaz de explicar 90,05 e 86,82% nas camadas de solo de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, das variâncias das variáveis que apresentaram autovalores maiores que 1, quando do estudo dos atributos químicos do solo agrupados em quatro fatores (Tabela 2).

Na primeira camada do solo estudada (0-20 cm), o primeiro componente explicou 39,81% da variabilidade química do solo da área experimental em sua superfície. Esse componente é constituído pelos teores de hidrogênio + alumínio, alumínio trocável e saturação por alumínio, com escores negativos e, os teores de cálcio, soma de bases, saturação por bases e relações de Ca+Mg:K e Ca:K, com escores positivos e altamente significativos.

Ainda na Tabela 2 foi possível observar que a proporção acumulada entre o primeiro e o segundo componentes explicou 63,12% da variabilidade dos dados. Os teores de magnésio, relações Ca:Mg e de Mg:K, foram os caracteres individuais com maior carga fatorial (escore) selecionados no segundo fator com 0,7833; -0,7520 e 0,7761, respectivamente.

Tabela 2. Análise de componentes principais das variáveis químicas e física de um solo manejado com a cultura da bananeira sob diferentes declividades em cada camada de coleta do solo.

Componentes da variância	Componentes principais			
	1	2	3	4
Camada de solo 0-20 cm				
Autovalores (λ_i)	5,18	3,03	1,96	1,54
Percentual (%)	39,81	23,31	15,08	11,85
Acumulado (%)	39,81	63,12	78,20	90,05
Variáveis	Correlação com os componentes principais			
Hidrogênio + alumínio disponível ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,5627*	0,3892	-0,3479	0,4288
Alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,6904*	0,4482	0,2787	0,3532
Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,7897*	-0,4274	-0,0374	0,2870
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,4830	0,7833*	0,0563	-0,2555
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,8848*	0,2962	-0,0127	-0,0237
Saturação por bases (%)	0,8754*	-0,0979	0,2175	-0,3288
Saturação por alumínio (%)	-0,7670*	0,2931	0,2614	0,3510
Matéria orgânica do solo (g dm^{-3})	0,4403	0,3924	-0,7398*	0,2320
Carbono orgânico total (g kg^{-1})	0,4403	0,3924	-0,7398*	0,2320
Relação Ca:Mg	0,1738	-0,7520*	-0,0387	0,4967
Relação Ca+Mg:K	0,6367*	0,3799	0,4985	0,4016
Relação Ca:K	0,6684*	-0,2794	0,3103	0,5735*
Relação Mg:K	0,3430	0,7761*	0,4480	0,0883
Componentes da variância	1	2	3	4
Camada de solo 20-40 cm				
Autovalores (λ_i)	4,97	2,68	2,08	1,52
Percentual (%)	38,26	20,61	16,00	11,66
Acumulado (%)	38,26	58,87	74,86	86,52
Variáveis	Correlação com os componentes principais			
pH em água	0,6946*	0,4086	-0,2413	-0,2577
Potássio (mg dm^{-3})	0,4801	-0,7242*	-0,1899	-0,0512
Hidrogênio + alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,6781*	-0,3992	0,3392	0,2043
Alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,8871*	-0,1030	-0,0633	0,1793
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,4828	-0,0557	-0,0713	0,8229*
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,8642*	-0,0199	0,1094	0,1932
Saturação por bases (%)	0,9104*	0,2323	-0,1558	-0,0495
Saturação por alumínio (%)	-0,9244*	-0,0256	-0,0209	0,1145
Matéria orgânica do solo (g dm^{-3})	0,3963	-0,3741	0,7981*	0,0656
Carbono orgânico total (g kg^{-1})	0,3963	-0,3741	0,7981*	0,0656
Relação Ca:Mg	-0,1234	0,1568	0,5080	-0,6964*
Relação Ca+Mg:K	-0,1134	0,8532*	0,3064	0,3776
Relação Ca:K	-0,0899	0,8528*	0,4455	0,0823

CP1 – primeiro componente principal, CP2 – segundo componente principal; CP3 – terceiro componente principal; e CP4 – quarto componente principal;

*Caracteres com maiores cargas fatoriais (escores) selecionadas dentro de cada fator. O critério para classificação foi: valor absoluto <0,30, considerado pouco significativo; 0,30–0,40, mediantemente significativo; e $\geq 0,50$, altamente significativo, de acordo com Coelho (2003).

O primeiro componente avaliado na camada amostral mais profunda (20-40 cm), explicou 38,26% da variabilidade química do solo da área experimental. Esse componente é constituído pelos teores de hidrogênio + alumínio, alumínio trocável, soma

de bases e saturação por alumínio, com escores negativos e, os teores de pH em água, soma de bases, com escores positivos e altamente significativos. A proporção acumulada entre o primeiro e o segundo componentes explicou 58,87% da variabilidade, os teores de potássio, relações Ca+Mg:K e de Ca:K, foram os caracteres individuais com maior carga fatorial (escore) selecionados dentro do segundo fator, com os seguintes valores encontrados em: -0,7242; 0,8532 e 0,8528, respectivamente.

Coelho (2003) em sua pesquisa, que tratou do manejo da variabilidade espacial e temporal de solos e culturas, concluiu que é possível classificar a significância de valores absolutos encontrados em análises de ACP em: $<0,30$, classificado como pouco significativo; $0,30-0,40$, considerado medianamente significativo; e $\geq 0,50$, tido como altamente significativo. Sendo assim, na presente pesquisa, as variáveis químicas seguiu modelo proposto por Santi et al. (2012) que selecionaram autovetores com peso $\geq 0,50$ (altamente significativo), sendo submetidas a uma nova ACP, que ranquearam o fator solo com maior carga fatorial (escore), selecionado dentro do primeiro componente, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de componentes principais que apresentam escore $\geq 0,500$ (positiva ou negativa) com o componente principal 1.

Componentes da variância	Componentes principais	
	1	2
Camada de solo 0-20 cm		
Autovalores (λ_i)	4,68	1,50
Percentual (%)	58,45	18,75
Acumulado (%)	58,45	77,20
Variáveis	Correlação com os componentes principais	
Hidrogênio + alumínio disponível ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,6913*	0,2448
Alumínio disponível ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,7625*	0,5551*
Cálcio disponível ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,8447*	0,1218
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,7904*	0,2016
Saturação por bases (%)	0,9098*	-0,0819
Saturação por alumínio (%)	-0,7998*	0,4836
Relação Ca+Mg:K	0,5551*	0,7403*
Relação Ca:K	0,7090*	0,5367*
Componentes da variância	Componentes principais	
	1	2
Camada de solo 20-40 cm		
Autovalores (λ_i)	4,46	0,76
Percentual (%)	74,29	12,71
Acumulado (%)	74,29	87,00
Variáveis	Correlação com os componentes principais	
pH em água	-0,8086*	-0,4181
Hidrogênio + alumínio disponível ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,7937*	0,5145*
Alumínio disponível ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,8958*	-0,1768
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	-0,7975*	0,4514
Saturação por bases (%)	-0,9487*	-0,0428
Saturação por alumínio (%)	0,9138*	-0,2941

CP1 – primeiro componente principal; e CP2 – segundo componente principal;

*Caracteres com maiores cargas fatoriais (escores) selecionadas dentro de cada fator. O critério para classificação foi: valor absoluto $< 0,30$, considerado pouco significativo; $0,30-0,40$, mediantemente significativo; e $\geq 0,50$, altamente significativo, de acordo com Coelho (2003).

Nesta nova análise, pode-se verificar que a correlação entre as variáveis e as componentes principais possibilitou a classificação das variáveis que mais discriminaram nos teores dos elementos nutritivos em profundidades amostrais do solo sob declividade. A variância explicada pelas componentes principais na profundidade de 0-20 cm, apresenta um percentual de 77,20% da variância total, sendo 58,45% na CP1 e 18,75% na CP2. Na profundidade de 20-40 cm as CP1 e CP2 responderam por 87,00% da variância total dos dados originais, onde a CP1 respondeu por 74,29% e a CP2 por 12,71%. Com isto é possível afirmar que houve redução de dimensionalidade das variáveis originais, com perda da explicação de pouco mais que 20% nas duas profundidades analisadas (Tabela 3). Valores atribuídos a variabilidade de atributos químicos e físicos com variância acima de 70% também foram encontrados por Loss et al. (2009) e Freitas (2011).

Nas amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm verifica-se que a soma de bases (SB) se correlacionou positivamente com os teores de cálcio (Ca) no solo, saturação por bases (V%) e relação Ca:K. Por outro lado, com o aumento da soma de bases, saturação por bases e teores de cálcio ocorreu diminuição da acidez trocável (Al^{+3}), acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$) e saturação por alumínio (m). A medida que a acidez trocável (Al^{+3}) aumentou no solo, houve elevação da acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$) e saturação por alumínio (m). A relação Ca+Mg:K não se correlacionou com outros atributos químicos do solo (Figura 3A). Possivelmente o maior teor de matéria orgânica presente na camada superior do solo e, conseqüentemente, a maior CTC, pode ter contribuído para a maior retenção de bases, aumento do pH e diminuição da acidez. A matéria orgânica também apresenta capacidade de complexar o H^{+} e Al^{+3} presentes na solução do solo (IWATA et al., 2012). A elevação do pH contribui para a diminuição da acidez potencial e acidez trocável que são considerados prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2013).

Em relação a camada do solo de 20 – 40 cm verifica-se correlação positiva entre a acidez trocável (Al^{+3}) e saturação por alumínio e efeito antagônico entre esses atributos do solo e a soma de bases (SB). Observou-se que com o aumento da acidez potencial do solo ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$) houve diminuição do pH. O pH do solo tendeu a apresentar sinergia com a saturação por bases (V%) e correlação negativa com a acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$) (Figura 3B). Nessa camada do solo ocorreu diminuição dos teores de matéria orgânica e CTC (Tabela 1), o que possivelmente afetou negativamente a retenção de bases e contribuiu para o aumento da acidez potencial e acidez trocável.

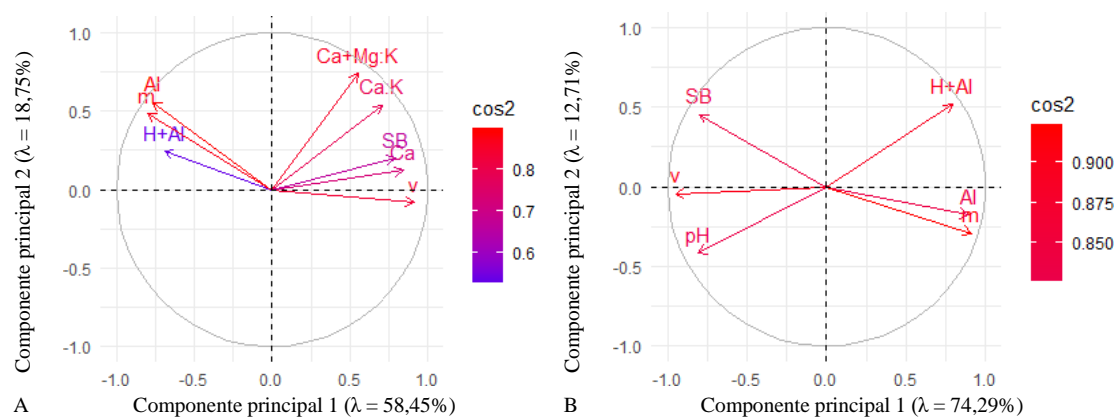


Figura 5. Análise de componentes principais (ACP) em função do diagrama de ordenação entre CP1 e CP2 sobre as características do solo manejado com a cultura da bananeira nas camadas de solo de 0-20 (A) e 20-40 cm (B).

Para o agrupamento dos dados foi realizada a média das variáveis que resultaram em grupos distintos para os CP1 e CP2 em relação a declividade da área nas profundidades de 0-20 cm (Figura 4A) e 20-40 cm (Figura 4B). Verificou-se pelos grupos que houve variação dos atributos de fertilidade do solo.

Na camada de 0 – 20 cm (Figura 4A), observou-se que a posição inferior se relacionou com os valores mais elevados de Ca^{+2} , soma de bases (SB), saturação por bases (V%), relação $\text{Ca}:\text{K}$ e relação $\text{Ca}+\text{Mg}:\text{K}$, indicando que houve menor perda da fertilidade do solo nessa posição do relevo. A posição mediana do relevo se relacionou com os maiores valores de acidez trocável (Al^{3+}), saturação por alumínio (m) e acidez potencial ($\text{H}^++\text{Al}^{+3}$). Já a posição superior do relevo se agrupou na região inferior do diagrama sofrendo pouco influência dos principais atributos químicos do solo.

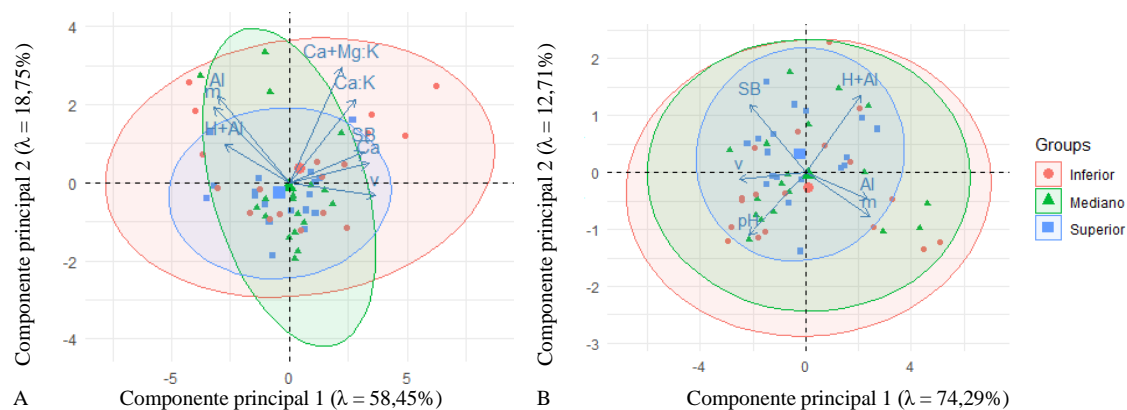


Figura 6. Análise de componentes principais (ACP) do diagrama de agrupamento entre os grupos de declividades, inferior (●), mediano (▲) e superior (■) entre CP1 e CP2 sobre as características do solo manejado com a cultura da bananeira nas camadas de solo de 0-20 (A) e 20-40 cm (B).

Na camada de 20-40 cm (Figura 4B), os grupos representados pela posição inferior e mediana do relevo se relacionaram com os maiores valores de acidez trocável (Al^{+3}), e saturação por alumínio (m). Silva et al. (2013) verificaram aumento dos teores de alumínio e saturação por alumínio e diminuição dos valores de pH e saturação por bases com o aumento da profundidade do solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico.

A posição superior do relevo se relacionou com valores mais elevados de soma de bases e saturação por bases, demonstrando que mesmo ocorrendo redução das bases do solo com a profundidade, a posição superior do relevo sofreu menores perdas em relação as demais posições do relevo.

5. CONCLUSÕES

A maior concentração de matéria orgânica na camada superficial da área experimental contribui para o aumento da capacidade de troca de cátions, retendo bases e aumento do pH com reflexo direto na diminuição da acidez;

Na camada mais profunda do solo (20-40 cm) houve incremento nos teores de alumínio levando ao aumento da saturação por este elemento, o que levou a diminuição da saturação por bases;

Quanto ao relevo da área experimental, as posições inferior e mediana encontram-se com maiores valores de acidez trocável e saturação por alumínio. Já na posição superior, os valores de soma de bases e saturação por bases são mais elevadas com menores perdas e maior incremento dos teores de matéria orgânica devido às folhas de bananeiras depositadas na superfície, atividade comum na região da instalação do experimento;

A utilização de técnicas multivariadas é uma ferramenta de grande utilidade na análise de dados relacionados à atributos químicos do solo com amostras retiradas em diferentes profundidades sob áreas declivosas em sistemas de bananicultura.

6. BIBLIOGRAFIA

ANVISA 2003b. **Programa conta com a participação das vigilâncias sanitárias dos Estados**. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2003/070103_2_estados.htm>. Acesso em 21/10/2018.

ANVISA 2004. **Quantidade de agrotóxicos em alimentos é menor que em 2002**. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2004/100504_3.htm>. Acesso em 21/10/2018.

ARAÚJO, A.J.; LIMA, J.S.; MOREIRA, J.C.; JACOB, S.C.; SOARES, M.O.; MONTEIRO, M.C.M.; AMARAL, A.M.; KUBOTA, A.; MEYER, A.; COSENZA, C.A.N.; NEVES, C.; MARKOWITZ, S. **Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais**, Nova Friburgo, RJ. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v.12, n.1, p.115-130, 2007.

ASSIS, R.L.; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e agricultura orgânica: **controvérsias e tendências**. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, n.6, p.67-80, 2002.

AZADI, H.; HO, P. Genetically modified and organic crops in developing countries: a review of options for food security. *Biotechnology Advances*, New York, v.28, p.160–168, 2010.

BARBOZA, L.G.A.; THOMÉ, H.V.; RATZ, R.J.; MORAES, A.J. **Para além do discurso ambientalista: percepções, práticas e perspectivas da agricultura agroecológica**. *Ambiência*, Guarapuava, v.8, n.2, p.389-401, 2012.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de minas gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p. 129 - 136, 2001.

BORCAHRTT, L. **Atributos físicos e químicos de uma topossequência e ciclagem de nutrientes em áreas de mata nativa e reflorestada**. 2013. 137f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PPGA.

BRANDÃO, V.S.; CECÍLIO, R.A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração da Água no Solo**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 120p.

BRITO, L.T.L.; SRINIVASAN, V.S.; SILVA, A.S.; GHEYI, H.R.; GALVÃO, C.O.; HERMES, L.C. **Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.4, p.596-602, 2005.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p. Manual técnico.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVARES V., V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.259-290.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Calagem e as propriedades eletroquímicas e físicas de um latossolo em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 281-284, 2004.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. p. 480.

DEFRIES, R.; ROSENZWEIG, C. **Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, Nova York, v.107, p.19627-19632, 2010.

DIAZ, R.J.; ROSENBERG, R. **Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems**. *Science*, Nova York, v.321, p.926-929, 2008.

FAO. **Food and agricultural organization**. 2011. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 5 maio 2018.

FILHO, L. F. F; MORAIS, G.M. F; GOMES, M. S; SARA, S. M. M; MORAES, A. R. **Teores de cátions trocáveis, CTC, saturação por bases e alumínio em solos submetidos ao sistema plantio convencional e direto em Paragominas, Pará**. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo, 2015.

FOLEY, J.A et al. **Solutions for a cultivated planet.** *Nature*, Londres, v.478, p.337-342, 2011.

FREITAS, L. de; CASAGRANDE, J, C; OLIVEIRA, I. A. de; CAMPOS, M. C. C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias: Amazonia Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. V.57, n.3, p.224-233. 2014.

FREITAS, L. **Influência de fragmentos florestais nativos sobre os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos de solos cultivados com cana-de-açúcar.** Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 2011. 112 f. (Dissertação Mestrado).

HART, R. D. **Methodologies to produce agroecosystem management plants for small farmers** in tropical environment. In: WORLD AGRICULTURAL WORKSHOP CONFERENCE ON BASIC TECHNIQS IN ECOLOGICAL AGRICULTURE, 1978,

IWATA, B.F.; LEITE, O.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; NUNES, L.A.P.L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L.P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.730–738, 2012.

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**, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.

KAMIYAMA, A.; MARIA, I.C.; SOUZA, D.C.C.; SILVEIRA, A.P.D. **Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais.** Bragantia, Campinas, v.70, n.1, p.176-184, 2011.

LANA, R.P. **Uso racional de recursos naturais não renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais.** Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, v.38, p.330-340, 2009.

LICHTENBERG, P. dos S. F. **Sistemas de producción de musáceas en Brasil.** In: REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 20., 2013, Fortaleza. Acorbat: 40 anos compartilhando ciência e tecnologia. Anais... Fortaleza: Instituto Frutal; Acorbat Internacional, 2013. p. 34-42.

LIMA, A.J.P.; CARMO; M.S. **Agricultura sustentável e a conversão agroecológica. Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v.4, n.7, p.47-72, 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p. 68-75, 2009.

MACHADO, P.L.O.A.; BERNARDI. A.C.C.; VALENCIA, L.I.O.; MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L.; SILVA, C.A.; ANDRADE, A.G.;MADARI, B.E.; MEIRELLES, M.S.P. **Mapeamento da condutividade elétrica do solo e relação com os teores de argila de um Latossolo Vermelho sob plantio direto no Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.6, p.1.023-1.031, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, Potafos, 1989. 201p.

MANICA, I. Fruticultura tropical 4, Banana. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. 485p.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO 2017
<http://www.planejamento.gov.br/>

MOLIN, J.P.; CASTRO, C.N. **Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, p.567- 573, 2008.

NAVA, I.A.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.L.; SCWANTES, D. **Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.5, p.884-892, set./out. 2011.

PIMENTEL, D. **Food production and the energy crisis**. Science, Washington, v. 182, p. 443-449, 1973.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food, energy and society**. Niwot: University Press of Colorado, 1996. 363 p.

PORTO, M.F.; SOARES, W.L. **Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora.** Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, v.37, n.125, p.17-31, jan./jun., 2012.

RECENA, M.C.P.; CALDAS, E.D. **Percepção de risco, atitudes e práticas no uso de agrotóxicos entre agricultores de Culturama, MS.** Revista de Saúde Pública, São Paulo, v.42, n.2, p.294- 301, 2008.

RHOADES, J. D. **Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity.** *Advances in Agronomy*, San Diego, v.49, p.232-242, 1993.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.42, n.8, p.1169-1175, ago. 2007

SANTI, et al.. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1346-1357, 2012.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, A.U.; BRITO, C.H.; DORNELAS, C.S.M.; NÓBREGA, J.P.R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 4, n.1, p. 103-106, 2006.

SHEPHERD, K. **Banana: taxonomia e morfologia.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal, Anais... Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1984. p.50-74.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.; PROCHNOW, L.I. **ANIMAL-BASED Agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v.63, n.2, p.194-209, mar./apr. 2006.

SILVA, A.S.; SILVA, I.F.; FERREIRA, L.E.; BORCHARTT, L.; SOUZA, M.A.; PEREIRA, W.E. Propriedades físicas e químicas em diferentes usos do solo no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1064-1072, 2013.

SIMMONDS, N. W. **Los platanos.** Barcelona: Blume, 1973

SIQUEIRA, S.L.; KRUSE, M.H.L. **Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde.** Revista da Escola de Enfermagem da USP, São Paulo, v.42, n.3, p.584- 590, 2008.

STEFFEN, G.P.K.; STEFFEN, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. **Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos.** Tecno-lógica, Santa Cruz do Sul, v.15, n.1, p.15-21, jan./jun. 2011.

STOCKING, M.A. **Tropical soils and food security: the next 50 years.** Science, Nova York, v.302, n.1356, p.1355-1359, 2003.

THEODORO, V.C.A. et al. **Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 27, p.1039-1047, 2003.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T.C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. **Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification.** Biological Conservation, Amsterdam, v.151, p.53-59, 2012.

VALLADARES, G. S.; GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; EBELING, A. G.; BENITES, V. M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de Organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.285-296, 2008.

VEIGA, M.M.; DUARTE, F.J.C.M.; MEIRELLES, L.A.; GARRIGOU, A.; BALDI, I. **A contaminação por agrotóxicos e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).** Revista Brasileira Saúde Ocupacional, São Paulo, v.32, n.116, p.57-68, 2007.