

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

JEFREJAN SOUZA REZENDE

**QUALIDADE DE LATOSSOLOS NA CHAPADA DO ARARIPE SOB
DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

**Recife
2017**

Jefrejan Souza Rezende
Engenheiro Agrônomo

**Qualidade de Latossolos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas
vegetais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Ciências do Solo

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire

Co-orientador: Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho

**Recife
2017**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Ficha catalográfica

R467q Rezende, Jefrejan Souza
Qualidade de latossolos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais / Jefrejan Souza Rezende. – 2017.
114 f. : il.

Orientador: Fernando José Freire.

Coorientador: José Coelho de Araújo Filho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Uso do solo 2. Atributos do solo 3. Solos degradados
I. Freire, Fernando José, orient. II. Araújo Filho, José Coelho de, coorient. III. Título

CDD 631.4

JEFREJAN SOUZA REZENDE

Qualidade de Latossolos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Ciências do Solo.

Aprovada em 08 de Março de 2017

Prof. Dr. Fernando José Freire
Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Izabel Cristina de Luna Galindo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

A Deus, meus pais e minha esposa

DEDICO

*Deleite-se no Senhor, e ele atenderá aos
desejos do seu coração.*

Salmos 37:3-4

AGRADECIMENTOS

A Deus, o autor e consumidor da minha fé, por proporcionar mais uma vitória;

Aos meus pais Joarez da Silva Rezende e Luiza Maria de Souza Rezende, pelos ensinamentos, exemplos, amor incondicional e por terem sempre acreditado em mim;

A minha amada esposa Joelma Santana Rezende, pelo carinho, companheirismo e atenção prestados a mim a todos os momentos;

As minhas irmãs Poliana Rezende Matos e Ruth Júlia Souza Rezende, pelo zelo, compreensão e amizade;

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando José Freire, pela paciência, dedicação, conselhos e ensinamentos que enriqueceram o meu caminho profissional e por ter confiado em mim na execução desse trabalho;

Ao meu co-orientador, Dr. José Coelho de Araújo filho, pelos ensinamentos e conselhos prestados;

Aos meus amigos Márcio e Leandro, pelas valiosas contribuições dadas a esse trabalho;

Aos meus colegas e amigos de pós-graduação onde juntos construímos conhecimentos valiosos nessa caminhada;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo da UFRPE pelos ricos ensinamentos importantes na minha formação;

A UFRPE e o IPA pelo apoio e ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.

Qualidade de Latossolos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais

RESUMO

É imprescindível conhecer a qualidade do solo, através de seus atributos, para se avaliar os impactos das diferentes coberturas vegetais e planejar adequadamente seu uso, contribuindo para a recuperação e conservação do solo, que são importantes para a melhoria da qualidade de vida das famílias da região da Chapada do Araripe que dependem direta e indiretamente desse recurso. Nesse contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar a qualidade de Latossolos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais. Foram amostradas quatro áreas: área sob vegetação nativa preservada; área sob vegetação nativa degradada, com baixa regeneração natural; área sob cultivo convencional com mandioca e área sob cultivo agro-energético com eucalipto. Foram estudados indicadores químicos, físicos e frações húmicas da matéria orgânica. As coberturas vegetais alteraram os atributos do solo, sendo a área degradada responsável pelas maiores alterações, quando comparada à vegetação nativa preservada. A análise conjunta dos atributos químicos e das frações húmicas da matéria orgânica do solo demonstrou que as variáveis cálcio trocável, fósforo, soma de bases, capacidade de troca de cátions efetiva do solo, saturação por alumínio e carbono orgânico total foram as mais sensíveis na avaliação da qualidade de Latossolos Amarelos da Chapada do Araripe. Os atributos físicos que melhor descreveram os aspectos de qualidade dos Latossolos Amarelos na Chapada do Araripe foram densidade do solo, resistência à penetração e condutividade hidráulica saturada. Na análise de agrupamento das áreas, levando em consideração os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo, a área sob vegetação nativa degradada se diferenciou de todas as outras áreas. Para os atributos físicos do solo houve tendência de aproximação da área sob vegetação nativa preservada nas duas camadas estudadas e a área sob uso agro-energético na camada superficial, enquanto que a área sob vegetação nativa degradada se diferenciou dos demais ambientes.

Palavras - chave: Uso do solo. Atributos do solo. Solos degradados.

Quality of Oxisols in the Chapada do Araripe under different vegetation cover

ABSTRACT

It is essential to know the quality of the soil, through its attributes, to evaluate the impacts of different vegetation cover and adequately plan their use, contributing to soil recovery and conservation, which are important for the improvement of the quality of life of families in the region of Araripe that depend directly and indirectly on this resource. In this context, the aim of this study was to evaluate the quality of Latosols in the Araripe Plateau under different vegetation cover. Four areas were sampled: area under native vegetation preserved; Area under native degraded vegetation, with low natural regeneration; Area under conventional cultivation with cassava and an area under agro-energetic cultivation with eucalyptus. Chemical, physical and quality indicators of organic matter were studied. The vegetation cover altered the soil attributes, being the degraded area, responsible for the greatest alterations, when compared to the preserved native vegetation. The joint analysis of chemical attributes and humic fractions of soil organic matter showed that the variables exchangeable calcium, phosphorus, sum of bases, effective cation exchange capacity of the soil, saturation by aluminum and total organic carbon were the most sensitive in the evaluation Of the Yellow Latosols of the Chapada do Araripe. The physical attributes that best described the quality aspects of Yellow Latosols in the Araripe Plateau were soil density, resistance to penetration and saturated hydraulic conductivity. In the cluster analysis of the areas, taking into account the chemical attributes and humic fractions of the soil organic matter, the area under native degraded vegetation was differentiated from all other areas. For the physical attributes of the soil there was a tendency to approximate the area under native vegetation preserved in the two layers studied and the area under agro-energetic use in the superficial layer, while the area under native vegetation degraded was different from the other environments.

Keywords: Soil use. Soil attributes. Degraded soils.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Posição geográfica das áreas de estudo. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto.....32
- Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperatura registrada no período de Janeiro a Junho de 2016.....32
- Figura 3. Fotografias das áreas estudadas. VNP: Área sob vegetação nativa preservada (A); VND: Área sob vegetação nativa degradada (B); MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca (C); e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (D).....33
- Figura 4. Fotografias dos perfis de solo das áreas estudadas. VNP: Área sob vegetação nativa preservada (A); VND: Área sob vegetação nativa degradada (B); MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca (C); e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (D).....36
- Figura 5. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....63
- Figura 6. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....64
- Figura 7. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo na profundidade 0,00-0,05 m. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto.....65
- Figura 8. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....67
- Figura 9. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....68
- Figura 10. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo na profundidade 0,05-0,10 m. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN:

Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto.....69

Figura 11. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....71

Figura 12. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....72

Figura 13. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo na profundidade 0,10-0,20 m. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto.....73

Figura 14. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....76

Figura 15. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m. Os números 1, 2 e 3 representam as profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m respectivamente.....77

Figura 16. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo no conjunto das profundidades. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto. Os números 1, 2 e 3 representam as profundidades 0,00-0,05m; 0,05-0,10m e 0,10-0,20m respectivamente.....78

Figura 17. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....81

Figura 18. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....81

Figura 19. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos físicos do solo na profundidade 0,00-0,10m. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área

sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto.....82

Figura 20. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....84

Figura 21. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....84

Figura 22. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos físicos do solo na profundidade 0,10-0,20m. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto.....85

Figura 23. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....87

Figura 24. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....87

Figura 25. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos físicos do solo, nas profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20m. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto. Os números 1 e 2 representam as profundidades 0,00-0,10m e 0,10-0,20m respectivamente.....88

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos químicos nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco.....42
- Tabela 2 . Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos químicos nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco.....43
- Tabela 3. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar o COT e as frações húmicas da matéria orgânica nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco.....45
- Tabela 4. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos físicos nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco.....48
- Tabela 5. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos físicos nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco.....49
- Tabela 6. Valores de pH, teores de alumínio trocável, valores de acidez potencial e saturação por alumínio em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise de variância e coeficiente de variação dos dados.....50
- Tabela 7. Teores de fósforo e potássio, cálcio e magnésio trocáveis em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....52
- Tabela 8. Soma de bases, capacidade de troca de cátions efetiva, capacidade de troca de cátions potencial e saturação por bases em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....53
- Tabela 9. Carbono orgânico total, carbono da fração ácido húmico, carbono da fração ácido fúlvico e carbono da fração humina em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....54

Tabela 10. Carbono das substâncias húmicas, relação entre carbono da fração ácido húmico e carbono da fração ácido fúlvico, relação entre carbono do extrato alcalino e carbono da fração humina, relação entre carbono do extrato alcalino e carbono orgânico total, relação entre carbono das substâncias húmicas e carbono orgânico total em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....54

Tabela 11. Macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência a penetração em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....59

Tabela 12. Umidade na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente e água disponível em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....60

Tabela 13. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....61

Tabela 14. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....62

Tabela 15. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....65

Tabela 16. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....66

Tabela 17. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....70

Tabela 18. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....70

Tabela 19. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria

orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....73

Tabela 20. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....74

Tabela 21. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....79

Tabela 22. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....80

Tabela 23. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....83

Tabela 24. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....83

Tabela 25. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....85

Tabela 26. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.....86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Hipótese	24
1.2 Objetivo geral	24
1.3 Objetivos específicos	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Semiárido brasileiro	25
2.2 Latossolos	26
2.3 Polo Gesseiro do Araripe	27
2.4 Qualidade de solos	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 Localização e caracterização da área experimental	32
3.1.1 Área sob vegetação nativa preservada	34
3.1.2 Área sob vegetação nativa degradada	34
3.1.3 Área sob cultivo convencional com mandioca	34
3.1.4 Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	35
3.2 Caracterização dos perfis de solo	35
3.3 Amostragem das áreas de estudo	36
3.4 Análise dos atributos químicos do solo	37
3.5 Análise do carbono orgânico total (COT) e frações húmicas da matéria orgânica do solo	37
3.6 Análise dos atributos físicos do solo	38
3.7 Análises estatísticas e interpretação dos resultados	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Suficiência amostral para avaliação da qualidade do solo	40
4.2 Atributos químicos do solo	50
4.3 Carbono orgânico total e frações húmicas da matéria orgânica do solo	53

4.4 Atributos físicos do solo.....	58
4.5 Análise multivariada dos dados.....	60
4.5.1 Análise multivariada dos atributos químicos do solo e frações húmicas da matéria orgânica do solo	60
4.5.2 Análise multivariada dos atributos físicos do solo	79
5 CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE A - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 1.....	107
APÊNDICE B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 1	108
APÊNDICE C - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 2	109
APÊNDICE D – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 2.....	110
APÊNDICE E - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 3.....	111
APÊNDICE F – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 3	112
APÊNDICE G - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 4	113
APÊNDICE H – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 4.....	114

1 INTRODUÇÃO

No Semiárido brasileiro, o uso inadequado do solo tem provocado uma série de perturbações que podem degradá-lo, principalmente quando não se consideram as especificidades da região (REBOUÇAS et al., 2014).

Segundo Freitas et al. (2015) a intensificação do uso e manejo do solo e a redução da cobertura vegetal nativa têm provocado a degradação dos recursos naturais e redução da qualidade do solo. Para Souto et al. (2005) práticas inadequadas de manejo, associadas às condições climáticas desfavoráveis da região semiárida, como irregularidade da precipitação pluvial e elevadas temperaturas, intensificam o processo de desertificação do semiárido.

No Semiárido pernambucano, o polo gesseiro do Araripe tem sido submetido a intensas ações antrópicas, causadas pela alta demanda de lenha pelas calcinadoras, para o processo de calcinação da gipsita, que tem tornado a região do Araripe susceptível à desertificação e, conseqüentemente, reduzindo a capacidade produtiva do solo (SINDUSGESSO, 2014).

De acordo com Brainer et al. (2011), a alta demanda por lenha para uso na indústria gesseira tem sido o principal vilão no crescente desmatamento e degradação da Caatinga na região do Araripe. Segundo Martins et al (2010), a degradação do solo tem sido resultado direto da retirada da cobertura vegetal e das práticas agrícolas no Semiárido pernambucano.

As modificações ambientais e no uso do solo da região semiárida está, também, associada à expansão agrícola, principalmente pela cultura da mandioca (FREITAS FILHO; MEDEIROS, 1993). Ashagrie et al. (2007), Guimarães et al. (2013) e Marinho et al. (2016), relataram que, na região semiárida, os manejos agrícolas adotados têm provocado sua degradação. Horstmann et al. (2011), avaliando o desmatamento na Chapada do Araripe, observaram que, até 2009, 65% da área em estudo foi desmatada, tendo como um dos fatores responsáveis a expansão da cultura da mandioca.

Diante do crescimento da ação antrópica sobre os recursos florestais na região do Araripe pernambucano, há necessidade de adoção de estratégias para conter essa devastação florestal (SINDUSGESSO, 2014). Dentre elas, o cultivo de espécies energéticas alternativas à Caatinga, como é o caso do eucalipto, torna-se uma alternativa importantíssima no aspecto econômico e ambiental devido à maior

oferta de biomassa e redução do desmatamento desse bioma (GADELHA et al., 2015).

Silva et al. (2013) relataram que as projeções do consumo de lenha pelo mercado gesseiro proveniente de plantio de eucaliptos, em 2019, girará em torno de 1,58 milhões de m³, produzidos em área de aproximadamente 8 mil ha ano⁻¹, enquanto que o uso da lenha da vegetação nativa será em torno de 1,9 milhões de m³ numa área de 25 mil ha ano⁻¹. Porém, estudo realizado por Campello (2013), mostrou que apenas 0,1% da lenha utilizada pelas calcinadoras advêm de plantios de reflorestamento agro-energético com eucalipto.

Nos últimos anos, é crescente a importância dada a trabalhos associados à qualidade do solo (SILVA et al., 2014), principalmente aqueles relacionados a sua conservação (ALENCAR et al., 2015). Diante disso, é necessário determinar índices capazes de avaliar a capacidade de diferentes sistemas de uso e manejo, visando manter e melhorar a qualidade do solo (ROSSI et al., 2012). No entanto, na região do Araripe pernambucano, não há informações sobre estudos que identifiquem o estado de degradação dos solos, seja pelo uso intensivo ou pela retirada da vegetação nativa.

Assim sendo, é imprescindível conhecer a qualidade do solo, através de seus atributos, para se avaliar os impactos e planejar adequadamente o melhor manejo para os diferentes sistemas agrícolas, contribuindo para a recuperação e conservação do solo e para a melhoria da qualidade de vida das famílias da região da Chapada do Araripe, que dependem direta e indiretamente desse recurso.

1.1 Hipótese

As diferentes coberturas vegetais dos Latossolo Amarelos da Chapada do Araripe alteram os atributos químicos, físicos e as frações húmicas da matéria orgânica.

1.2 Objetivo geral

Avaliar a qualidade de Latossolos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais.

1.3 Objetivos específicos

- a) Determinar os atributos químicos dos Latossolos Amarelos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais;
- b) Avaliar os atributos físicos dos Latossolos Amarelos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais;
- c) Estudar as frações húmicas da matéria orgânica dos Latossolos Amarelos na Chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais;
- d) Selecionar os principais atributos químicos, físicos e frações húmicas da matéria orgânica indicadores de qualidade dos Latossolos Amarelos na Chapada do Araripe, sob diferentes coberturas vegetais;
- e) Agrupar as áreas segundo os atributos químicos, físicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Semiárido brasileiro

O Semiárido brasileiro, com uma área aproximada de 980.134 km², abrange cerca de 12% do país e 63% da região Nordeste, compreendendo os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e norte de Minas Gerais (INSA, 2017).

A região semiárida é composta, principalmente, pelo bioma Caatinga, que ocupa uma área de 734.478 km² (LIRA et al., 2012). Esse bioma é caracterizado por apresentar vegetação hipoxerófila e trechos de floresta caducifólia, solos pouco intemperizados, rasos, ricos em minerais (ALVES, 2007) e pobres quimicamente (MEDEIROS et al., 2013).

A região semiárida é tipificada por temperaturas elevadas, chuvas mal distribuídas, solos pouco desenvolvidos e baixa produção de biomassa vegetal, (MAIA et al., 2007; MARINHO et al., 2016; NETO et al., 2017). Segundo Conti e Schroeder (2013) o semiárido é uma região árida com pouca chuva e baixo sistema de armazenamento de água.

No Semiárido nordestino, o uso intensivo do solo aliado ao desmatamento da vegetação nativa tem provocado a degradação ambiental (MENEZES; SAMPAIO, 2002). De acordo com Sá et al. (2009) o uso desordenado do solo, no semiárido, por

meio de sistemas de manejos convencionais, tem ocasionado a degradação dos seus atributos.

Mekuria et al. (2007) ressaltaram a importância de estudos voltados para avaliação da degradação dos solos da região semiárida. No entanto pesquisas nessa temática ainda são incipientes.

2.2 Latossolos

O solo é classificado como uma coleção de corpos naturais presente na superfície da terra, contendo seres vivos e servindo como substrato e meio de sustentação para as plantas, fornecendo nutrientes, água e oxigênio (BERTONI; NETO, 2008). Segundo Lima et al. (2007) o solo tem a capacidade de controlar a infiltração, movimento, distribuição e armazenamento de água, ciclagem de nutrientes e ação de organismos.

Os solos são organizados em classes e grupos, sendo as suas características químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas usadas como critérios para sua classificação (SILVA et al., 2015).

De acordo com Souza et al. (2013) os solos brasileiros são muito diversificados devido às diferenças nos seus atributos, resultando em capacidades de uso diferenciadas.

Os Latossolos são comumente encontrados em áreas mais elevadas, com relevo plano a suave-ondulado, com declividade de no máximo 7%, com intenso processo de intemperismo, sendo caracterizados como profundos, homogêneos, porosos, bem drenados, de fácil manejo (SOUSA; LOBATO, 2017), pobres quimicamente, ácidos, distróficos, com argila de baixa atividade, pouca diferenciação entre os horizontes A, B e C, e transições difusas a graduais (SANTOS et al., 2013).

Segundo Baldotto et al. (2015), as principais limitações dos Latossolos, em geral, estão associadas à baixa capacidade de desenvolvimento de cargas elétricas negativas, alta adsorção e precipitação de P pelos óxidos de Fe e Al no complexo de troca e pelos íons de Fe e Al na solução do solo, tendo baixa disponibilidade de nutrientes e excesso de Al. A matéria orgânica desses solos exerce grande influência sobre a capacidade de troca de cátions, na redução da fixação de P, na disponibilidade de nutrientes e na redução da atividade de Al.

Pereira et al. (2010) relataram que os Latossolos são caracterizados pelo predomínio de caulinita. No entanto, outros minerais como gibbsita, goethita e

hematita são também encontrados, mas em menores proporções, sendo sua presença associada ao material de origem, posição na paisagem e intensidade do intemperismo.

Os Latossolos da Chapada do Araripe são profundos, de baixa fertilidade natural, em geral, arenosos e muito bem drenados.

Estudos relacionados à qualidade de Latossolos cresceram nos últimos anos (VASCONCELOS et al., 2014; RAMOS et al., 2015; BEUTLER et al., 2016; FERREIRA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2017). No entanto, pesquisas relativas a esse tipo de solo, na região semiárida, são escassas, principalmente na Chapada do Araripe, onde ocorrem nas regiões de topo da Chapada.

2.3 Polo Gesseiro do Araripe

O Brasil possui grandes reservas de gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2010) estimou que essas reservas são de 1,2 bilhão de toneladas e que cerca de 93% delas estão concentradas nos estados da Bahia (44%), Pará (31%) e Pernambuco (18%). No entanto, as reservas que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico estão situadas na região do Araripe, na fronteira dos estados do Piauí, Ceará e Pernambuco.

A região do Araripe, em Pernambuco, é composta por dez municípios, que formam o polo gesseiro do Araripe. A região ocupa mais de 11% da área do estado e tem como principal atividade econômica a extração e processamento de gipsita para a produção de gesso (ALBUQUERQUE, 2013). O pólo gesseiro do Araripe é um Arranjo Produtivo Local (APL) formado por 39 minas de gipsita, 139 indústrias de calcinação, 726 indústrias de pré – moldados, gerando mais de 13 mil empregos na região. O APL do Araripe é responsável por 97% da produção de gesso do país e tem faturamento anual de aproximadamente R\$ 200 bilhões/ano, com capacidade de exploração de 1220 milhões de toneladas de gesso (SINDUGESSO, 2017).

O principal uso do gesso produzido na região do Araripe é na indústria da construção civil. No entanto, para que o gesso esteja apto para este uso, é necessário que passe pelo processo de calcinação, onde a gipsita é submetida a elevadas temperaturas, demandando elevadas quantidades de energia, que é obtida, principalmente, a partir do consumo de lenha proveniente do Bioma Caatinga, onde o pólo gesseiro do Araripe está inserido.

Segundo Silva (2009) a exploração da lenha na Caatinga é inadequada e não é suficiente para suprir a demanda das indústrias gesseiras da região. Planos de manejo florestal sustentável na região não são adotados. A Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA, 2007) estimou que apenas 2 a 3% da lenha consumida na região provieram de planos de manejo florestal e 97% da lenha consumida pelas calcinadoras do pólo gesseiro do Araripe vêm do extrativismo sem reposição.

Silva (2009), estudando a região, argumentou que o problema se propaga aos estados vizinhos (Piauí, Ceará e Bahia), porque o crescimento acelerado das indústrias de gesso aumentou o processo de exploração do estoque de lenha de Pernambuco, havendo necessidade de explorar lenha fora do estado.

A exploração desordenada do Bioma Caatinga pode estar causando um grande processo de degradação ambiental na região do Araripe pernambucano. Sá et al. (2011) afirmaram que essa região é uma área onde há grande pressão sobre os recursos naturais, especialmente os recursos florestais. A ação antrópica se processa com grande intensidade, resultando em áreas degradadas pelo consumo de lenha para atender a diferentes setores econômicos.

Cavalcanti e Araújo (2008) argumentaram que o uso da Caatinga se baseia em processos tão somente extrativistas, tornando-se um modelo predatório que se reflete, principalmente, nos recursos naturais renováveis, ocasionando perdas irreversíveis da diversidade de flora e fauna, acelerando o processo de erosão e declínio da fertilidade do solo e de sua qualidade.

Além da extração desenfreada da vegetação nativa da Chapada do Araripe, outro fator que pode estar contribuindo para a degradação dessa região é o monocultivo da mandioca, que apesar de representar a principal opção para a sustentabilidade do empreendimento agrícola, tem promovido, ao longo de sucessivos cultivos, baixas produtividades, levando os agricultores a expandir suas lavouras, aumentando assim o desmatamento (CORIOLANO et al., 2005).

Alternativas de biomassas energéticas estão sendo adotadas na região para diminuir esse impacto sobre os recursos florestais e, conseqüentemente, o processo degradativo da Caatinga. Dentre essas alternativas pode-se citar o rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de eucaliptos (GADELHA et al., 2012).

A exploração desordenada da Caatinga como biomassa energética, o monocultivo da mandioca e a alternativa de introdução de novas biomassas que são exóticas ao Bioma Caatinga podem estar causando, em diferentes proporções, degradação ambiental, principalmente, nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, responsáveis pela manutenção de sua qualidade e sustentabilidade do ambiente.

2.4 Qualidade de solos

O termo qualidade do solo começou a ser discutido a partir da década de 90 quando a comunidade científica adotou, em suas publicações, temas relacionados com degradação, sustentabilidade e função do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Assim, surgiram vários conceitos de qualidade de solo. De acordo com Karlen et al. (1997) o conceito de qualidade do solo proposto pela sociedade americana de ciência do solo é o mais aceito. Segundo os citados autores a qualidade do solo é definida como a capacidade de um dado solo funcionar, dentro de um sistema natural ou manejado, de forma a manter a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e suportar a saúde humana e habitacional.

Para Coimbra e Alves (2012) a qualidade do solo pode ser definida como a capacidade deste em desempenhar funções em um ecossistema com objetivo de sustentar plantas e animais e preservar o meio ambiente.

O monitoramento da qualidade do solo é fundamental para a análise de ecossistemas sustentáveis e monitoramento ambiental, principalmente no que diz respeito à recuperação de áreas degradadas (NASCIMENTO, 2015). Rossi et al. (2012) afirmaram que a qualidade do solo é de fundamental importância na compreensão da sustentabilidade de sistemas produtivos, levando ao entendimento do solo como um organismo vivo e dinâmico. Cogo e Levien (2002) ressaltaram a importância de se estudar e monitorar a qualidade do solo para mantê-lo permanentemente produtivo e sem degradação.

Diante disso, a qualidade do solo tem sido avaliada, constantemente, através das alterações nos seus atributos provocadas pelos diferentes sistemas de usos e manejos inadequados (NEVES et al., 2007)

2.5 Indicadores de qualidade de solos

A qualidade do solo é uma expressão ampla e complexa, não podendo ser medida de forma direta (ISLAM; WEIL, 2000). Nesse sentido, a qualidade do solo,

em sistemas agrícolas, florestais e naturais, tem sido mensurada por meio de indicadores apropriados e pela sua comparação com valores referenciais (ARAÚJO et al., 2012). Segundo Silva et al. (2015), o processo de modificação da qualidade do solo tem sido avaliado pela comparação dos atributos do solo em estudo com um solo tido como referência, com mínima interferência antrópica. Arshad e Martin (2002) afirmaram que é importante conhecer os indicadores de qualidade do solo em vários tipos de biogeocenoses, para acompanhar mudanças ocorridas no solo e determinar propensões de melhoria ou degradação da qualidade do solo.

De acordo com Pezarico et al. (2013), geralmente os indicadores mais recomendados para análise da qualidade do solo em função do uso e manejo adotados são aqueles sensíveis e que respondem às variações do ambiente. Nascimento et al. (2014) afirmaram que os atributos do solo sensíveis a modificações pelos diferentes usos podem ser monitorados para avaliar a sustentabilidade e melhoria dos solos.

Os atributos do solo darão informações importantes a respeito da qualidade do solo, para isso é imprescindível o acompanhamento desses índices para saber qual manejo e uso é adequado a determinado tipo de solo, principalmente em áreas mais vulneráveis ao processo degradativo, como é o caso dos solos do Semiárido (GONÇALO FILHO, 2015).

Na região do Araripe a busca por um conjunto de indicadores de solo que possa avaliar a qualidade do ambiente tem se tornada prioritária para a conservação do Bioma Caatinga, seja por causa de sua exploração energética, introdução de novas biomassas exóticas ao bioma ou mesmo pelo uso agrícola com mandioca, monocultura comum na região.

Gonçalo Filho (2015) e Arruda et al. (2015), comparando áreas com diferentes usos e manejos do solo com a vegetação nativa (Caatinga), comprovaram que esses sistemas influenciaram os valores médios dos atributos químicos e físicos do solo, reduzindo sua qualidade.

Os atributos químicos do solo são indicadores que podem responder rapidamente aos efeitos causados pelos sistemas de manejo adotados (GONÇALO FILHO, 2015). As principais propriedades químicas estudadas na investigação de impactos causados por diversos sistemas de uso e manejo do solo são: o conteúdo da matéria orgânica do solo (MOS) e seus componentes, estoque de C, pH, Al, Ca, Mg, K, P, soma de bases, capacidade de troca de cátions e percentagem de

saturação por bases (MENEZES, 2008). Lourente et al. (2011) estudando o efeito de diferentes usos e manejos do solo em comparação com a vegetação nativa, constataram a diminuição da qualidade do solo devido à alteração negativa dos seus atributos químicos.

Andrade e Stone (2008) afirmaram que existe uma relação entre os atributos físicos do solo com os processos degradativos e os sistemas de manejo do solo, tornando esses atributos importantes na busca por uma agricultura sustentável. Dentre as propriedades físicas mais utilizadas destacam-se: estrutura, densidade do solo, porosidade, condutividade hidráulica e resistência do solo à penetração (SILVA, 2013).

A MOS pode ser considerada um importante indicador da qualidade do solo, devido estar associada a uma série de atributos físicos, químicos e biológicos (MARTINS et al., 2010). Tótola e Chaer (2002) afirmaram que pesquisas científicas indicaram que a MOS é o mais importante índice de qualidade do solo. A MOS afeta diretamente a estrutura, a infiltração e a retenção de água, a erodibilidade do solo, a fertilidade, a capacidade de troca de cátions e a atividade microbiana (BAYER; MIELNICZUK 1999). Segundo Vasconcelos et al. (2014), o incremento de MOS através da adição de materiais orgânicos melhora os atributos físicos e químicos do solo. Esse aumento é, possivelmente, intensificado nos solos do topo da Chapada do Araripe que são compostos por Latossolos que são, naturalmente, pobres em matéria orgânica.

O estudo da dinâmica da MOS em vários ambientes, a partir da avaliação do COT é superficial sendo importante estudar as suas frações. Dentre as frações da MOS há as substância húmicas compostas pelos ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina. As substâncias húmicas representam cerca de 80% do COT do solo (Santos et al. 2013). Segundo Horwath (2015), as frações húmicas da MOS representam uma parte significativa do total C e N do solo. Vários trabalhos têm usado a frações húmicas e sua relação com o COT na avaliação da qualidade do solo, devido a forte interação dessas frações com a parte mineral do solo e o manejo aplicado. No entanto, no semiárido do nordeste do Brasil, os estudos são ainda embrionários.

Diante disso, é importante que na região do Araripe se busquem indicadores químicos, físicos e de qualidade química da MOS que sejam mais impactantes para sua degradação, relacionando-os com os diferentes usos e manejos a que estes

solos estão sendo submetidos, tendo em vista ser uma região de grande impacto econômico para o Nordeste, que precisa ser observada com a atenção necessária, visando seu desenvolvimento de forma sustentável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada em áreas de topo da Chapada do Araripe (07° 27' 32" S e 40° 24' 55" W), localizadas no extremo oeste do estado de Pernambuco, no município de Araripina, que faz parte do polo gesseiro do Araripe (Figura 1).



Figura 1. Posição geográfica das áreas de estudo. VNP: Área sob vegetação nativa preservada; VND: Área sob vegetação nativa degradada; MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca; e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto. Fonte: www.google.com/maps/@-7.4606,-40.4161,3080m/data=!3m1!1e3

O clima da região é do tipo Bshw', semiárido quente, conforme classificação de Köppen, caracterizado por um clima quente semiárido, tipo estepe, com a estação chuvosa atrasada para o outono (SÁ et al., 2011). As precipitações pluviométricas atingem médias de 700 a 800 mm e a temperatura média varia de 24 a 26 °C (Figura 2).

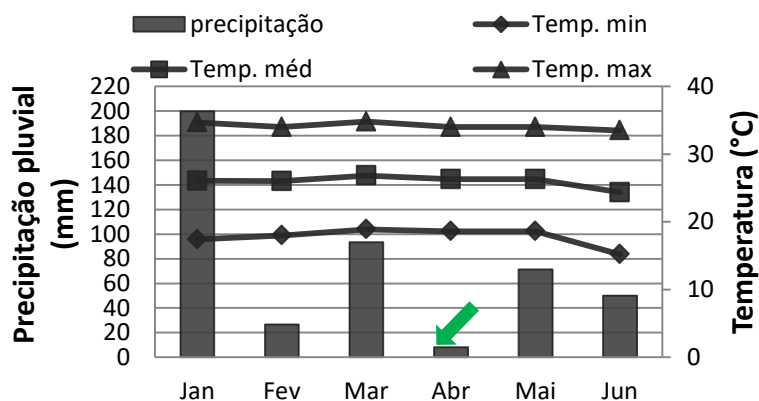


Figura 2. Precipitações pluviométricas e temperaturas registradas no período de Janeiro a Junho de 2016, indicando o mês de coleta das amostras de solos. Fonte: APAC (2016): Agência Pernambucana de Águas e Clima

A vegetação se constituiu basicamente de Caatinga Hipoxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (CPRM/PRODEEM, 2005). O solo das áreas em estudo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, A moderado, com textura franco-arenosa (SANTOS et al., 2013). O relevo predominante no topo da Chapada do Araripe é plano. É uma superfície estrutural constituída de planaltos, formada por rochas sedimentares cretáceas (SÁ et al., 2011). As altitudes desta área variam entre 700 e 1000 m (LIMA VERDE, 2007).

No local de estudo foram selecionadas quatro áreas distintas (Figura 3), mas limítrofes: (A) área sob vegetação nativa preservada (VNP); (B) área sob vegetação nativa degradada, com baixa regeneração natural (VND); (C) área sob cultivo convencional com mandioca (MAN) e (D) área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC).

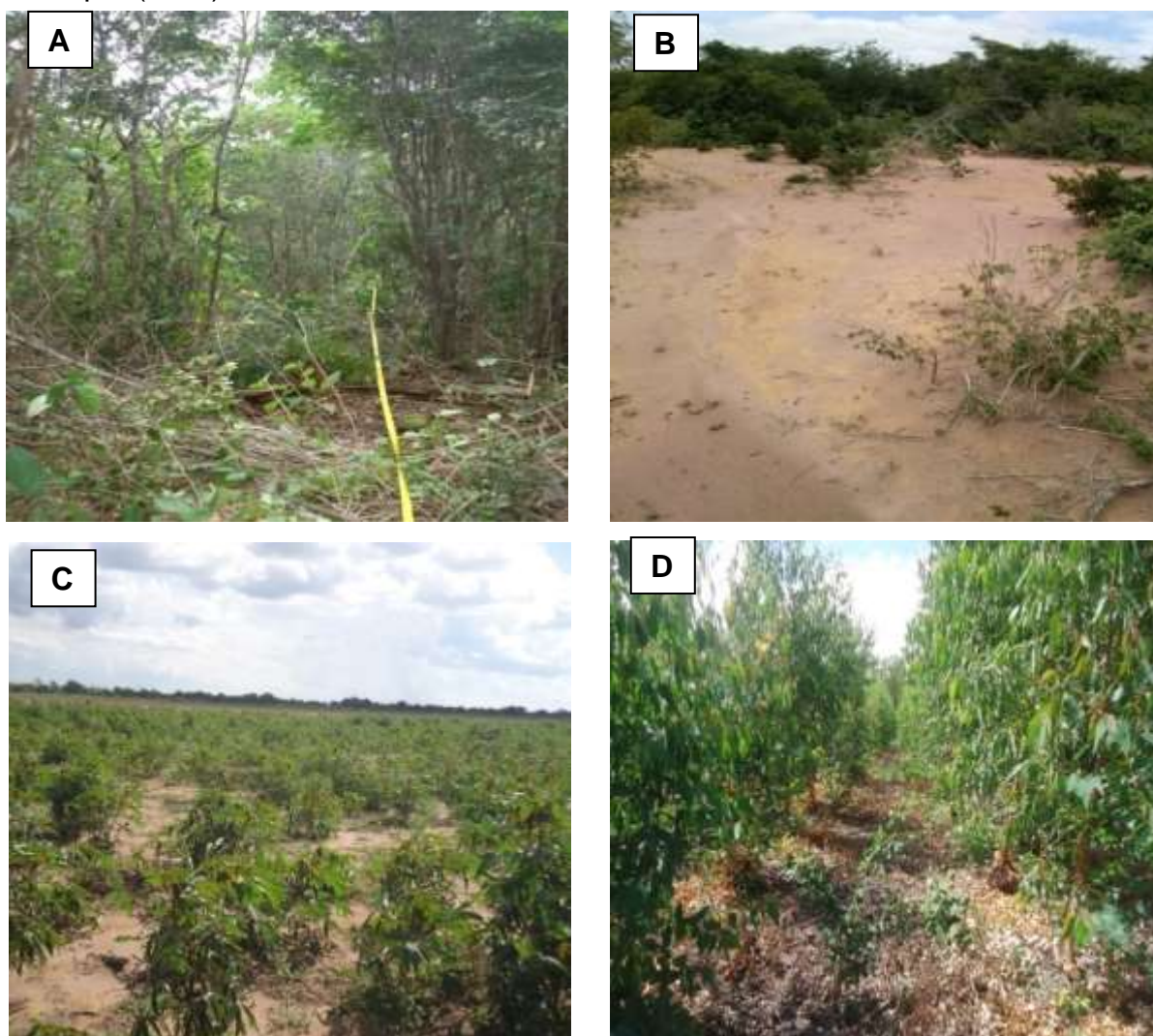


Figura 3. Fotografias das áreas estudadas. VNP: Área sob vegetação nativa preservada (A); VND: Área sob vegetação nativa degradada (B); MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN); e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC). Fonte: arquivo pessoal (2016)

3.1.1 Área sob vegetação nativa preservada

A área sob vegetação nativa preservada (Figura 3A), com aproximadamente 20 ha, possui coordenadas geográficas de 7° 25' 36" S e 40° 25' 50" W e 837 metros de altitude. A vegetação dessa área serviu de referência para comparação com os demais tipos de coberturas vegetais. Se constituiu basicamente de Caatinga Hipoxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. As espécies encontradas com maior frequência foram: condurú-branco (*Oxandra reticulata*), calumbí (*Mimosa arenosa*), bananinha (*Annona leptopetala*), camunzé (*Pithecolobium polycephalum*), espinheiro (*Sideroxylon obtusifolium*), pinha brava (*Annona leptopetala*), canafístula (*Senna Spectabilis*), pereiro preto (*Aspidosperma pyriformium*) e pau branco (*Auxemma oncocalyx*), dentre outras.

3.1.2 Área sob vegetação nativa degradada

A área sob vegetação nativa degradada (Figura 3B) ocupa cerca de dois ha. A área possui coordenadas geográficas de 7° 27' 52" S e 40° 25' 3" W e uma altitude de 830 metros. É uma área de vegetação nativa, com baixa regeneração natural, onde em passado distante, houve exploração de madeira para ser usada como lenha pelas calcinadoras de gesso e para produção de farinha de mandioca, além de relato histórico do plantio de caju. A vegetação se constituiu basicamente de Caatinga Hipoxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. As espécies vegetais encontradas com maior frequência foram as mesmas da área com vegetação nativa preservada. Foi observado, in loco, a presença de crostas de ± 1 cm, provocada pelo escoamento superficial e a presença de corredores de animais.

3.1.3 Área sob cultivo convencional com mandioca

A área sob monocultivo da mandioca (Figura 3C) abrangeu aproximadamente um ha, de um total de 30 ha, com coordenadas geográficas 7° 27' 40" S e 40° 25' 21" W e 828 metros de altitude. O local foi desmatado no ano de 1995, onde a vegetação nativa foi derrubada, queimada e preparada para o plantio de mandioca. O preparo do solo foi feito com aração e gradagem. Não houve correção da acidez do solo e a adubação foi realizada apenas com NPK, com registro da última adubação tendo sido realizada no ano de 2009. Os tratos culturais realizados na área consistem apenas de capina, corte manual e, eventualmente, uso de defensivo

agrícola. A capina é realizada de 3 a 4 vezes por ano (7 a 8 capinas por ciclo) e o corte é realizado a cada 18 meses. Logo após o corte, o material vegetal é posto sobre o solo até o início do NOVO plantio, sendo posteriormente incorporados ao solo pela prática da aração e gradagem. O defensivo agrícola foi utilizado apenas uma vez, quando houve um surto violento da praga (Mandarová). Logo após a colheita, o solo é preparado para novo plantio.

3.1.4 Área sob cultivo agro-energético com eucalipto

A área sob plantio de eucalipto (Figura 3D) representou cerca de um ha, de um total de quatro ha, com coordenadas geográficas 7° 27' 40" S e 40° 24' 39" W e 828 metros de elevação. Há mais de 40 anos, o local foi desmatado, queimado e preparado para cultivo de mandioca, mamona e feijão, respectivamente. Em 2005, foi introduzido o eucalipto. Para o plantio do eucalipto, foi realizada aração e gradagem e o plantio foi realizado em cova. A correção e adubação com NPK (6-24-12) foram realizadas em cova, sendo a última aplicação realizada no ano de 2009. Os tratos culturais realizados na área consistem apenas de capina, coroamento e roço mecânico. Vale ressaltar que o material vegetal remanescente dos tratos culturais, colheita e serrapilheira das plantas de eucalipto, é posto sobre o solo, servindo como cobertura.

3.2 Caracterização dos perfis de solo

Em abril de 2016 foi aberto um perfil em cada área de estudo (Figura 4), considerado suficiente para tipificar os Latossolos da parte alta da Chapada do Araripe. Em seguida foram realizadas coletas de amostras de solo com estrutura deformada e indeformada em cada horizonte, para as análises físicas e químicas. Além disso, foi realizada análise morfológica e classificação do solo de acordo com Santos et al. (2013).

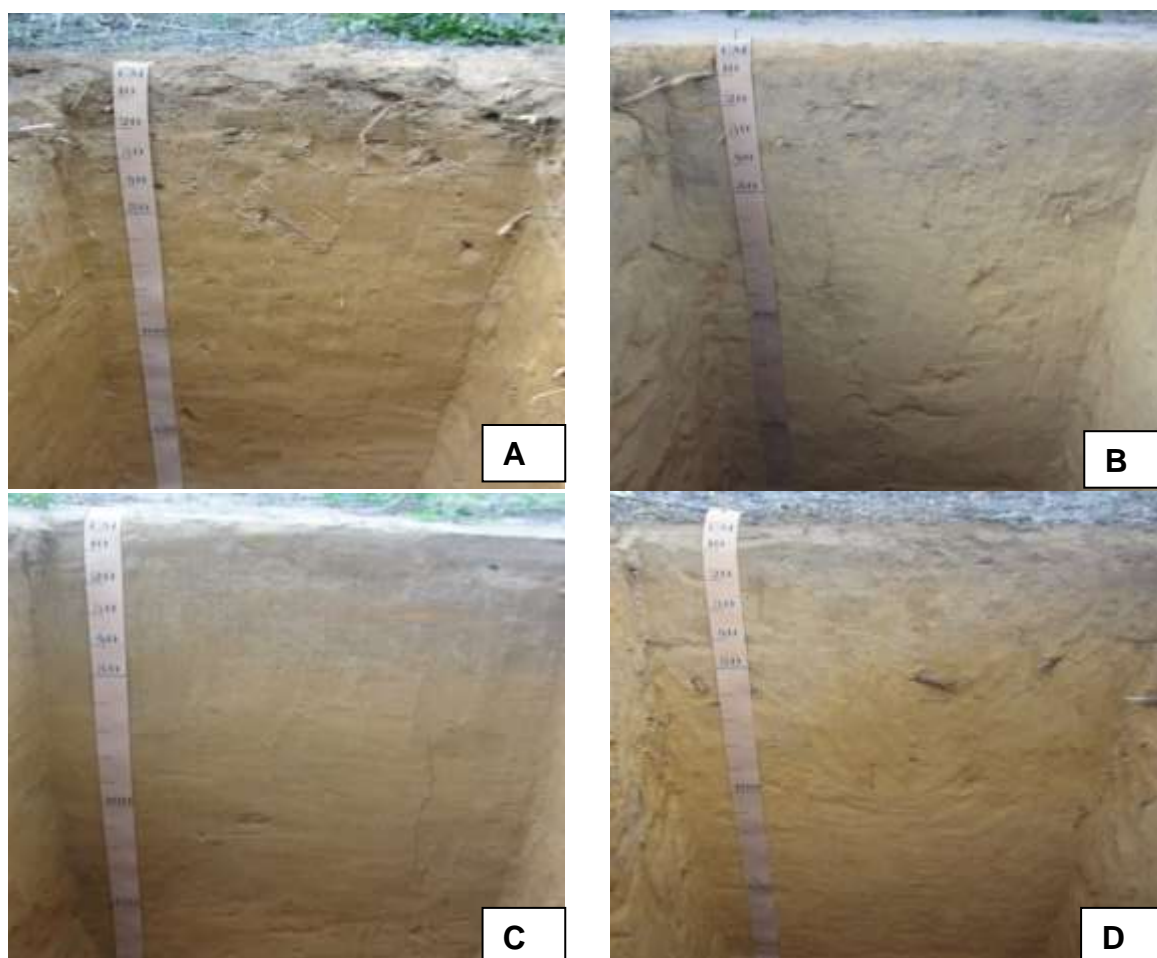


Figura 4. Fotografias dos perfis de solos das áreas estudadas. VNP: Área sob vegetação nativa preservada (A); VND: Área sob vegetação nativa degradada (B); MAN: Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN); e EUC: Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC). Fonte: arquivo pessoal (2016)

3.3 Amostragem das áreas de estudo

Inicialmente foi determinado o número de amostras a serem coletadas em cada área, necessárias para representar com exatidão, a um nível estatístico pré-determinado, cada atributo do solo avaliado. Para isso foi realizada uma amostragem sistematizada de caracterização de acordo com o tamanho da área, variação do ambiente e característica das variáveis.

Para os atributos químicos do solo e as frações húmicas da matéria orgânica foi realizada, em cada unidade amostral, uma amostragem sistemática de 25 amostras, sendo que cada área foi constituída de um quadrado de 100 x 100 m a qual foi estaqueada de 25 em 25 m, resultando numa malha com um total de 25 estacas (pontos), sendo as amostras coletadas às profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10 – 0,20 m, perfazendo um total de 75 amostras por área.

Para os atributos físicos do solo foram amostrados cinco pontos, sendo quatro em cada vértice e um no centro de um quadrado de 100 x 100m, nas profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10 – 0,20 m, totalizando dez amostras por área.

As amostras deformadas foram coletadas com trado holandês. As amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos, com dimensões de 0,05 m de altura por 0,05 m de diâmetro.

3.4 Análise dos atributos químicos do solo

Em amostras de solo deformadas foram determinados os atributos químicos, como: pH em H₂O; Ca²⁺; Mg²⁺; K⁺; Al³⁺; (H+Al) e P. O pH foi medido com eletrodo de vidro em solução do solo na proporção 1:2,5 em água destilada. O Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos com KCl 1,0 mol L⁻¹; o P e o K⁺ com Mehlich-1; e o (H+Al) com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹. Os cátions Ca²⁺ e Mg²⁺ foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o K⁺ por fotometria de chama; e o P determinado por colorimetria. O Al³⁺ foi determinado por titulação na presença do indicador azul de bromotimol e titulado com NaOH (0,025 mol L⁻¹) e o (H+Al) também foi determinado por titulação com NaOH e fenolftaleína como indicador, conforme procedimentos recomendados pela Embrapa (2009).

Com a determinação dos atributos químicos foram obtidos, através de cálculos matemáticos, os seguintes índices: soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica potencial (T); saturação por bases (V) e saturação por alumínio trocável (m).

3.5 Análise do carbono orgânico total (COT) e frações húmicas da matéria orgânica do solo

O COT foi determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,020 mol L⁻¹ e determinada por titulação com sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr) 0,005 mol L⁻¹, de acordo com o método da Embrapa (2009).

O fracionamento químico da matéria orgânica foi realizado baseado nas diferentes solubilidades das frações de ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH) e humina (C-HUM) em meio ácido e alcalino, de acordo com Mendonça e Matos (2005), adaptado de SWIFT (1996). Após as determinações foram calculados os

índices de humificação, como substâncias húmicas (C-SH), C-AH/C-AF, (C-AH + C-AF)/C-HUM, (C-AH + C-AF)/COT e C-SH/COT.

3.6 Análise dos atributos físicos do solo

Em amostras deformadas de solo foi realizada a análise granulométrica, pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2011), para determinação das frações areia, silte e argila, determinando-se sua classe textural.

Em amostras indeformadas de solo foram analisadas a condutividade hidráulica saturada, a porosidade total (macroporosidade e microporosidade), a umidade na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente, resistência do solo à penetração e a densidade do solo. A água disponível foi calculada.

Para a condutividade hidráulica saturada, foi aplicado o método do permeâmetro de carga constante (EMBRAPA, 2011).

Para determinação da porosidade do solo (macroporosidade e microporosidade), as amostras indeformadas foram saturadas durante 24 h em bandeja com água até dois terços da altura do anel. Após o período de saturação as amostras foram submetidas à tensão de 6 KPa na mesa de tensão, para determinação da microporosidade. A partir dessa, por diferença da porosidade total, foi obtida a macroporosidade. Por fim, as amostras foram colocadas em estufa a uma temperatura de 105 °C até atingirem peso constante, para o cálculo da densidade do solo (EMBRAPA, 2011).

Para obtenção da umidade na capacidade de campo, as amostras foram colocadas na mesa de tensão a um KPa e para obtenção da umidade no ponto de murcha permanente, as amostras foram colocadas no extrator de Richards a 1500 KPa. Por diferença, foi obtido o teor de água disponível (EMBRAPA, 2011).

Após o equilíbrio a 80 KPa, as amostras indeformadas foram pesadas e seguiram para a determinação da resistência a penetração. Para isso, foi utilizado um penetrômetro eletrônico de laboratório com receptor e interface acoplados a um microcomputador, para registro das leituras (BRANDFORM, 1986).

3.7 Análises estatísticas e interpretação dos resultados

A média e o coeficiente de variação foram calculadas a partir das determinações de cada atributo. Posteriormente foi utilizado o procedimento estatístico adaptado por Barreto et al. (1974), para o cálculo da suficiência amostral.

$$n = [(t\alpha / 2 \cdot CV) / F]^2$$

Em que n = número de amostras simples representativa; $t\alpha / 2$ = valor tabelado da distribuição t de Student que depende da $\alpha / 2$ nível de probabilidade (bicaudal), com um nível de significância de 95% e o número de graus de liberdade ($df = N-1$), que foi calculada por interpolação DF correspondendo a 30 e 40, e o seu valor adaptada de 2,03; CV = coeficiente de variação do atributo do solo a ser medido; F = erro angular em torno da média (%).

Após a determinação do número mínimo de amostras necessárias para estimar o valor médio de cada atributo analisado, os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$). Nas variáveis cujos efeitos dos tratamentos foram significativos, foi aplicado o teste de médias de Scott-Knott, ($p < 0,05$).

Os dados também foram analisados por estatística multivariada: Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Agrupamento (AA).

A ACP avaliou o nível de relacionamento dos atributos estudados, constituindo uma etapa intermediária do procedimento estatístico. As variáveis químicas, físicas e as frações húmicas da matéria orgânica do solo que se revelaram mais importantes na comparação dos atributos com o tipo de cobertura vegetal do solo, foram empregadas na análise de agrupamento (AA).

O método estatístico de AA visa encontrar e separar objetos de grupos similares, sendo estes com veracíssima semelhança dentro de cada grupo e mínima entre os grupos, em termos das variáveis estudadas (MINGOTI 2005).

A medida de dissimilaridade empregada foi a distância euclidiana e o algoritmo de WARD, como método de aglomeração. O resultado da AA foi apresentado em forma de dendrograma, auxiliando na identificação dos agrupamentos das amostras mais semelhantes. O número de grupos foi definido pela partição do dendrograma na maior distância entre grupos de ligação obtida.

Os atributos do solo foram mensurados em diferentes sistemas de unidades, sendo necessária a padronização dos dados, visto que a variância é influenciada

pelas unidades de medidas dos atributos. Portanto, os dados foram centralizados e normalizados para média zero e variância um, de modo a assegurar que os atributos contribuíram igualmente para os modelos multivariados que foram utilizados (SANTOS et al., 2013).

A matriz de correlação entre as variáveis e os componentes principais foi estabelecida após a padronização dos dados com o objetivo de verificar o percentual e o grau de importância dessas correlações, sendo considerados os valores maiores ou iguais a 0,7 (ARRUDA et al., 2015). Esse critério diz que o número de componentes principais necessários para serem usados na interpretação dos resultados, seria baseado na explicação de no mínimo 70% da variabilidade total dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Suficiência amostral para avaliação da qualidade do solo

De acordo com Warrick e Nielsen (1980) a variabilidade de um atributo é medida conforme seu coeficiente de variação (CV), sendo, classificado em baixo ($CV < 12\%$), moderado ($12\% < CV < 60\%$) e elevado ($CV > 60\%$). Para Souza et al. (2006), o CV permite determinar o número mínimo de amostras para estimar os atributos do solo em cada local, em particular.

Diante disso, a acidez ativa (pH) apresentou CV baixo em todas as coberturas vegetais, com o número de amostras necessárias variando de 1 a 4, em todos os níveis de exatidão adotados (Tabela 1), concordando com trabalhos de Cardoso et al. (2014), Mattione et al. (2013) e Rozane et al. (2011). O pH é uma função logarítmica e, portanto, possui valores naturalmente pouco variáveis, o que pode explicar a baixa variação desse atributo no solo (CARDOSO et al., 2014). Zanão Júnior et al. (2007) afirmaram que o baixo acúmulo efetivo de hidrogênio na solução do solo e na matéria orgânica do solo, aliado a sua distribuição mais homogênea na área, justifica o resultado.

Os atributos Ca^{2+} , Al^{3+} e (H+Al) (Tabelas 1 e 2) apresentaram CV moderado, em todas as camadas e coberturas avaliadas. O número de amostras, considerando-se todos os níveis de variação em torno da média (F), variou de (1 a 137), (1 a 111) e (1 a 36) para os atributos Ca^{2+} , Al^{3+} e H+Al, respectivamente.

As variáveis Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e P tiveram CV variando de médio a elevado (Tabelas 1 e 2). Vale ressaltar que essa variabilidade de média a alta encontrada nos valores desses nutrientes, geralmente não é inadequada para fins de recomendação, pois a mesma obedece a uma faixa de valores, resultando em classes de fertilidade, que geralmente não mudam com a variação do valor médio do atributo (RAIJ et al., 1997).

As maiores variações dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+} na AUC e AUA podem ser atribuídas ao efeito residual dos nutrientes resultantes das correções e adubações realizadas anteriormente nessas áreas (ZANÃO JÚNIOR et al., 2007).

A maior variabilidade do P foi constatada na VND, sendo necessária à coleta de 9 a 223 amostras, dependendo do F e da profundidade considerada. A explicação pode estar associada à baixa reciclagem, típico em vegetação rala e de baixa densidade, e a reduzida redistribuição de P nessa área (ROSSETO et al., 2010). Segundo Carreira et al. (2009) em locais onde há acúmulo preferencial de liteira, com conseqüente decomposição e liberação localizada de nutrientes, pode refletir em maior variabilidade desse elemento.

A maioria das variáveis foram estimadas com F máximo de 30%, exceto o pH e $(H+Al)$ que permitiram um F máximo de 10% e 20%, respectivamente. No entanto, o Na^+ nas camadas 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m foi estimado com um F acima de 50%.

De acordo com Melo Filho et al. (2008) uma variação em torno de 30% é uma faixa de erro considerada aceitável, quando se pretende determinar um número de amostras que venha representar diversos atributos químicos e, portanto, representar a fertilidade de uma área.

Com base nisso, o número de 25 amostras coletadas no presente estudo foram suficientes para representar a fertilidade do solo das diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe (Tabelas 2 e 3).

Para alguns atributos não era necessária à coleta de 25 amostras, mas para uniformizar a amostragem, a média de todos os atributos foi determinada com a utilização de 25 amostras, por área, em cada profundidade.

Tabela 1. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos químicos nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco

F(%)	pH			Ca ²⁺			Mg ²⁺		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
Área sob vegetação nativa preservada (VNP)									
50	1	1	1	2	2	4	4	3	2
40	1	1	1	3	2	6	6	4	3
30	1	1	1	5	4	10	10	7	6
20	1	1	1	10	8	22	21	15	13
10	2	1	1	41	29	87	83	57	50
CV (%)	5,17	4,15	3,80	30,76	26,10	45,21	44,00	36,51	34,00
Área sob vegetação nativa degradada (VND)									
50	1	1	1	1	1	5	2	3	2
40	1	1	1	1	1	7	3	5	4
30	1	1	1	1	1	12	5	8	6
20	1	1	1	3	2	25	10	17	13
10	2	1	1	9	8	102	40	68	50
CV (%)	5,76	2,55	3,26	14,40	13,28	48,87	30,59	39,95	34,16
Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN)									
50	1	1	1	1	1	5	2	4	2
40	1	1	1	1	2	8	3	6	3
30	1	1	1	2	2	13	6	11	5
20	1	1	1	4	5	29	12	24	11
10	3	2	2	16	19	115	47	94	43
CV (%)	7,73	6,19	5,91	18,84	20,68	51,94	33,20	46,89	31,80
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC)									
50	1	1	1	3	3	6	6	7	8
40	1	1	1	4	4	9	9	11	12
30	1	1	1	7	7	16	15	19	20
20	1	1	1	15	15	34	34	42	45
10	4	4	4	58	59	137	136	168	179
CV (%)	9,49	8,86	8,66	36,84	37,00	56,40	56,33	62,67	64,76

CV: Coeficiente de variação, pH: Acidez ativa, Ca²⁺: Cálcio e Mg²⁺: Magnésio

Tabela 2. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos químicos nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco

F(%)	K ⁺			P			Al ³⁺			(H+Al)		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
Área sob vegetação nativa preservada (VNP)												
50	2	2	2	5	5	4	1	1	1	2	1	2
40	2	2	3	7	7	7	2	2	1	2	2	2
30	4	4	4	12	12	10	2	2	2	4	3	3
20	8	8	9	27	26	23	5	5	3	9	7	7
10	32	33	36	107	104	90	19	18	12	34	25	27
CV (%)	27,34	27,59	29,05	49,99	49,18	45,91	21,00	20,10	16,42	28,00	24,08	24,99
Área sob vegetação nativa degradada (VND)												
50	2	2	2	9	9	9	1	1	1	2	1	2
40	2	2	3	14	14	14	1	1	1	2	2	3
30	3	4	6	25	24	25	2	2	2	3	2	4
20	7	9	12	55	55	56	4	4	3	7	5	9
10	27	34	47	219	218	223	15	13	10	28	19	36
CV (%)	25,18	27,89	33,22	71,67	71,42	72,32	18,56	17,35	14,80	25,34	20,99	28,88
Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN)												
50	2	2	2	3	2	8	2	2	1	2	2	2
40	2	3	3	4	3	12	2	3	2	2	2	2
30	4	5	6	6	6	21	3	5	3	4	4	4
20	8	11	12	13	13	46	7	11	6	8	8	8
10	33	42	47	53	49	184	28	43	21	31	29	30
CV (%)	27,53	31,36	33,21	35,07	33,81	65,74	25,20	31,61	22,06	26,73	25,88	26,33
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC)												
50	5	7	8	3	5	8	5	4	2	1	1	2
40	8	10	12	4	7	12	7	6	3	1	1	2
30	13	18	21	6	13	21	13	10	6	2	2	4
20	30	39	46	13	28	47	28	22	12	3	5	8
10	118	155	181	52	112	188	111	85	48	12	18	30
CV (%)	52,48	60,23	65,18	34,66	51,26	66,31	50,96	44,65	33,51	16,60	20,04	26,58

CV: Coeficiente de variação, K⁺: Potássio, P: Fósforo, Al³⁺: Acidez trocável, (H+Al): Acidez potencial

O C da fração ácido húmico (C-AH) apresentou CV elevado em todas as coberturas e profundidades avaliadas, menos na área sob vegetação nativa preservada (VNP) nas camadas 0,00-0,05m e 0,05-0,10m, em que o CV foi classificado como moderado. O número de amostras para esse atributo variou de 5 a 344, considerando um F variando de 10 a 50% (Tabela 3).

O C da fração ácido fúlvico (C-AF) apresentou CV elevado na VNP, VND e MAN na camada 0,00-0,05 m e na VND e EUC na profundidade de 0,10-0,20 m, com número de amostras variando de 2 a 266. Nas demais combinações (cobertura/camada), o CV foi moderado (Tabela 3).

O C da fração humina (C-HUM) exibiu um CV na faixa de alta variabilidade na VNP, VND e EUC na camada 0,05-0,10 m. Nas profundidades de 0,00-0,05 m e 0,10-0,20 m na VNP, VND e EUC e na MAN em todas as profundidades, o CV foi classificado como médio (Tabela 3).

O COT apresentou CV na faixa de média variabilidade em todas as áreas e camadas avaliadas, sendo necessário um número de amostras variando de 1 a 118, com os valores de F variando de 10 a 50% (Tabela 3).

Em geral, o COT e as frações húmicas da matéria orgânica do solo apresentaram uma distribuição mais variável na AD. Isso indica um efeito pontual de aporte de material vegetal, característico desse ambiente.

Leite et al. (2015), trabalhando com variabilidade das frações da matéria orgânica em uma área degradada no município de Gilbués – PI, encontraram padrões de variação do C-AH, C-AF, C-HUM e COT semelhantes aos obtidos na área degradada da presente pesquisa.

Com o número de 25 amostras utilizadas nesse estudo foi possível estimar as variáveis C-AH, C-AF, C-HUM e COT com um F de 40%, 40%, 30% e 30%, respectivamente. No entanto para o conjunto dos atributos, o nível de 40% foi considerado aceitável para o estudo da qualidade da matéria orgânica das diferentes coberturas vegetais avaliadas na Chapada do Araripe.

Tabela 3. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar o COT e as frações húmicas da matéria orgânica nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco

F(%)	C-AH			C-AF			C-HUM			COT		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
Área sob vegetação nativa preservada (VNP)												
50	5	6	8	9	2	4	2	7	4	1	2	2
40	8	9	12	13	3	7	3	11	7	1	4	2
30	14	16	21	23	5	12	5	19	11	2	6	4
20	31	36	47	51	12	25	12	42	25	3	13	8
10	124	144	188	204	45	101	45	165	99	11	51	31
CV (%)	53,89	58,07	66,28	69,21	32,45	48,50	32,43	62,16	48,05	15,76	34,46	26,91
Área sob vegetação nativa degradada (VND)												
50	10	11	13	7	2	11	6	7	5	2	5	1
40	15	17	19	11	3	17	9	11	7	2	8	2
30	25	31	34	20	4	29	16	19	12	4	13	3
20	57	69	77	44	10	67	35	42	25	8	30	5
10	226	275	306	176	37	266	138	165	104	31	118	20
CV (%)	72,86	80,25	84,73	64,30	29,32	79,00	56,87	62,19	49,29	26,67	52,52	21,22
Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN)												
50	10	7	8	7	2	6	4	6	4	1	2	2
40	15	11	13	10	3	10	5	9	6	1	3	2
30	27	20	22	18	6	17	9	15	10	2	6	4
20	61	44	50	40	13	37	20	34	23	5	12	9
10	242	176	199	158	51	148	80	134	90	18	47	33
CV (%)	75,29	64,12	68,25	60,79	34,38	58,82	43,32	56,06	45,93	20,05	33,10	27,64
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC)												
50	8	14	10	3	3	10	2	9	6	1	3	1
40	13	22	16	5	4	16	4	13	8	1	4	2
30	22	39	28	9	7	28	6	23	15	2	6	3
20	49	86	62	20	15	62	13	52	33	4	13	6
10	194	344	247	77	59	247	52	205	130	16	53	23
CV (%)	67,50	89,87	76,15	42,54	37,12	76,13	34,97	69,33	55,09	19,07	35,02	22,80

CV: Coeficiente de variação, C-AH: Carbono da fração ácido húmico, C-AF: Carbono da fração ácido fúlvico, C-HUM: Carbono da fração húmica, COT: Carbono orgânico total

Na definição do número de amostras necessária para representar os atributos físicos em Latossolo Amarelo no topo da Chapada do Araripe, observou-se que os atributos microporosidade (Mi), densidade do solo (Ds) e umidade na capacidade de campo (CC) apresentaram CV baixo, resultando em um número de amostras considerado baixo para todas as coberturas vegetais (Tabela 4).

A macroporosidade (Ma) e resistência à penetração (RP) apresentaram CV moderado (Tabela 4). Os resultados concordam com Souza et al. (2006), Montanari et al. (2012), Santos et al. (2012), Silva et al. (2013) e Araújo et al. (2014).

As variáveis porosidade total (PT) e umidade no Ponto de murcha permanente (PMP) apresentaram CV variando de baixo a médio (Tabelas 4 e 5).

A condutividade hidráulica saturada (Ksat) apresentou CV na faixa de moderado a elevado (Tabela 5). A elevada variabilidade deste atributo pode ser explicada por sua própria característica, pois pequenas alterações nos poros do solo (principalmente, macroporos) faz com que haja grandes modificações na Ksat, sendo o fluxo de água que passa pelo poro do solo proporcional à quarta potência do seu diâmetro, justificando as altas variações da Ksat (REICHARDT et al., 2007).

Fazendo-se uma comparação do número de amostras a serem coletadas em cada cobertura vegetal, individualmente, para as variáveis Ma, Ds e Ksat (Tabelas 4 e 5), observou-se que foi necessário um menor número de amostras para representar esses atributos na MAN e um maior número para a EUC. A VNP e VND necessitaram de um número intermediário. Essa redução do número de amostras para a MAN em relação às demais áreas se deve, provavelmente, ao revolvimento contínuo do solo na MAN provocando destruição e uniformidade nos poros, principalmente os macroporos, fato não observado nas demais áreas. Araújo et al. (2014) e Silva et al. (2008) encontraram resultados similares aos desse estudo.

Segundo Grego e Vieira (2005) o revolvimento da camada arável do solo, característico em cultivo convencional, tende a reduzir a variabilidade dos atributos físicos do solo devido a sua homogeneização.

Na representação da Mi, CC e PMP foi necessária à coleta de um menor número de amostras (variando de 1 a 8) para a EUC. Na VNP foi preciso coletar um maior número de amostras (variando de 1 a 24). O comportamento semelhante dessas variáveis em todas as áreas fomenta a forte relação entre os microporos com a retenção de água no solo (SANTOS et al., 2012).

O número de 5 amostras coletadas por área em cada profundidade permitiu caracterizar os atributos físicos, em cada cobertura vegetal, com um erro variando de 10 a 50%. No entanto, afim de avaliar o conjunto dos atributos e assim, determinar a qualidade física em cada área, foi considerado um erro mínimo de 50%, porque em cada amostra são determinados todos os atributos físicos do solo. Apenas a Ksat extrapolou esse limite em determinadas condições.

Nesse sentido, se faz necessário determinar o número mínimo de amostras para representação de cada atributo, em particular, a um nível de confiabilidade considerado e caracterizar o conjunto dos atributos com a mesma exatidão de avaliação.

Tabela 4. Número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos físicos nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco

F(%)	Ma		Mi		PT		Ds		RP	
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20
Área sob vegetação nativa preservada (VNP)										
50	3	2	1	1	1	1	1	1	5	4
40	4	3	1	1	1	1	1	1	7	6
30	8	5	1	1	1	1	1	1	12	11
20	17	10	3	2	1	1	1	1	27	25
10	68	40	9	5	3	2	2	1	107	100
CV (%)	29,67	22,85	10,54	7,72	5,86	4,27	4,11	3,22	37,20	36,03
Área sob vegetação nativa degradada (VND)										
50	2	4	1	1	1	1	1	1	4	4
40	3	5	1	1	1	1	1	1	6	6
30	5	9	1	1	1	1	1	1	11	11
20	12	21	1	1	2	1	1	1	25	24
10	47	83	4	3	6	4	2	2	100	96
CV (%)	24,72	32,66	7,30	5,75	8,30	6,43	4,33	4,88	36,00	35,15
Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN)										
50	1	3	1	1	1	1	1	1	5	5
40	1	4	1	1	1	1	1	1	8	7
30	2	8	1	1	1	1	1	1	14	12
20	3	17	2	1	1	1	1	1	31	27
10	12	67	6	2	4	3	1	1	125	108
CV (%)	12,50	29,36	8,84	4,85	7,38	5,35	2,29	2,55	40,15	37,40
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC)										
50	4	3	1	1	1	1	1	1	5	4
40	5	5	1	1	1	1	2	1	7	6
30	9	8	1	1	2	2	3	1	13	10
20	21	17	1	1	5	3	6	1	29	23
10	84	69	1	2	18	11	21	2	113	92
CV (%)	33,20	30,00	3,31	5,00	14,98	11,87	16,53	4,10	38,30	34,48

F: Erro em torno da média, CV: Coeficiente de variação, Ma: Macroosidade, Mi: Microporosidade, PT: Porosidade total, Ds: Densidade do solo, RP: Resistência a penetração

Tabela 5. Variação do número mínimo de amostras em função do erro angular em torno da média (F) para representar os atributos físicos nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, em Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe em Pernambuco

F(%)	CC		PMP		Ksat	
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20
Área sob vegetação nativa preservada (VNP)						
50	1	1	1	1	29	4
40	1	1	2	1	46	5
30	2	1	3	1	81	9
20	3	1	6	3	182	21
10	11	4	24	10	729	82
CV (%)	11,66	7,30	17,36	11,03	97,24	32,48
Área sob vegetação nativa degradada (VND)						
50	1	1	1	1	16	17
40	1	1	1	1	25	26
30	1	1	2	1	43	45
20	1	1	4	2	97	101
10	4	3	15	6	389	406
CV (%)	7,27	6,24	13,80	8,75	71,00	72,55
Área sob cultivo convencional com mandioca (MAN)						
50	1	1	1	1	19	3
40	1	1	1	1	29	5
30	1	1	1	1	51	8
20	2	1	1	2	115	18
10	7	2	4	8	461	72
CV (%)	9,07	4,85	6,80	9,94	77,34	30,47
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC)						
50	1	1	1	1	46	17
40	1	1	1	1	72	27
30	1	1	1	1	128	48
20	1	1	2	1	288	108
10	1	2	8	4	1151	430
CV (%)	3,80	4,45	9,60	7,30	122,23	74,67

F: Erro em torno da média, CV: Coeficiente de variação, CC: Umidade na Capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$), PMP: Umidade no Ponto de Murcha permanente ($m^3 m^{-3}$), Ksat: Condutividade hidráulica saturada (mm h^{-1})

4.2 Atributos químicos do solo

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) das diferentes coberturas vegetais sobre a fertilidade do solo, em todas as profundidades avaliadas (Tabelas 6, 7 e 8).

Os valores de pH, de um modo geral, foram maiores nas áreas sob cultivo convencional com mandioca (MAN) e sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC), exceto na camada 0,00-0,05 m, onde o maior valor foi verificado apenas na EUC (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de pH, teores de alumínio trocável, valores de acidez potencial e saturação por alumínio em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise de variância e coeficiente de variação dos dados

Coberturas vegetais	pH(H ₂ O)	Al ³⁺	H+Al	m
		-----cmol _c dm ⁻³ -----		---%---
-----0,00-0,05m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	4,83B	0,51B	6,68A	35,19B
Área sob vegetação nativa degradada	4,49C	0,66A	4,15C	55,70A
Área sob cultivo convencional com mandioca	4,96B	0,38C	4,27C	23,23C
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	5,42A	0,32C	4,78B	19,94D
F	25,97*	37,72*	24,56*	79,04*
CV (%)	3,80	14,00	11,96	16,54
-----0,05-0,10m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	5,00B	0,53B	6,60A	34,71B
Área sob vegetação nativa degradada	4,72C	0,60A	4,48B	52,78A
Área sob cultivo convencional com mandioca	5,23A	0,36C	4,98B	22,37C
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	5,22A	0,36C	5,16B	22,82C
F	15,70*	27,70*	14,60*	63,27*
CV(%)	2,94	13,80	11,00	16,49
-----0,10-0,20m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	4,83B	0,59B	5,41A	55,90B
Área sob vegetação nativa degradada	4,70B	0,66A	4,36B	82,51A
Área sob cultivo convencional com mandioca	4,93A	0,48C	4,17B	38,08C
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	5,04A	0,51C	5,15A	43,17C
F	6,15*	14,62*	6,13*	60,69*
CV(%)	2,93	10,78	13,15	14,32

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

A provável complexação de Al³⁺, na solução do solo, pelos grupamentos ácidos da matéria orgânica incorporada (LIRA et al., 2012), podem explicar o aumento do pH do solo e a redução dos valores de Al³⁺ e saturação por alumínio (m%).

As menores médias de pH foram encontradas na área sob vegetação nativa degradada-VND (Tabela 6). A redução do pH nessa área pode ser justificada pelo aumento do Al³⁺ e, conseqüentemente, da saturação por alumínio (m). A remoção

das bases trocáveis pela erosão superficial e lixiviação nos períodos de maior precipitação pluviométrica, devido o solo estar exposto, e a retirada da vegetação nativa que não se regenerou, pode ter proporcionado a maior acidificação dessa área.

A área sob vegetação nativa preservada (VNP) apresentou pH baixo, onde na camada 0,10-0,20m foi, estatisticamente, igual a VND. A característica do solo e vegetação estudada podem explicar esses dados. Em áreas de vegetação preservada, o ecossistema em equilíbrio tende a uma acidificação natural devido à mineralização da matéria orgânica e a liberação de exsudatos ácidos pelo sistema radicular das plantas (SILVA et al., 2015).

A VNP também apresentou maior acidez potencial (H+Al) (Tabela 6). Isso pode ocorrer devido à maior lixiviação das bases trocáveis promovida pelas melhores condições de drenagem dessa área (Tabela 12) (CAMPOS et al., 2010).

Portugal et al. (2010), Freitas et al. (2013) e Freitas et al. (2015) relataram incremento de (H+Al) em área de mata nativa em comparação a áreas reflorestadas e de uso convencional.

Em relação às bases trocáveis, os maiores valores em todas as profundidades avaliadas foram encontrados na EUC, com exceção do Ca^{2+} na camada 0,10-0,20 m, onde a maior média foi verificada na MAN (Tabela 7). Isso pode estar associado às práticas de adubação e calagem realizadas nessas áreas e o aporte do material vegetal na superfície do solo.

Esses resultados refletiram no incremento da soma de bases trocáveis, capacidade de troca de cátions efetiva e na saturação por bases desses solos, sendo, maiores que nas demais áreas (Tabela 8).

No caso específico do fósforo P, além da adubação química realizada, os maiores teores disponíveis nas áreas cultivadas e mata nativa preservada, podem estar relacionados com a redução do processo de adsorção e precipitação no solo e com o aumento da atividade biológica e ciclagem do P orgânico, em função da adição do material orgânico (SOUZA et al., 2014).

Na área de vegetação nativa preservada (VNP), o que pode justificar os baixos valores dos nutrientes, de uma forma geral, é a alocação de boa parte desses elementos na biomassa vegetal, através do processo de ciclagem, característico desse tipo de ambiente (SILVA et al., 2013) e a maior quantidade de areia que nas outras áreas (Apêndice B), promovendo uma maior condutividade hidráulica

saturada (Tabela 12), além dos Latossolos serem pobres quimicamente, devido ao intenso processo de intemperismo. Freitas et al. (2014), avaliando a qualidade de um Latossolo distrófico em áreas de cultivo convencional e reflorestada com a área sob mata em condição natural, encontraram menores valores dos nutrientes na área sob mata nativa.

Na área sob vegetação nativa degradada (VND), em todas as profundidades, foi verificada redução dos nutrientes, em comparação à VNP. Isso pode ser atribuído à remoção da vegetação original, reduzindo a incorporação do material orgânico e consequentemente, a liberação dos nutrientes, principalmente o P e o K⁺. Além disso, a retirada do material vegetal deixa o solo exposto ao impacto das gotas da chuva e a remoção da fertilidade do solo pelo escoamento superficial e lixiviação, não havendo prática de reposição de nutrientes exportados pela retirada da mata nativa. Martins et al. (2010), estudando a qualidade de solos degradados no semiárido em comparação com mata nativa, verificaram uma redução dos nutrientes dessas áreas.

Tabela 7. Teores de fósforo e potássio, cálcio e magnésio trocáveis em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

Coberturas vegetais	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	---mg dm ⁻³ ---	-----cmol _c dm ⁻³ -----		
-----0,00–0,05m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	1,26B	0,14A	0,65B	0,18B
Área sob vegetação nativa degradada	0,95C	0,06C	0,36C	0,07C
Área sob cultivo convencional com mandioca	2,10A	0,10B	0,98A	0,18B
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	2,59A	0,14A	1,03A	0,32A
F		16,24 [*]	40,91 [*]	22,94 [*]
CV (%)	24,16	20,03		25,84
-----0,05–0,10m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	1,26B	0,07B	0,80B	0,15B
Área sob vegetação nativa degradada	0,81C	0,03D	0,45C	0,04C
Área sob cultivo convencional com mandioca	2,04A	0,05C	1,04A	0,18B
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	1,78A	0,09A	1,00A	0,28A
F		14,89 [*]	28,36 [*]	20,95 [*]
CV (%)	25,62		13,94	30,03
-----0,10–0,20m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	0,56A	0,06B	0,27C	0,15B
Área sob vegetação nativa degradada	0,11B	0,02D	0,06D	0,04C
Área sob cultivo convencional com mandioca	0,90A	0,04C	0,63A	0,17B
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	0,79A	0,08A	0,45B	0,25A
F		15,25 [*]		
CV (%)	55,90	23,24	30,08	25,10

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Tabela 8. Soma de bases, capacidade de troca de cátions efetiva, capacidade de troca de cátions potencial e saturação por bases em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

Coberturas vegetais	SB	t	T	V
	-----cmol _c dm ⁻³ -----			---%---
-----0,00-0,05m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	0,97C	1,49B	7,66A	13,36B
Área sob vegetação nativa degradada	0,52D	1,18C	4,67D	11,70B
Área sob cultivo convencional com mandioca	1,29B	1,67A	5,57C	24,17A
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	1,53A	1,86A	6,31B	24,19A
F	36,49*	20,67*	25,32*	30,75*
CV (%)	15,35	9,68	10,31	15,74
-----0,05-0,10m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	1,03B	1,56A	7,63A	13,67B
Área sob vegetação nativa degradada	0,53C	1,13B	5,02C	10,93C
Área sob cultivo convencional com mandioca	1,28A	1,65A	6,27B	21,16A
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	1,39A	1,75A	6,55B	21,37A
F	28,91*	19,81*	17,44*	28,10*
CV (%)	15,04	9,27	9,94	13,83
-----0,10-0,20m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	0,49B	1,09B	5,91A	8,38 C
Área sob vegetação nativa degradada	0,14C	0,81C	4,50B	3,50 D
Área sob cultivo convencional com mandioca	0,86A	1,34A	5,03B	17,60A
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	0,79A	1,31A	5,95A	13,11B
F	22,45*	16,42*	7,32*	25,41*
CV (%)	26,09	12,02	12,29	24,20

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

4.3 Carbono orgânico total e frações húmicas da matéria orgânica do solo

Ocorreram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) para as variáveis Carbono orgânico total (COT), Carbono da fração ácido húmico (C-AH) e Carbono das substâncias húmicas (C-SH), entre as diferentes coberturas vegetais estudadas, nas profundidades 0,00-0,05 m e 0,10-0,20 m. No entanto, para as demais variáveis, em todas as camadas avaliadas, não houve efeito significativo dos tratamentos (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Carbono orgânico total, carbono da fração ácido húmico, carbono da fração ácido fúlvico e carbono da fração humina em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

Coberturas vegetais	COT	C-AH	C-AF	C-HUM
-----g kg ⁻¹ -----				
-----0,00–0,05m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	14.16A	3,21A	3,02	6,14
Área sob vegetação nativa degradada	11.25C	1,97B	2,47	4,81
Área sob cultivo convencional com mandioca	12.78B	2,33B	2,83	5,24
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	14.30A	3,66A	3,02	5,75
F	7,70*	3,93*	0,62 ^{ns}	1,51 ^{ns}
CV (%)	10.20	39.41	33.68	27.00
-----0,05–0,10m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	12.17	3,06	2,92	3,58
Área sob vegetação nativa degradada	10.23	1,93	2,51	3,11
Área sob cultivo convencional com mandioca	11.16	2,04	2,83	3,19
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	12.00	3,07	3,05	3,23
F	1,04 ^{ns}	2,17 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,26 ^{ns}
CV (%)	19.46	40.45	19.29	41.48
-----0,10–0,20m-----				
Área sob vegetação nativa preservada	7,73A	1,89A	2,85	1,98
Área sob vegetação nativa degradada	6,03B	0,66B	2,20	1,81
Área sob cultivo convencional com mandioca	7,49A	1,10B	2,61	1,83
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	7,61A	1,24B	2,89	1,86
F	5,24*	7,89*	0,93 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV (%)	12.53	60.89	35.20	48.16

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Tabela 10. Carbono das substâncias húmicas, relação entre carbono da fração ácido húmico e carbono da fração ácido fúlvico, relação entre carbono do extrato alcalino e carbono da fração humina, relação entre carbono do extrato alcalino e carbono orgânico total, relação entre carbono das substâncias húmicas e carbono orgânico total em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

CV	C-SH	C-AH/C-AF	(C-AH+C-AF)/C-HUM	(C-AH+C-AF)/COT	C-SH/COT
--g kg ⁻¹ --		-----g kg ⁻¹ /g kg ⁻¹ -----			
-----0,00–0,05m-----					
VNP	12,35A	1,07	1,01	0,44	0,89
VND	9,25 B	0,79	0,92	0,38	0,82
MAN	10,41B	0,82	0,98	0,40	0,81
EUC	12,45A	1,21	1,17	0,47	0,88
F	5,30*	1,12 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,38 ^{ns}
CV (%)	16.25	47.36	33.30	24.64	20.41
-----0,05–0,10m-----					
VNP	9,58	1,04	1,67	0,49	0,78
VND	7,57	0,77	1,42	0,43	0,73
MAN	8,07	0,72	1,53	0,43	0,72
EUC	9,36	1,01	1,89	0,51	0,77
F	2,18 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV (%)	18.82	40.16	45.07	25.54	25.56
-----0,10–0,20m-----					
VNP	6,74A	0,66	2,39	0,61	0,87
VND	4,67B	0,30	1,57	0,46	0,77
MAN	5,55B	0,42	2,02	0,49	0,74
EUC	5,99A	0,43	2,22	0,54	0,78
F	5,13*	1,68 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,61 ^{ns}
CV (%)	17.00	69.43	38.13	28.97	22.80

CV: Cobertura vegetal. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Na camada superficial, a área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC) apresentou os maiores valores de COT em relação à área sob vegetação nativa degradada (VND) e área sob cultivo convencional com mandioca (MAN), porém sem diferir da área sob vegetação nativa preservada (VNP) (Tabela 9). Esses resultados demonstram que o aumento do teor de COT na primeira camada é favorecido pela deposição contínua de serapilheira e pela presença de sistemas radiculares mais desenvolvidos em superfície (TORRES et al., 2014). Além do mais, a manutenção da temperatura e umidade do solo em ambientes sem revolvimento do solo e a maior entrada de resíduos vegetais (LOSS et al., 2009) torna as condições favoráveis para a produção e manutenção da matéria orgânica do solo.

Segundo Efggen et al. (2012) é comum o acúmulo de matéria orgânica em superfície em áreas de plantio de eucalipto. Barreto et al. (2008), Santos et al. (2011), Efggen et al. (2012) e Fernandes et al. (2013) também observaram um maior teor de COT na camada superficial do solo em áreas de eucalipto.

A redução do COT na MAN e VND em relação à VNP foi de 10 e 21%, respectivamente. Isso evidenciou que o preparo do solo, expondo a matéria orgânica à ação das intempéries, a pequena contribuição dos resíduos vegetais devido à vegetação rala (VND) e a não adoção de práticas conservacionistas (MAN), contribuiu para a maior decomposição e o declínio do COT nesses solos (SOUZA et al., 2014). Esses resultados corroboram com Chaves et al. (2012), Fernandes et al. (2013), Cardoso et al. (2014) e Sharma et al. (2014), que encontraram menores teores dessa variável em ambiente de uso agrícola convencional e em degradação em relação às áreas em que o solo foi mantido coberto.

No que se refere à camada 0,10-0,20 m, as médias de COT nas coberturas VNP e EUC foram estatisticamente iguais a MAN. Uma presumível explicação para esses menores valores em profundidade da VNP e EUC pode ser a baixa taxa de decomposição dos resíduos vegetais, principalmente em relação ao plantio de eucalipto que possui alta relação C/N e baixo valor nutricional, promovendo um maior aporte do COT em superfície (ZANCADA et al., 2003) e a possível homogeneização do material orgânico na MAN devido ao processo de revolvimento do solo, quando o material orgânico remanescente da colheita é incorporado (USSIRI; LAL, 2009).

Santana e Souto (2011) relataram que, na região semiárida, as condições ambientais no sistema com mata nativa não favorece grande aporte de biomassa vegetal ao solo, refletindo, então, num decréscimo em profundidade.

Para C-AH, quando analisada na camada superficial, as maiores médias foram encontradas na VNP e EUC ($p < 0,05$), diferindo da VND e MAN. Enquanto que na camada 0,10-0,20 m a VNP diferiu de todas as outras coberturas vegetais, tendo o maior valor dessa fração (Tabela 9). Um manejo, que mantém o solo coberto propicia uma maior polimerização das substâncias húmicas, resultando num aumento dos teores do C-AH em detrimento do carbono da fração ácido fúlvico C-AF (LOSS et al., 2010). Segundo Guareschi et al. (2013), nesses tipos de ambiente, sem revolvimento, há uma possível transformação acelerada de ácidos fúlvicos em ácidos húmicos. Por outro lado, o menor acúmulo de C-AH na VND e MAN pode estar relacionado com o processo de degradação da área ou ao incremento insignificante de biomassa vegetal (CAMPOS et al., 2013).

O que pode explicar o fato da EUC na camada 0,10-0,20 m de profundidade, não diferir estatisticamente das VND e MAN é a menor taxa de decomposição da serrapilheira nas áreas de eucalipto, em relação à vegetação nativa, devido às características intrínsecas do material vegetal, levando a um acúmulo na superfície (ZANCADA et al., 2003; LIMA et al., 2008; LEITE et al., 2010; CHAVES et al., 2012 e SILVA et al., 2012). Ou uma maior contribuição de carbono jovem ao sistema, com reflexos negativos sobre a qualidade do húmus e atividade microbiana (CANELLAS et al., 2007).

Observou-se predomínio do carbono da fração humina (C-HUM) (representando 25 a 43% do COT) seguido do C-AH e C-AF, independentemente dos tratamentos avaliados, exceto na camada 0,10-0,20 m. Isso se deve ao maior grau de ligação dessa fração com os colóides na forma complexada do solo e ao tamanho das moléculas (ROSSI et al., 2011), tornando-as mais resistentes ao ataque microbiano e de suas enzimas (SANTOS et al., 2013), enquanto que as demais frações possuem uma menor estabilidade, sendo menos resistentes a mineralização (FONTANA et al., 2006). No entanto, vale ressaltar que essa fração, apesar de representar a maior parte do carbono humificado, indicou um baixo nível de humificação (<45%), refletindo as características típicas das regiões semiáridas em que a atividade microbiana é reduzida (SOUSA et al., 2012).

Resultados semelhantes foram encontrados por Guareschi et al. (2013) e Sousa et al. (2012), ao estudarem as frações orgânicas em um Latossolo nas regiões tropicais e semiáridas, respectivamente.

A relação C-AH/C-AF mostra a dinâmica de formação de ácidos húmicos e fúlvicos (SANTANA et al., 2011), podendo ser considerada como um índice de qualidade de húmus do solo, com menores razões esperadas para solos com processos degradativos mais intensos (CUNHA et al., 2005). Segundo Fontana et al. (2006) essa relação é modificada pelo manejo do solo, tipo de cobertura vegetal e idade do material orgânico aportado.

Nas coberturas vegetais VNP e EUC foram encontrados valores da relação C-AH/C-AF superiores a 1, mostrando um predomínio de ácidos húmicos em relação aos ácidos fúlvicos, constatando numa maior estabilidade do material orgânico. Em relação à EUC, a adubação mineral, podem ter auxiliado na produção de C-AH com maior estabilidade (CUNHA et al., 2005). Na VNP pela menor relação C/N em relação à EUC, o aporte de material orgânico, pode ter contribuído para o predomínio de um alto grau de humificação nesses solos (STEVENSON, 1994), apesar da baixa produção de biomassa e aporte de material orgânico, comum no semiárido (MARIN et al., 2006).

Nas coberturas vegetais VND e MAN foi observada uma relação C-AH/C-AF menor que 1. Esse fato pode estar associado a uma menor atividade microbiana, aliada ao baixo aporte de resíduos orgânicos nessas áreas, interferindo na formação de substâncias húmicas mais condensadas (CUNHA et al., 2003).

Todos os valores dessa relação, exceto para as VND, MAN e EUC na camada 0,10-0,20 m, foram superiores a (0,66), valor médio para os solos da Caatinga (SANTOS et al., 2013).

O índice C-SH/COT determina o estado do processo de humificação da matéria orgânica do solo, onde Segundo Labrador-Moreno (1996), os valores dessa razão geralmente se encontram entre 65 a 92%. Diante disso, se avaliou o grau de humificação da MOS dessas áreas, mesmo não havendo diferenças significativas entre elas. Os valores do carbono na forma de húmus variaram de 72 a 89%, indicando que a maior parte do COT está presente nas frações húmicas e que o nível de evolução da humificação é considerado aceitável.

4.4 Atributos físicos do solo

As menores médias de macroporosidade (Ma) e porosidade total (PT) na área sob vegetação nativa degradada (VND) resultando numa maior densidade do solo (Ds) resistência à penetração (RP) na camada 0,00-0,10 m (Tabela 11), pode ser atribuída a redução da cobertura vegetal, maior exposição aos impactos das gotas da chuva (ARAÚJO et al., 2013), pisoteio de animais (COSTA et al., 2012), e presença de crosta de ± 1 cm (Apêndice D), causando compactação da camada superficial.

De acordo com Kondo et al. (2012), as melhores condições do sistema poroso do solo é reflexo do incremento de resíduos vegetais e ação das raízes das culturas. Para Guareschi et al. (2012), a Ds e os poros do solo estão associados ao acúmulo de material orgânico na superfície do solo, ao incremento de carbono orgânico na camada superficial do solo e à ação antrópica.

Balin et al. (2014), avaliando os atributos físicos de uma VND e outra com floresta plantada, observaram que a VND em processo de regeneração natural, apresentou os menores valores de Ma.

Segundo Effgen (2006), a relação inversa da Ma e PT em relação a Ds, explica a influência da Ds nos poros do solo.

Taylor e Aschcroft (1972) afirmaram que valores de Ma abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, como encontrada na área VND, limitam as trocas gasosas, prejudicando a respiração, o desenvolvimento radicular e a produtividade das culturas.

Valores de Ma acima do nível considerado crítico, para as áreas sob vegetação nativa preservada (VNP), área sob cultivo convencional com mandioca (MAN) e área sob cultivo agro-energético com eucalipto (EUC) pode ser resultado do revolvimento do solo na MAN, provocando desintegração dos agregados do solo e gerando poros, principalmente os macroporos (Tormena et al., 2002) e a ação da matéria orgânica do solo e do sistema radicular nas VNP e EUC (Kondo et al., 2012).

Os valores de Ds variaram de 1,27 a 1,47 Mg m^{-3} em todos os tratamentos e camadas avaliadas (Tabela 11). Esses valores abaixo de $1,70 \text{ Mg m}^{-3}$, limite considerado para solos arenosos, demonstraram que a Ds não foi considerada crítica para o crescimento radicular e desenvolvimento das plantas (PAPA et al 2011). Estudos desenvolvidos por Reichert et al. (2003) indicaram que Ds entre 1,70

e 1,80 Mg m⁻³ são apontados como limitantes à produção das cultura em solos franco-arenosos.

Na profundidade de 0,00-0,10 m, a VND apresentou o maior valor de resistência à penetração (RP), indicando presença de compactação superficial do solo, sendo 207, 300 e 221% superior aos valores encontrados na VNP, MAN e EUC, respectivamente (Tabela 11). Na camada 0,10-0,20 m, as maiores médias foram obtidas na VND e EUC.

Os valores de RP encontrados para VND nas duas profundidades avaliadas e para a EUC na profundidade de 0,10-0,20 m foram superiores a 2,0 Mpa, nível estabelecido como crítico por Taylor et al. (1966). No entanto vale ressaltar que ainda não há acordo sobre os níveis limitantes dessa variável, devido ser um atributo que varia muito com a umidade do solo e metodologia adotada (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Segundo Araújo et al. (2012) a RP tem sido usada com frequência para avaliar o grau de compactação dos solos, por estar diretamente associada ao desenvolvimento das plantas.

Tabela 11. Macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência a penetração em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

Coberturas vegetais	Ma	Mi	PT	Ds	RP
	-----m ⁻³ m ⁻³ -----			-- Mg m ⁻³ --	-MPa-
-----0,00-0,10m-----					
Área sob vegetação nativa preservada	0,17A	0,31	0,48A	1,27B	1,12B
Área sob vegetação nativa degradada	0,08B	0,33	0,41B	1,51A	3,44A
Área sob cultivo convencional com mandioca	0,13A	0,36	0,49A	1,34B	0,86B
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	0,16A	0,33	0,49A	1,30B	1,07B
F	4,05*	3,37 ^{ns}	4,28*	3,78*	26,16*
CV (%)	16,65	4,24	4,54	4,84	19,97
-----0,10-0,20m-----					
Área sob vegetação nativa preservada	0,12	0,33	0,45	1,34	0,93B
Área sob vegetação nativa degradada	0,08	0,35	0,43	1,43	2,05A
Área sob cultivo convencional com mandioca	0,10	0,36	0,47	1,41	1,46B
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	0,10	0,33	0,42	1,42	2,69A
F	1,60 ^{ns}	14,28 ^{ns}	2,14 ^{ns}	3,49 ^{ns}	10,52*
CV(%)	15,14	1,82	3,16	1,62	14,78

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Tabela 12. Umidade na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente e água disponível em função de diferentes coberturas vegetais em Latossolo Amarelo distrófico na Chapada do Araripe em Pernambuco, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

Coberturas vegetais	CC	PMP	AD
-----m ³ m ⁻³ -----			
-----0,00–0,10m-----			
Área sob vegetação nativa preservada	0,30	0,09	0,21
Área sob vegetação nativa degradada	0,33	0,10	0,22
Área sob cultivo convencional com mandioca	0,36	0,10	0,25
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	0,32	0,10	0,22
F	3,20 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,33 ^{ns}
CV (%)	4,51	6,50	8,15
-----0,10–0,20m-----			
Área sob vegetação nativa preservada	0,33B	0,07B	0,25A
Área sob vegetação nativa degradada	0,35A	0,10A	0,25A
Área sob cultivo convencional com mandioca	0,36A	0,10A	0,27A
Área sob cultivo agro-energético com eucalipto	0,32B	0,10A	0,21B
F	16,03 [*]	16,19 [*]	17,73 [*]
CV (%)	1,80	3,94	2,34

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

4.5 Análise multivariada dos dados

A análise multivariada de dados tem a vantagem de avaliar a relação existente entre variáveis, facilitando o entendimento do conjunto dos atributos analisados e sua interação com as diferentes coberturas vegetais, sendo possível identificar quais atributos são importantes na diferenciação dos diferentes sistemas, além de detectar diferenças não mostradas na análise univariada (MOTA et al., 2014). Segundo Melloni et al. (2008), a técnica multivariada possibilita uma avaliação simultânea do conjunto dos elementos ambientais para verificação de suas relações com diferentes ecossistemas ou sistemas de manejos do solo.

4.5.1 Análise multivariada dos atributos químicos do solo e frações húmicas da matéria orgânica do solo

Como ferramenta para distinção das áreas sob diferentes coberturas vegetais na profundidade 0,00-0,05 m foi gerada uma matriz de dados para análise de componentes principais (ACPs), composta pelos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo, juntamente com seus respectivos autovalores e variabilidade explicada (Tabela 13).

Para a escolha dos componentes principais foi adotado o critério de seleção que consiste em incluir somente os componentes que, juntos, explicam pelo menos 70% da variabilidade dos dados (MANLY, 1994).

Tabela 13. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Autovalor	Autovalor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	15,963	15,963	72,561	72,561
2	5,004	20,967	22,746	95,307
3	1,033	22,000	4,693	100,000

Analisando a correlação (loadings) das variáveis com cada componente principal na camada 0,00-0,05 m foi selecionado o primeiro componente principal (CP1) que explica cerca de 72,60% da variação dos dados (Tabela 13), indicando que essas variáveis podem ser substituídas por esse componente sem perda substancial das informações.

Diante disso, verificou-se que com exceção dos atributos acidez potencial (H+Al), Capacidade de troca de cátions potencial (T), saturação por bases (V%) e a relação entre o carbono presente nas substâncias húmicas pelo carbono orgânico total (C-SH/COT), todos os outros atributos foram importantes na explicação do CP1. Todas apresentaram uma correlação, em módulo, maior que 0,7 ($> 0,7$), tendo, portanto, maior capacidade de diferenciar ambientes, sendo então utilizadas na análise da discriminação das diferentes coberturas vegetais (Tabela 14).

Tabela 14. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3
pH (H ₂ O)- Acidez ativa	0,944*	-0,300	0,134
P - Fósforo disponível	0,810*	-0,586	0,027
K ⁺ - Potássio trocável	0,929*	0,353	-0,110
Ca ²⁺ - Cálcio trocável	0,835*	-0,492	-0,248
Mg ²⁺ - Magnésio trocável	0,971*	-0,170	0,166
Na ⁺ - Sódio trocável	0,751*	-0,609	0,255
Al ³⁺ - Acidez trocável	-0,883*	0,434	0,177
H+Al - Acidez potencial	0,380	0,891*	-0,248
SB – Soma de bases trocáveis	0,909*	-0,395	-0,129
t - Capacidade de troca de cátions efetiva	0,928*	-0,359	-0,098
T - Capacidade de troca de cátions potencial	0,667	0,691	-0,279
m - Saturação de alumínio	-0,888*	0,352	0,296
V - Saturação por bases	0,670	-0,723*	-0,169
COT- Carbono orgânico total	0,944*	0,316	-0,097
C-AH-Carbono presente nos ácidos húmicos	0,927*	0,302	0,224
C-AF - Carbono presente nos ácidos fúlvicos	0,938*	0,253	-0,237
C-HUM - Carbono presente na humina	0,777*	0,604	-0,176
C-SH - Carbono das substâncias húmicas	0,913*	0,409	0,011
C-AH/C-AF	0,880*	0,320	0,352
(C-AH +C-AF)/C-HUM	0,923*	-0,098	0,371
(C-AH + C-AF)/COT	0,940*	0,235	0,249
C-SH/COT	0,690	0,678	0,254

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

Avaliando o diagrama de projeção de vetores (Figura 5) foi possível observar que essas variáveis estão mais distantes do centro e mais próximas do eixo do CP1 (menor ângulo de inclinação), mostrando que são mais importantes na explicação da variação dos dados e, conseqüentemente, mais sensíveis na discriminação das áreas sob coberturas vegetais diferentes (MARTINS et al., 2010).

Tomando por base o CP1, verificou-se que a acidez trocável (Al³⁺) e saturação por alumínio (m) estão correlacionadas negativamente com a acidez ativa (pH), bases trocáveis, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), carbono orgânico total (COT) e as frações da matéria orgânica do solo. Esse resultado mostra uma possível complexação do Al³⁺ pelo COT e substâncias húmicas (VALADARES et al., 2016), resultando num incremento dos nutrientes e pH do solo.

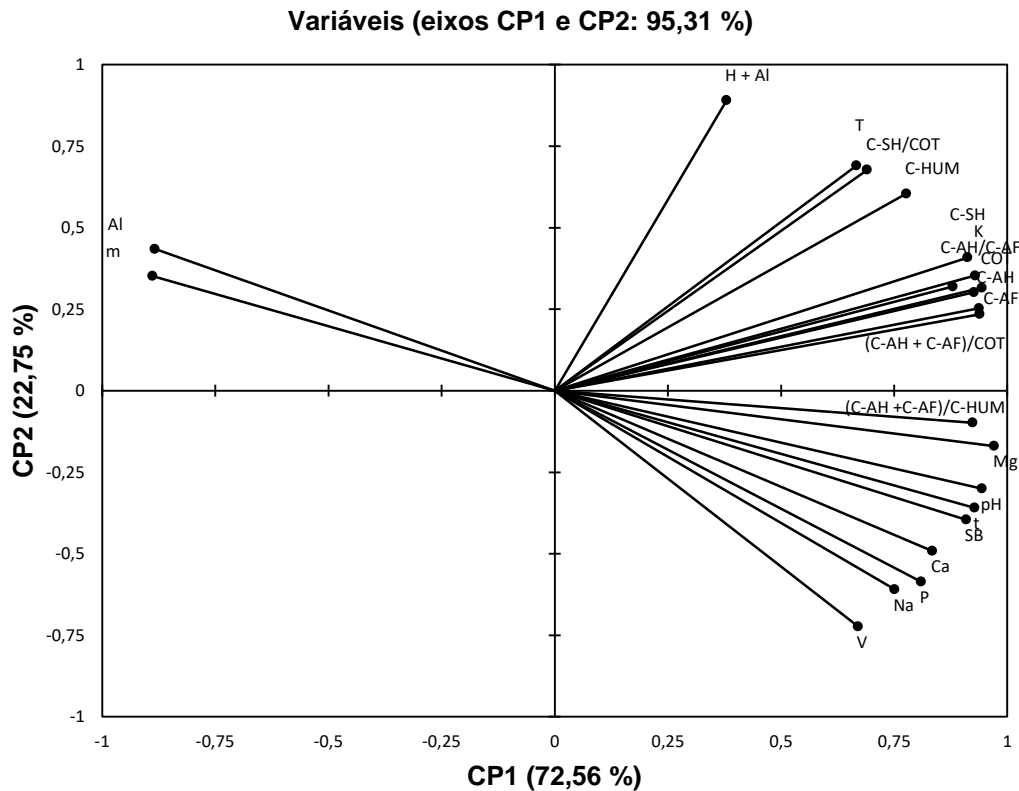


Figura 5. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

A Figura 6 mostra a representação bidimensional das coberturas vegetais, através dos scores, baseado na correlação entre as variáveis e os componentes principais.

Os pontos que se encontram mais próximos no gráfico possuem maior similaridade. As variáveis que se correlacionaram positivamente com os CP1 e CP2, possuem maior influência sobre os pontos que se localizam a direita e acima do gráfico, respectivamente. Enquanto que as variáveis que se correlacionaram negativamente com os CP1 e CP2 estão mais fortemente ligadas aos pontos localizados a esquerda e abaixo do gráfico, respectivamente.

Com isso, os atributos pH (H_2O), P, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, t, COT, C-AH, C-AF, C-HUM, C-SH, C-AH/C-AF, C-AH + C-AF/HUM e C-AH + C-AF/COT tiveram uma maior influência sobre a área com cultivo agro-energético com eucalipto (EUC). A área sob vegetação nativa degradada (VND) foi mais influenciada pelas variáveis Al^{3+} e m.

De acordo com os valores dos scores observou-se que a área sob vegetação nativa preservada (VNP) e a área sob cultivo convencional com mandioca (MAN) tem baixa contribuição para os dois componentes principais (principalmente em

relação ao CP1). Esses ambientes se encontram próximos ao centro e, portanto, distante dos atributos em estudo, possuindo pouca relação com os mesmos.

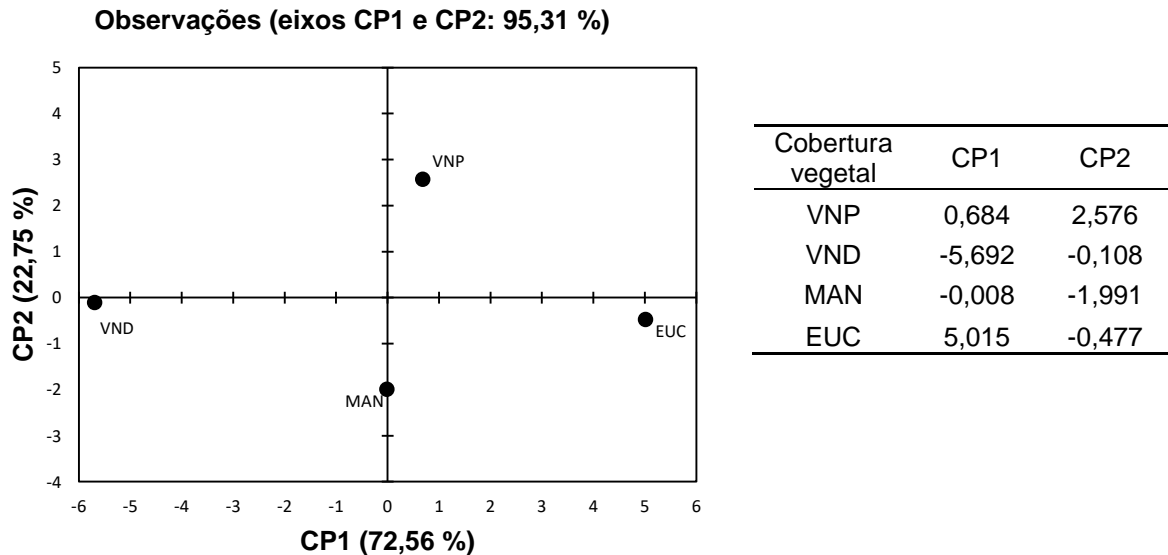


Figura 6. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,05 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Observando o dendrograma de similaridade (Figura 7) no primeiro nível, a VND foi o sistema que se diferenciou dos demais. No segundo nível, o sistema EUC se diferenciou do grupo formado pela VNP e MAN. Nesse caso a MAN foi a que mais se aproximou das condições referenciais da VNP. A pequena introdução de matéria orgânica comum nessa região (MARIN et al., 2006), aliada a não adubação mineral, aproximou a VNP da MAN, que foi adubada, enquanto que a melhoria das condições químicas e da matéria orgânica na EUC explica a relação menos intensa, dessa área, com MAN e VNP.

Esses resultados concordam com o gráfico de scores, onde mostra que as VNP e MAN foram menos influenciadas pelos atributos do solo estudados.

A separação das VND e EUC em relação à VNP mostra que os solos dessas áreas foram modificados com o tempo.

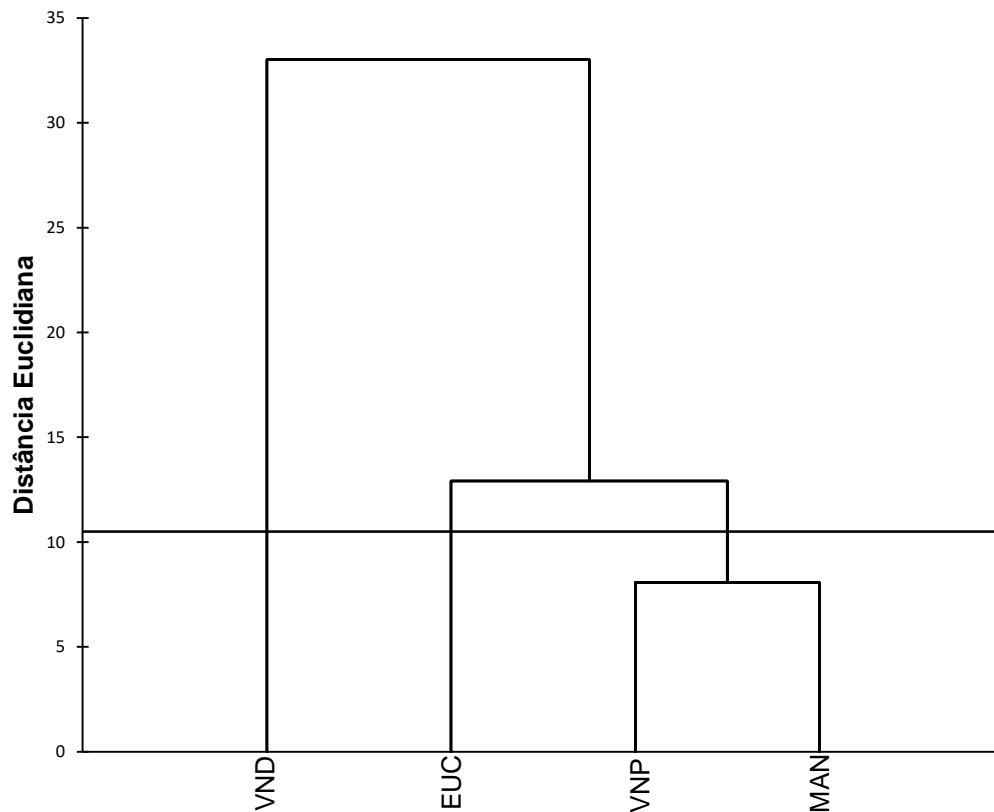


Figura 7. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo na profundidade 0,00-0,05 m. VNP: área sob vegetação nativa preservada; VND: área sob vegetação nativa degradada; MAN: área sob cultivo convencional com mandioca; EUC: área sob cultivo agro energético com eucalipto

Em relação à camada 0,05-0,10 m, foram escolhidos os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) que, juntos, explicaram 93,52% da variância dos atributos, sendo 67,67% e 25,85% da variação explicadas pelos CP1 e CP2, respectivamente (Tabela 15).

Tabela 15. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Autovalor	Autovalor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	14,211	14,211	67,670	67,670
2	5,428	19,639	25,848	93,518
3	1,361	21,000	6,482	100,000

A Tabela 16 mostra a correlação entre os atributos estudados com os componentes principais, onde as variáveis que apresentaram um valor (em módulo) igual ou superior a 0,7 foram consideradas mais importantes na discriminação das coberturas vegetais.

Com exceção da acidez potencial (H+Al), carbono presente na fração humina (C-HUM), a relação entre o carbono presente nos ácidos húmicos pelo carbono presente nos ácidos fúlvicos (C-AH/C-AF), e a razão entre o carbono presente nas substâncias húmicas pelo carbono orgânico total (C-SH/COT), todos os outros atributos foram importantes na explicação do CP1, enquanto que o CP2 se associou mais intensamente com o C-HUM, C-AH/C-AF e SH/COT.

Tabela 16. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3
pH (H ₂ O)- Acidez ativa	0,848*	-0,506	0,156
P - Fósforo disponível	0,704*	-0,680	0,205
K ⁺ - Potássio trocável	0,961*	0,198	-0,195
Ca ²⁺ - Cálcio trocável	0,848*	-0,479	0,228
Mg ²⁺ - Magnésio trocável	0,952*	-0,245	-0,182
Na ⁺ - Sódio trocável	0,877*	-0,106	-0,469
Al ³⁺ - Acidez trocável	-0,742*	0,670	0,015
H+Al - Acidez potencial	0,516	0,658	0,548
SB – Soma de bases trocáveis	0,917*	-0,389	0,091
t - Capacidade de troca de cátions efetiva	0,955*	-0,261	0,144
m - saturação de alumínio	-0,864*	0,470	-0,181
V - Saturação por bases	0,735*	-0,676	-0,043
COT- Carbono orgânico total	0,920*	0,346	0,184
C-AH-Carbono presente nos ácidos húmicos	0,817*	0,568	-0,102
C-AF - Carbono presente nos ácidos fúlvicos	0,999*	0,032	0,034
C-HUM - Carbono presente na humina	0,450	0,707*	0,545
C-SH - Carbono das substâncias húmicas	0,849*	0,525	0,059
C-AH/C-AF	0,676	0,721*	-0,149
(C-AH + C-AF)/HUM	0,922*	0,170	-0,348
(C-AH + C-AF)/COT	0,815*	0,498	-0,295
C-SH/COT	0,644	0,757*	-0,105

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

A partir da relação entre as variáveis e os componentes principais foi formado o diagrama de projeção de vetores (Figura 8), onde as variáveis que não se associaram significativamente com o CP1 (Tabela 16), que corresponde a quase

70% da variação dos dados, se encontram mais distante do eixo das abscissas e com vetores mais próximos a origem.

Para o CP1 foi observada uma correlação positiva entre os nutrientes e o COT e suas frações, mostrando a influência da matéria orgânica na fertilidade do solo, com destaque para o potássio (K^+), que se localizou no mesmo quadrante da matéria orgânica e suas frações, ou seja, se correlacionaram positivamente, levando em consideração os dois componentes principais.

A maior proximidade do vetor Ca^{2+} ao vetor pH, evidencia que esse elemento foi o principal responsável pela correção do solo, contribuindo para o deslocamento do Al^{3+} do complexo de troca, gerando, assim, cargas negativas.

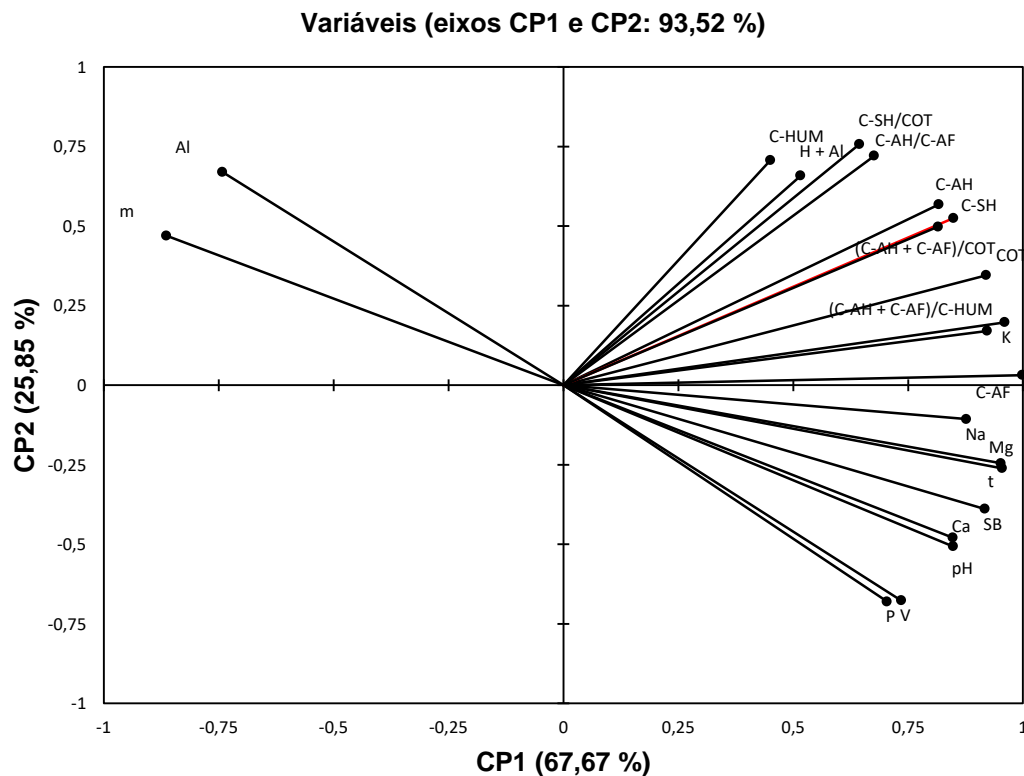


Figura 8. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.

A seleção dos dois primeiros componentes principais permitiu a representação bidimensional das coberturas vegetais, na profundidade de 0,05-0,10 m, (Figura 9).

As VNP e EUC se aproximaram em virtude dos maiores valores de K^+ , COT e frações húmicas da matéria orgânica do solo, que se assemelharam entre essas

áreas e se distinguiram das demais (Figura 8). A correlação positiva, e significativa, destes atributos com o CP1 e CP2 afastou a VNP e EUC para o primeiro quadrante (à direita e acima do gráfico)

As VND e MAN se encontram isoladas, sendo que as variáveis Al^{3+} e m , que se correlacionaram negativamente com o CP1 e positivamente com o CP2, deslocaram a VND para a esquerda e acima do gráfico, ficando situada no segundo quadrante. Os demais atributos químicos do solo, (exceto $H+Al$), foram responsáveis pela localização da MAN no quarto quadrante, pois os mesmos estão correlacionados positivamente com o CP1 e negativamente com o CP2.

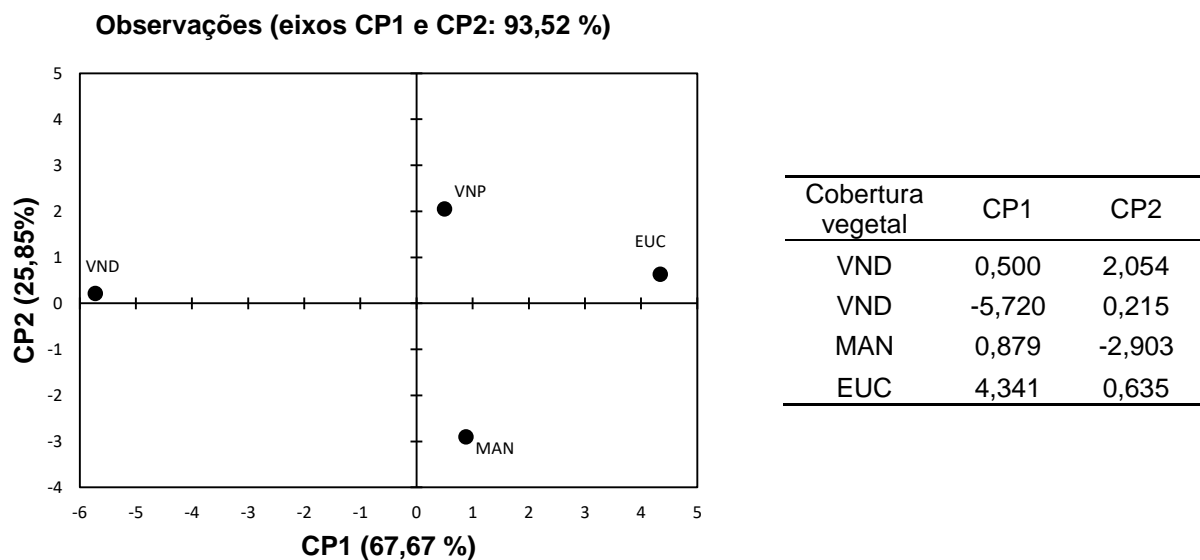


Figura 9. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,05-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe.

Por meio do dendrograma de similaridade (Figura 10), foi possível verificar a formação de três grupos distintos. O primeiro foi composto pela VND, o segundo foi formado pela MAN. As VNP e EUC formaram um terceiro grupo. A similaridade entre as VNP e EUC corroboram os resultados encontrados no gráfico de scores, onde as mesmas encontram-se no mesmo quadrante e mais próximas.

O não revolvimento do solo e conseqüente incorporação da matéria orgânica pode ter contribuído, para uma semelhança encontrada entre a EUC e a VNP. Esses resultados podem ser verificados pela proximidade dos valores dos atributos do solo verificados nos gráficos de projeção de vetores e scores (Figuras 8 e 9).

O que provocou a discriminação da VND foi à alta correlação desta com as variáveis Al^{3+} e m os quais implicaram em baixos valores dos demais atributos químicos do solo, exceto (H+Al) e T.

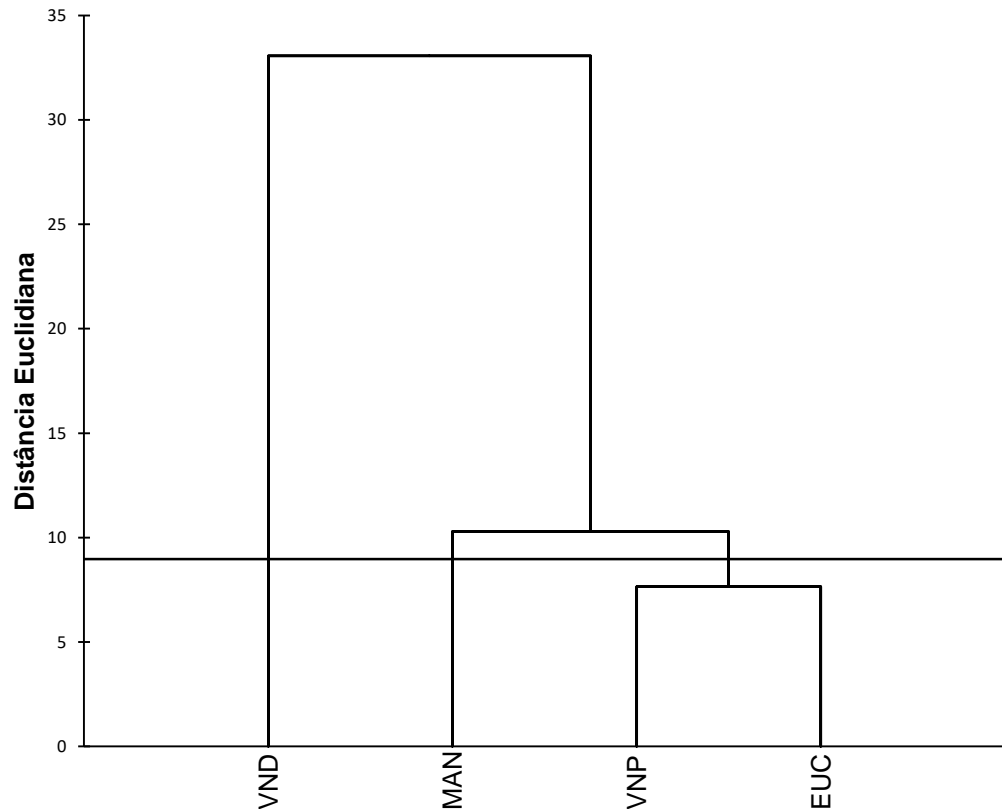


Figura 10. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo na profundidade 0,05-0,10 m. VNP: área sob vegetação nativa preservada; VND: área sob vegetação nativa degradada; MAN: área sob cultivo convencional com mandioca; EUC: área sob cultivo agro energético com eucalipto

Quanto ao percentual de variação dos atributos explicado pelos componentes principais, na profundidade 0,10-0,20 m, observou-se que os dois primeiros componentes foram responsáveis por 94,81% da variância total, sendo 65,26 % no CP1 e 29,55% no CP2 (Tabela 17). Isso indica que as vinte e duas variáveis passam a ser substituídas pelos componentes CP1 e CP2, havendo redução de dimensionalidade das variáveis originais, com perda de explicação de menos de 6%.

Tabela 17. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Auto valor	Auto valor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	14,356	14,356	65,256	65,256
2	6,256	20,612	29,556	94,811
3	1,142	21,754	5,189	100,000

As variáveis mais fortemente correlacionadas com o CP1 foram: pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Al³⁺, SB, t, T, m, V, COT, C-AH, C-AF, C-SH, (C-AH + C-AF)/C-HUM e (C-AH + C-AF)/COT. Em relação ao CP2 as variáveis (H+Al), C-HUM e C-SH/COT foram as que apresentaram maior grau de associação (Tabela 18).

Tabela 18. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3
pH (H ₂ O)- Acidez ativa	0,842*	-0,444	0,307
P - Fósforo disponível	0,864*	-0,478	-0,159
K ⁺ - Potássio trocável	0,884*	0,138	0,446
Ca ²⁺ - Cálcio trocável	0,714*	-0,653	-0,253
Mg ²⁺ - Magnésio trocável	0,918*	-0,259	0,300
Na ⁺ - Sódio trocável	0,918*	-0,259	0,300
Al ³⁺ - Acidez trocável	-0,764*	0,636	0,108
H + Al - Acidez potencial	0,591	0,731*	0,342
SB – Soma de bases trocáveis	0,829*	-0,553	-0,081
t - Capacidade de troca de cátions efetiva	0,855*	-0,515	-0,059
T - Capacidade de troca de cátions potencial	0,894*	0,368	0,256
m - Saturação de alumínio	-0,880*	0,451	0,146
V - Saturação por bases	0,700*	-0,672	-0,244
COT- Carbono orgânico total	0,987*	0,039	-0,158
C-AH-Carbono presente nos ácidos húmicos	0,756*	0,605	-0,248
C-AF - Carbono presente nos ácidos fúlvicos	0,976*	0,180	0,119
C-HUM - Carbono presente na humina	0,562	0,798*	-0,220
C-SH - Carbono das substâncias húmicas	0,857*	0,498	-0,130
C-AH/C-AF	0,681	0,649	-0,339
(C-AH + C-AF)/C-HUM	0,938*	0,339	-0,068
(C-AH + C-AF)/COT	0,722*	0,690	-0,055
C-SH/COT	0,308	0,948*	-0,076

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

Na Figura 11, as variáveis mais fortemente correlacionadas com o CP1 apresentaram-se com menor ângulo de inclinação em relação ao eixo das abscissas, enquanto que as variáveis mais correlacionadas com o CP2 possuíam menor ângulo de inclinação em relação ao eixo das ordenadas.

Em relação às variáveis, o COT está correlacionado positivamente com C-AH, C-AF e C-HUM, no entanto verificou-se uma maior correlação do COT com o C-AF. Isso se deve, provavelmente, às características do ácido fúlvico, o qual é altamente solúvel e móvel no solo, possibilitando um aumento do seu teor em profundidade (SCHNITZER, 1986; STEVENSON, 1994).

Por outro lado, a inexistência de correlação entre o C-HUM e o CP1 e a menor aproximação desta variável com o vetor COT, em comparação com as demais frações húmicas, sugere uma pequena influência desse atributo em camadas mais profundas.

Souza e Melo (2003) relataram que a atividade microbiana e a mineralização da matéria orgânica é maximizada na superfície do solo, levando a um material orgânico mais estabilizado, fato que ocorre, com menor intensidade, em camadas mais profundas.

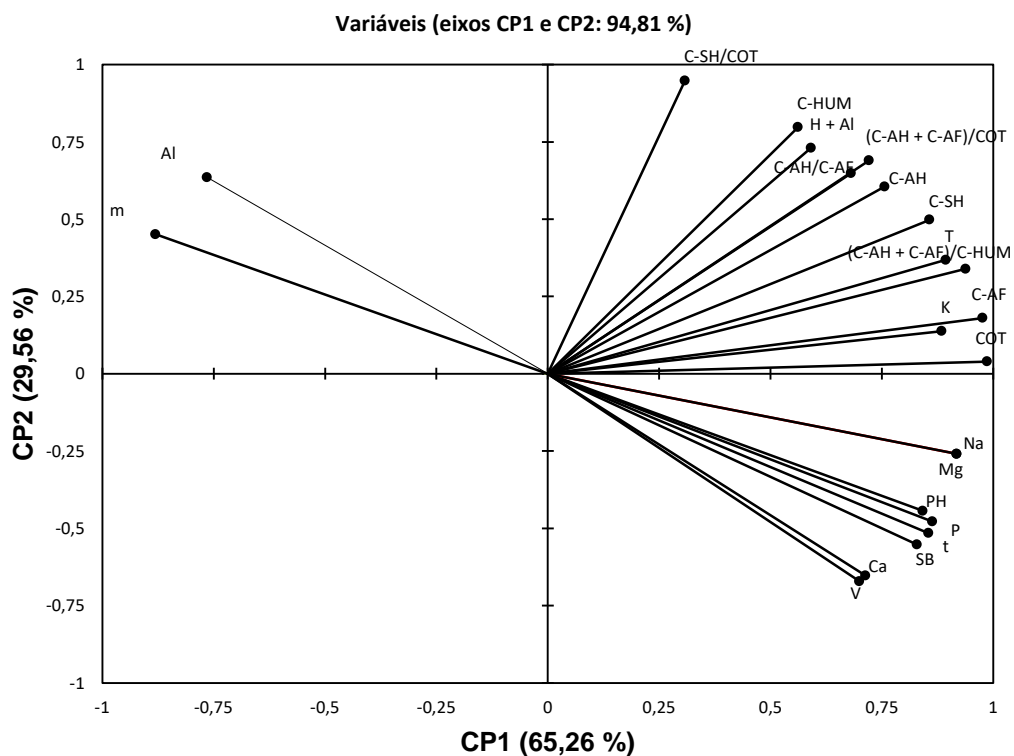


Figura 11. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

O gráfico de scores (Figura 12) proporcionou a visualização da similaridade entre a MAN e EUC que se encontram mais próximas e pertencentes ao mesmo quadrante. Essa aproximação ocorreu devido apresentarem os maiores valores dos

atributos químicos do solo, exceto K^+ , (H+Al) e T (Figura 11). As variáveis Al^{3+} e m foram responsáveis pela separação da AD das demais áreas. A segregação da VNP foi proporcionada pelos maiores valores das frações húmicas da matéria orgânica do solo e dos atributos químicos K^+ , (H+Al) e T.

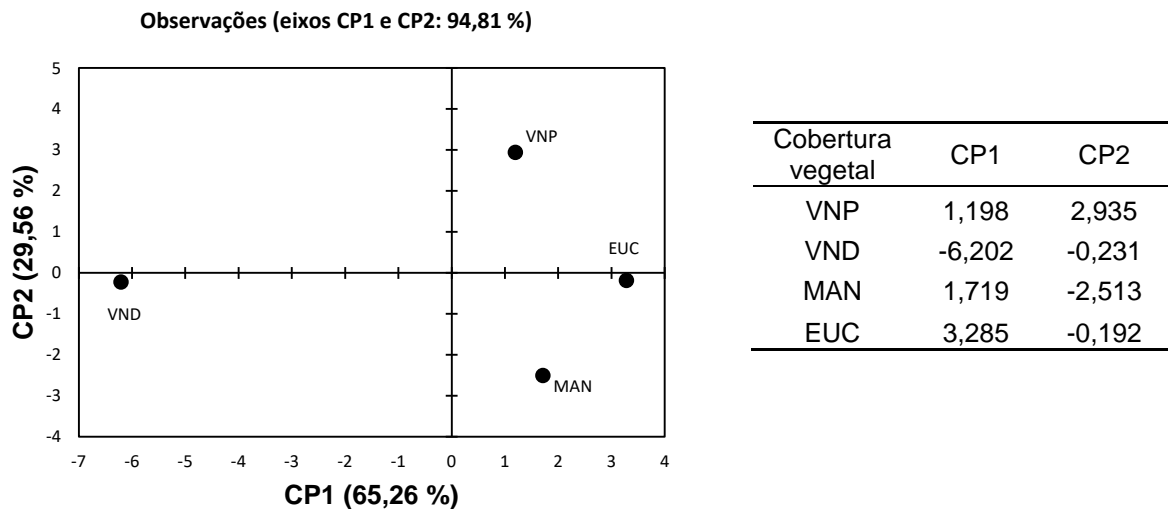


Figura 12. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

A MAN e EUC apresentaram comportamento similar, quando considerado o conjunto das variáveis em estudo, visto que representam um único grupo (Figura 13). Isso indica que as práticas de manejo adotadas nessas duas áreas não contribuíram para a diferenciação dos atributos avaliados, na profundidade 0,10-0,20 m. A baixa capacidade de melhoria das condições a uma profundidade maior, pelo eucalipto (ZANCADA et al., 2003), pode explicar essa semelhança, principalmente em relação ao carbono orgânico total e as frações da matéria orgânica do solo.

Em relação à VND, a menor cobertura vegetal, proporcionando erosão, lixiviação e o menor aporte de material orgânico, provocou alteração em vários atributos estudados, contribuindo com a degradação deles em função do tempo. Isso foi verificado pela separação entre a VND e as demais coberturas vegetais (Figuras 12 e 13). O outro grupo foi representado pela VNP.

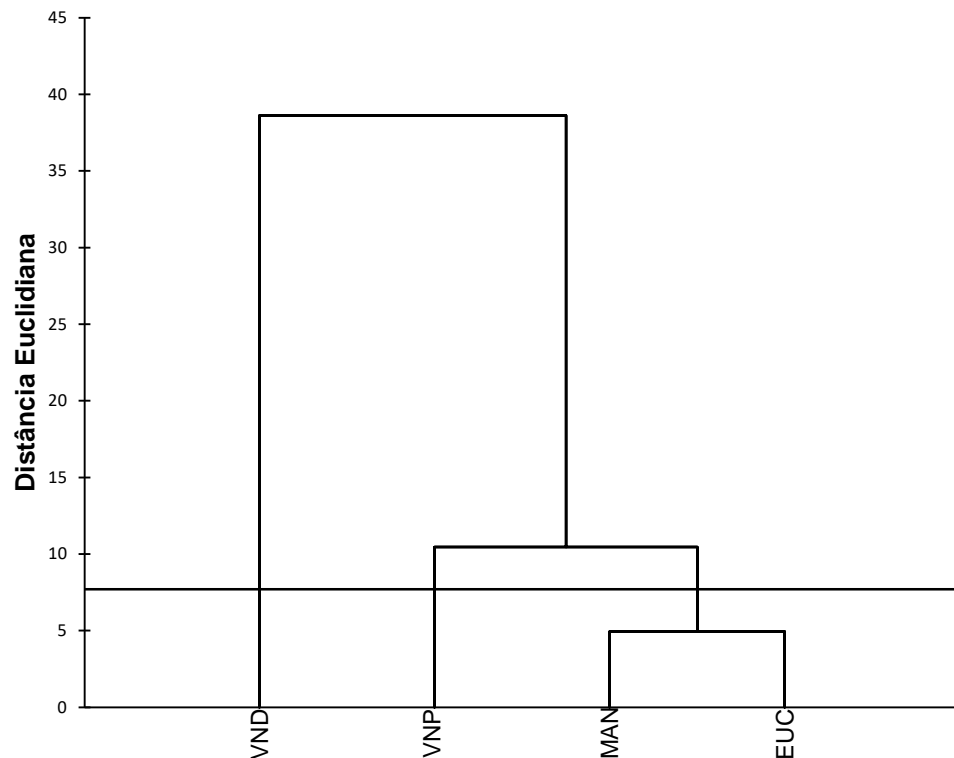


Figura 13. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo na profundidade 0,10-0,20 m. VNP: área sob vegetação nativa preservada; VND: área sob vegetação nativa degradada; MAN: área sob cultivo convencional com mandioca; EUC: área sob cultivo agro energético com eucalipto

No estudo do conjunto das profundidades, a Tabela 19 apresenta os autovalores assumidos pelos componentes principais (CPs), com sua respectiva variabilidade explicada. Isso permitiu a escolha de 2 CPs, que juntos, explicaram 77% da variância total.

Tabela 19. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Auto valor	Auto valor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	12,941	12,941	58,822	58,822
2	3,990	16,931	18,137	76,959
3	2,895	19,826	13,157	90,116
4	1,231	21,057	5,594	95,710
5	0,459	21,516	2,089	97,799
6	0,257	21,773	1,167	98,996
7	0,115	21,888	0,524	99,490
8	0,055	21,943	0,251	99,741
9	0,032	21,975	0,144	99,884
10	0,020	21,995	0,090	99,975
11	0,006	22,000	0,025	100,00

A Tabela 20 mostra as correlações obtidas entre os CPs e as variáveis originais. O CP1 está significativamente correlacionado às bases trocáveis (exceto o sódio trocável), parâmetros de acidez (exceto H+Al), características do complexo sortivo (soma de bases, CTC, e saturação por bases), além do carbono orgânico total, frações húmicas e o índice C-AH/C-AF. O CP 2 apresentou alta correlação com o sódio trocável e com as relações (C-AH + C-AF)/C-HUM e (C-AH + C-AF)/COT.

Tabela 20. Correlação entre cada componente principal e os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
pH (H ₂ O)- Acidez ativa	0,726*	0,563	-0,182	-0,037	-0,168	0,279	-0,057	0,103	0,032	-0,020	-0,004
P - Fósforo disponível	0,925*	0,012	-0,337	0,067	-0,084	0,037	0,069	0,089	0,031	0,067	0,016
K ⁺ - Potássio trocável	0,835*	-0,069	0,354	0,368	0,115	0,096	-0,063	-0,084	0,028	-0,038	0,027
Ca ²⁺ - Cálcio trocável	0,904*	0,160	-0,346	-0,169	0,036	-0,036	0,064	0,000	-0,036	-0,012	0,012
Mg ²⁺ - Magnésio trocável	0,749*	0,565	0,047	0,271	-0,019	0,091	-0,156	-0,071	-0,043	0,054	-0,024
Na ⁺ - Sódio trocável	-0,384	0,706*	0,178	0,446	0,300	-0,117	-0,077	0,116	0,001	-0,026	0,005
Al ³⁺ - Acidez trocável	-0,833*	-0,380	0,357	-0,045	0,020	-0,122	-0,092	0,063	-0,047	0,050	0,020
H + Al - Acidez potencial	0,377	0,073	0,774*	-0,445	0,207	0,105	0,031	0,022	-0,016	-0,001	-0,005
SB – Soma de bases trocáveis	0,941*	0,231	-0,240	-0,027	0,023	0,000	0,008	-0,020	-0,044	0,000	0,012
t - Capacidade de troca de cátions efetiva	0,961*	0,173	-0,184	-0,049	0,039	-0,036	-0,021	0,000	-0,072	0,023	0,019
T - Capacidade de troca de cátions potencial	0,700*	0,156	0,547	-0,381	0,183	0,087	0,031	0,011	-0,028	-0,001	0,001
m - Saturação de alumínio	-0,913*	-0,250	0,224	0,059	-0,144	0,157	-0,046	-0,022	-0,014	0,017	0,036
V - Saturação por bases	0,838*	0,194	-0,476	0,116	0,047	-0,113	0,060	-0,014	-0,035	-0,027	0,009
COT- Carbono orgânico total	0,900*	-0,418	0,060	-0,057	0,010	-0,075	-0,041	0,011	0,037	0,004	-0,002
C-AH-Carbono presente nos ácidos húmicos	0,897*	-0,199	0,286	-0,114	-0,213	-0,086	-0,081	0,009	-0,016	-0,026	-0,001
C-AF - Carbono presente nos ácidos fúlvicos	0,838*	0,384	0,336	-0,022	0,079	-0,122	0,027	-0,046	0,097	0,057	0,010
C-HUM - Carbono presente na humina	0,733*	-0,630	0,096	0,217	0,091	0,005	0,014	0,020	0,013	-0,012	-0,008
C-SH - Carbono das substâncias húmicas	0,876*	-0,427	0,198	0,092	-0,016	-0,043	-0,018	0,013	0,012	-0,012	-0,003
C-AH/C-AF	0,859*	-0,310	0,250	-0,129	-0,233	-0,142	-0,099	0,039	0,000	-0,018	-0,006
(C-AH + C-AF)/C-HUM	-0,385	0,870*	0,214	-0,129	-0,126	-0,126	0,012	-0,023	-0,002	0,005	-0,019
(C-AH + C-AF)/COT	-0,167	0,786*	0,522	0,036	-0,265	-0,070	0,066	-0,006	0,006	-0,028	0,026
C-SH/COT	0,361	-0,235	0,669	0,562	-0,132	0,044	0,169	0,023	-0,050	0,018	-0,017

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

As variáveis: H+Al e C-SH/COT, que não se correlacionaram com nenhum dos CPs, e as variáveis que apresentaram correlação forte apenas com o CP2 (correspondente a apenas 18% da variação dos dados) não foram utilizadas na análise de agrupamento.

O gráfico de dispersão das variáveis (Figura 14) reforça o que foi encontrado no quadro de correlações, indicando que as variáveis H+Al, C-SH/COT não se correlacionaram significativamente com o CP1, pois os mesmos estão muito

próximos à origem dos eixos. As variáveis $(C-AH + C-AF)/C-HUM$ e $(C-AH + C-AF)/COT$ e Na^+ por apresentar um pequeno ângulo de inclinação em relação ao eixo das ordenadas, se associaram fortemente apenas com a CP2.

O gráfico de vetores (Figura 14), além de apresentar o grau de ligação entre as variáveis e os CPs, também mostra a correlação entre as variáveis. Com isso foi possível perceber que a capacidade de troca de cátions potencial do solo (T) se correlacionou positivamente com as frações orgânicas e COT, evidenciando que um maior conteúdo orgânico do solo pode ser muito importante na geração de cargas elétricas do solo, maximizando a capacidade do solo em reter cátions (VALADARES et al., 2016).

Outro fato observado no diagrama de dispersão das variáveis foi a maior contribuição do C-HUM para o COT e C-SH, verificado pela sua maior distância da origem em relação ao C-AH e C-AF e maior proximidade aos vetores do COT e C-SH, corroborando com os resultados encontrados na estatística univariada.

A alta proximidade entre os vetores T e Ca^{2+} , revelou uma maior contribuição desse elemento para a capacidade de troca de cátions desses solos. De acordo com a sequência de preferenciabilidade de troca de cátions de Hofmeister (MENGEL e KIRKBY, 1982), o Ca^{2+} é o nutriente com maior capacidade de adsorção, contribuindo para o deslocamento de H^+ e Al^{3+} , aumentando o número de cargas negativas dos colóides do solo e, conseqüentemente, incrementando a T do solo.

O vetor t está negativamente correlacionado com o vetor Al^{3+} (Figura 14) e positivamente correlacionado com as VNP, MAN e EUC, nas camadas, 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m (Figura 15), indicando que grande parte da capacidade de troca de cátions atual dessas áreas, nas camadas superficial e intermediária, está ocupada pelas bases trocáveis.

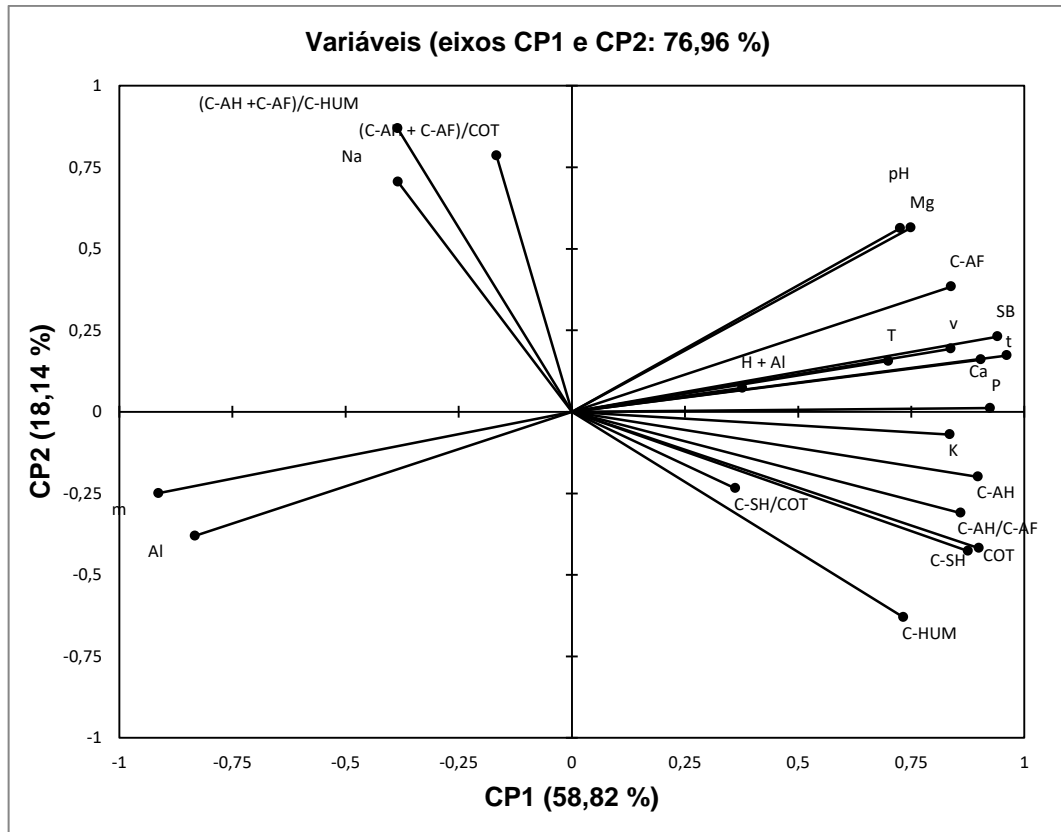


Figura 14. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Analisando o CP1 foi possível observar a discriminação de dois grandes grupos. Um grupo formado pela VNP, MAN e EUC nas duas primeiras camadas (VNP 1 e 2, MAN 1 e 2 e EUC 1 e 2) e o outro formado pela VND nas três profundidades avaliadas e a AVN, AUC e AUA na camada subsuperficial (VND 1, 2 e 3 e VNP 3, MAN 3 e EUC 3) (Figura 15). Através da sobreposição do gráfico de vetores (Figura 14) e do gráfico de scores (Figura 15), foi possível observar a influência das variáveis sobre as diferentes coberturas vegetais em diferentes profundidades. A diferenciação geográfica das áreas VNP, MAN e EUC nas duas primeiras camadas em relação aos demais tratamentos foi provocada pelos maiores valores de pH, bases trocáveis, SB, t, T, V, COT e frações orgânicas do solo nessas áreas. A VND em todas as profundidades e VNP, MAN e EUC na profundidade 0,10-0,20 m, apresentaram os maiores valores de Al^{3+} e m.

Foi possível observar uma tendência de agrupamento das coberturas vegetais na profundidade 0,10-0,20 m, com exceção da VND (Figura 15). Isso possivelmente

está associado a elevados valores de Al^{3+} , o que revela o incremento dessa variável em profundidade.

A correlação negativa entre a VND 1, 2 e 3 e VNP 3, MAN 3 e EUC 3 com a capacidade de troca de cátions efetiva do solo (t) (Figuras 14 e 15), e a proximidade destas áreas com o vetor Al^{3+} , indicou que a maior parte da t está ocupada pelo Al^{3+} , situação característica de um solo pobre quimicamente (RONQUIM, 2010).

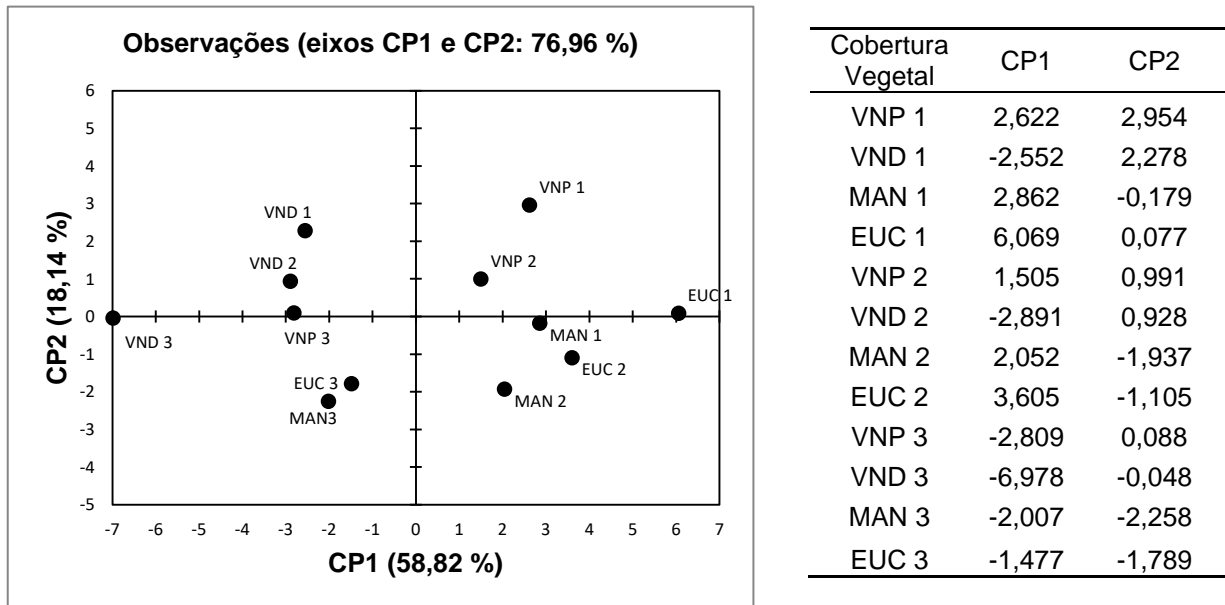


Figura 15. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m. Os números 1, 2 e 3 representam as profundidades 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m respectivamente

A análise de agrupamento das diferentes coberturas vegetais, no conjunto das três profundidades avaliadas (Figura 16), confirmou a tendência observada nos gráfico de scores (Figura 15).

Constatou-se que o primeiro grupo foi formado pelas VNP, MAN e EUC nas camadas 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m. As camadas subsuperficiais das áreas supracitadas formaram um segundo grupo. O terceiro grupo foi formado pela VND em todas as profundidades. Isso indica a diferenciação entre as camadas superficiais e intermediárias para a camada subsuperficial, comprovando que os atributos, selecionados, são influenciados pela profundidade.

As variáveis pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , SB, t, T, m, V, COT, C-AH, C-AF, C-HUM e C-SH se mostraram importantes no estudo da separação das classes de diferentes coberturas vegetais. Neto et al. (2017) e Marinho et al. (2016), estudando

diferentes sistemas de manejo no semiárido, constataram que os atributos químicos pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, T e a matéria orgânica do solo foram responsáveis pela discriminação dos ambientes.

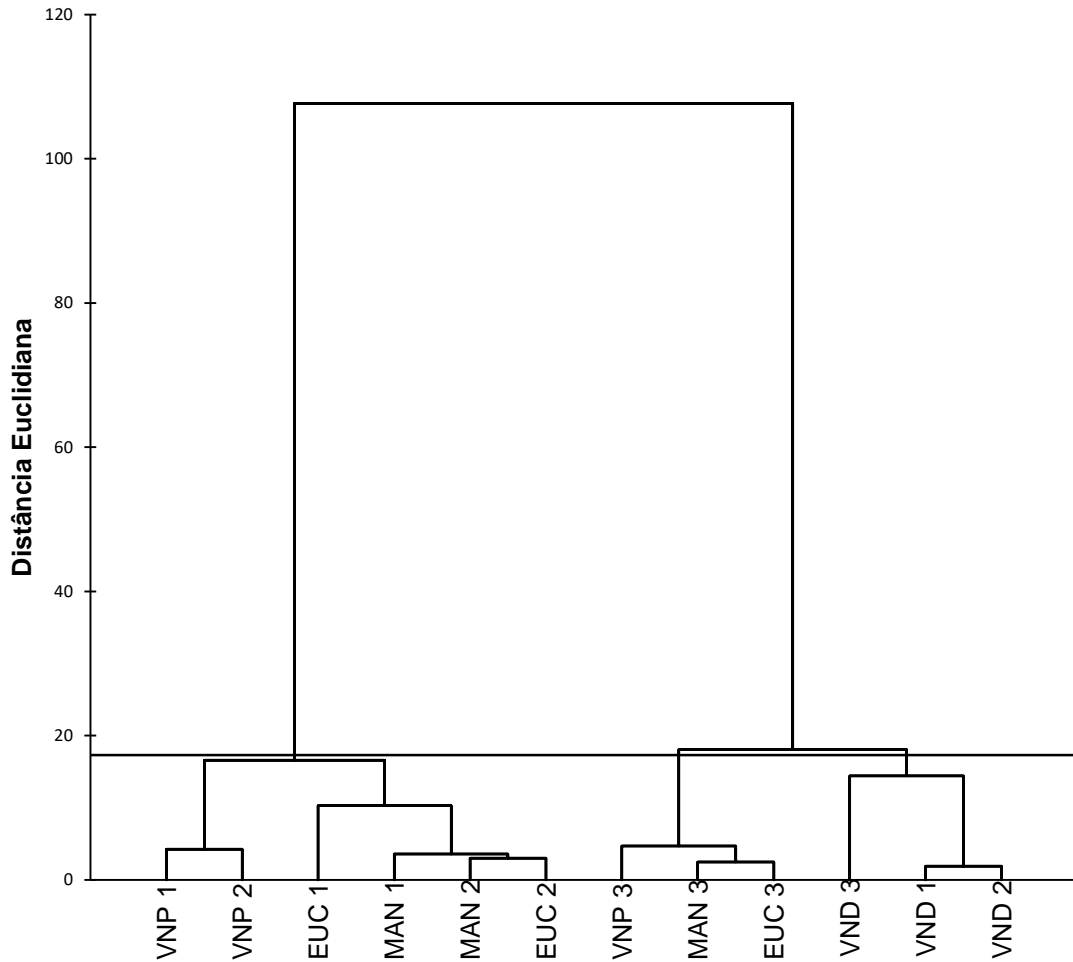


Figura 16. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo no conjunto das profundidades. VNP: área sob vegetação nativa preservada; VND: área sob vegetação nativa degradada; MAN: área sob cultivo convencional com mandioca; EUC: área sob cultivo agro energético com eucalipto. Os números 1, 2 e 3 representam as profundidades 0,00-0,05m; 0,05-0,10m e 0,10-0,20m respectivamente

4.5.2 Análise multivariada dos atributos físicos do solo

O resultado da análise de componentes principais (ACP), para os atributos físicos do solo, na camada 0,00-0,10 m, indicou dois componentes principais respondendo por 95,39% da variabilidade total dos dados, onde o componente Principal 1 (CP1) explicou 56,59% e o Componente Principal 2 (CP2) explicou 38,80% da variância total dos dados (Tabela 21).

Tabela 21. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Autovalor	Autovalor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	5,093	5,093	56,593	56,593
2	3,492	8,585	38,798	95,391
3	0,415	9,000	4,609	100,000

Analisando os valores modulares dos atributos físicos em relação a cada componente principal (Tabela 22) verificou-se que, para o CP1, as variáveis que explicaram, substancialmente, a variação dos dados foram Macroporosidade (Ma), Porosidade total (PT), Densidade do solo (Ds), Resistência à penetração (RP) e Condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), sendo que a Ds e RP foram positivamente correlacionadas, enquanto que as demais variáveis se correlacionaram negativamente com esse eixo. Em relação ao CP2, a Microporosidade (Mi), a Umidade na capacidade de campo (CC) e a Água disponível (AD) foram as variáveis de maior importância na disposição dos agrupamentos nesse eixo, sendo que todas apresentaram correlação positiva. No entanto a variável Ponto de murcha permanente (PMP), por não se correlacionar significativamente com nenhum dos componentes principais, foi descartada na avaliação da qualidade dos solos em estudo e, portanto, da análise de agrupamento.

Tabela 22. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3
Ma - Macroporosidade	-0,983*	0,027	0,181
Mi - Microporosidade	0,365	0,930*	-0,036
PT - Porosidade total	-0,834*	0,525	0,170
Ds - Densidade do solo	0,991*	-0,124	-0,047
RP - Resistência à penetração	0,851*	-0,520	-0,077
CC - Umidade na capacidade de campo	0,487	0,864*	-0,125
PMP - Umidade no ponto de murcha permanente	0,692	0,530	0,491
AD - Água disponível	0,234	0,955*	-0,184
K_{sat} - Condutividade hidráulica saturada	-0,906*	0,355	-0,231

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

A Figura 17 mostra a distribuição dos atributos físicos do solo, feita por vetores, indicando sua correlação com os eixos, onde a distância do ponto em relação à origem e a inclinação em relação a cada componente principal são proporcionais à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo.

O terceiro eixo foi desprezado, devido o gráfico bidimensional proporcionar uma distribuição clara dos atributos físicos do solo (TER BRAAK, 1986).

Esse diagrama de projeção de vetores possibilitou identificar uma correlação negativa das variáveis Ds e RP em relação aos atributos Ma, PT e K_{sat} , observado pela posição em quadrantes opostos de cada grupo. Resultado não abordado na análise univariada.

Isso demonstra que a compactação do solo está diretamente relacionada a redução porosidade, principalmente a Ma. Esse resultado concorda com Silva et al. (2014), Costa et al. (2012), Matias et al. (2012) e Moreira et al. (2012).

Torres et al. (2013) relataram que o aumento da Ds associado ao incremento da RP e à redução da Ma é um indicativo de processo de degradação do solo por compactação.

Segundo Vasconcelos et al. (2014), o decréscimo da Ma aliado a evolução da Ds, promove redução da K_{sat} , uma vez que os poros de drenagem são os principais responsáveis pela percolação da água no solo.

Para Mesquita e Moraes, 2004, a correlação positiva entre a K_{sat} e a Ma pode ser explicada pelo fato desses atributos pertencerem ao mesmo espaço poroso do solo, sendo o efeito do tamanho dos poros maior que a forma e continuidade dos poros que também afetam a K_{sat} .

Fazendo-se uma sobreposição do diagrama de vetores dos atributos físicos (Figura 17) com o gráfico de scores das coberturas vegetais avaliadas (Figura 18), percebeu-se que as variáveis que mais contribuíram para a avaliação da qualidade do solo na área sob vegetação nativa preservada (VNP) foram a Ma, K_{sat} e PT. Para a VND, as variáveis Ds e RP foram mais importantes na sua caracterização, propondo a presença de compactação nessa área. A MAN influenciou a Mi, AD e CC. A EUC, por estar fracamente associada aos componentes principais, visto pelo gráfico de scores, não foi considerada na ligação com os atributos.

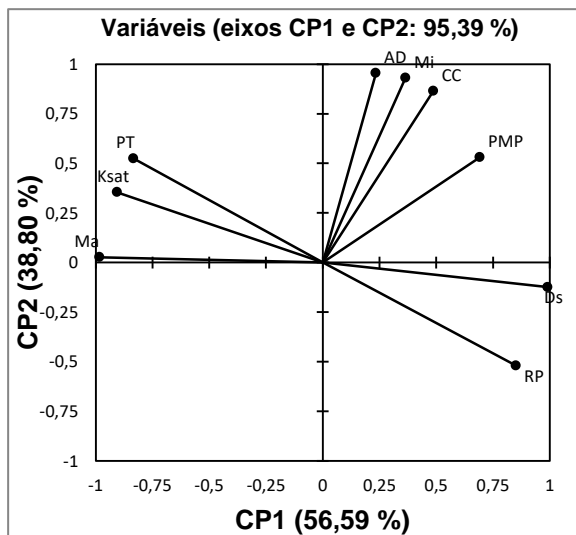


Figura 17. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

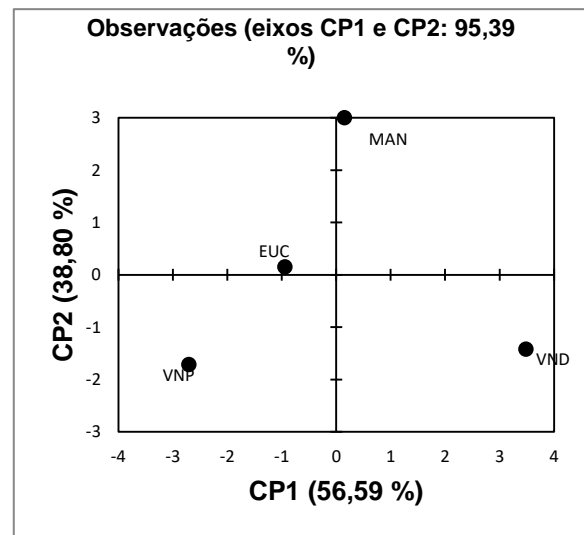


Figura 18. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,00-0,10 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

O método de agrupamento utilizado destacou a formação de três grupos de acordo com as coberturas vegetais e a profundidade considerada (Figura 19). O primeiro grupo foi formado pela VND. Essa diferenciação é pautada nos maiores valores de Ds e RP e as menores médias de Ma e PT nessa área, tornando-a completamente distinta das demais coberturas vegetais, corroborando com os resultados encontrados na estatística univariada. O segundo grupo foi formado pela MAN. As VNP e EUC se agruparam, originando um terceiro grupo.

As variáveis Ma, PT, Ds, RP e K_{sat} , foram as maiores responsáveis na detecção da influência das diferentes coberturas vegetais, considerando a camada superficial, sendo importantes na definição das práticas de manejo mais adequadas nas áreas de topo da Chapada do Araripe.

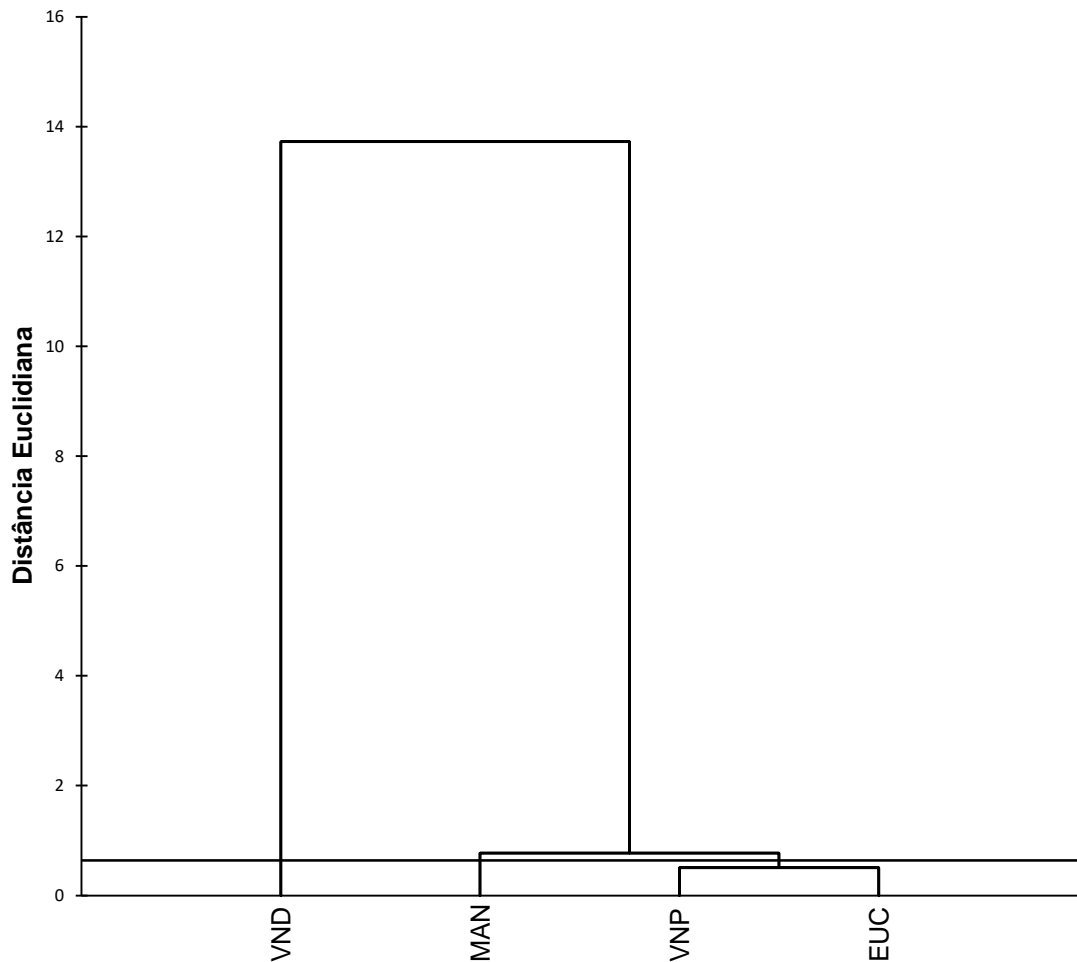


Figura 19. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos físicos do solo na profundidade 0,00-0,10m VNP: área sob vegetação nativa preservada; VND: área sob vegetação nativa degradada; MAN: área sob cultivo convencional com mandioca; EUC: área sob cultivo agro energético com eucalipto

Em relação à camada 0,10-0,20 m, foram identificados três componentes principais, sendo que os dois primeiros explicaram 92,85% da variância nas propriedades físicas, nas quatro coberturas vegetais analisadas (Tabela 23). O CP1 explicou 52,33 e apresentou alta correlação com PT, RP, Ds, K_{sat} e PMP. O CP2 explicou 40,52% da variabilidade e teve correlação elevada com Mi, CC e AD (Tabela 24).

Tabela 23. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Autovalor	Autovalor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	4,710	4,710	52,328	52,328
2	3,647	8,357	40,518	92,846
3	0,644	9,000	7,154	100,000

Tabela 24. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3
Ma - Macroporosidade	-0,647	-0,568	0,509
Mi - Microporosidade	-0,258	0,966*	0,025
PT - Porosidade total	-0,735*	0,548	0,399
RP - Resistência à penetração	0,997*	-0,074	0,001
Ds - Densidade do solo	0,816*	0,427	0,388
CC - Umidade na capacidade de campo	-0,252	0,959*	-0,130
PMP - Umidade no ponto de murcha permanente	0,935*	0,276	0,222
AD - Água disponível	-0,695	0,713*	-0,089
K _{sat} - Condutividade hidráulica saturada	-0,775*	-0,632	-0,011

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

O gráfico de distribuição de vetores ratifica o que foi indicado no quadro de correlação, onde a Ma, por estar mais próxima à origem e distante dos eixos do CP1 e CP2, possui menor capacidade de discriminar esses ambientes em estudo (Figura 20).

Segundo Silva et al. (2014), a Ma é consequência da contribuição das raízes das plantas, dos resíduos vegetais e incremento de carbono orgânico no solo, que ocorre, principalmente, nas camadas mais superficiais, o que pode fundamentar a baixa influência desse atributo na camada subsuperficial em estudo.

Isso ficou evidenciado, também, pela correlação negativa com a densidade do solo que, em geral foi maior na camada subsuperficial, provocando redução da Ma. Silva et al. (2017), Neto et al. (2014) e Pezarico et al. (2013), também observaram redução da Ma em profundidade.

As variáveis pertencentes ao 1º e 4º quadrantes foram mais alteradas pela VND. A VNP influenciou as variáveis do 3º quadrante, enquanto que a MAN interferiu nas variáveis localizadas no 2º quadrante.

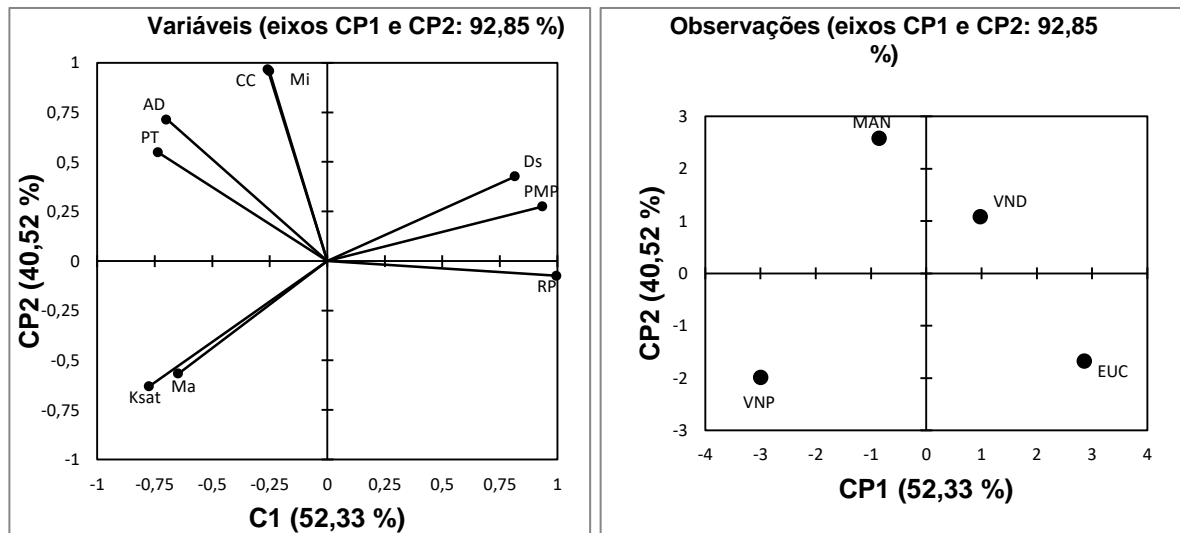


Figura 20. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Figura 21. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos físicos do solo em amostras coletadas na profundidade 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

As representações bidimensionais do CP1 e CP2, no gráfico de scores, (Figura 21) mostraram predisposições em relação à ligação entre as coberturas vegetais semelhantes a análise de agrupamento (Figura 22).

A organização dos acessos em três grupos permitiu identificar os tratamentos e sua relação, baseado nos atributos físicos do solo na profundidade de 0,10-0,20m (Figura 22).

O primeiro grupo foi composto pela VND e MAN. Esse agrupamento foi resultado dos maiores valores de Mi, CC e AD nessas áreas. A VNP formou o segundo grupo, distinguido pelos maiores valores de Ma e K_{sat} . O terceiro grupo foi representado pela EUC.

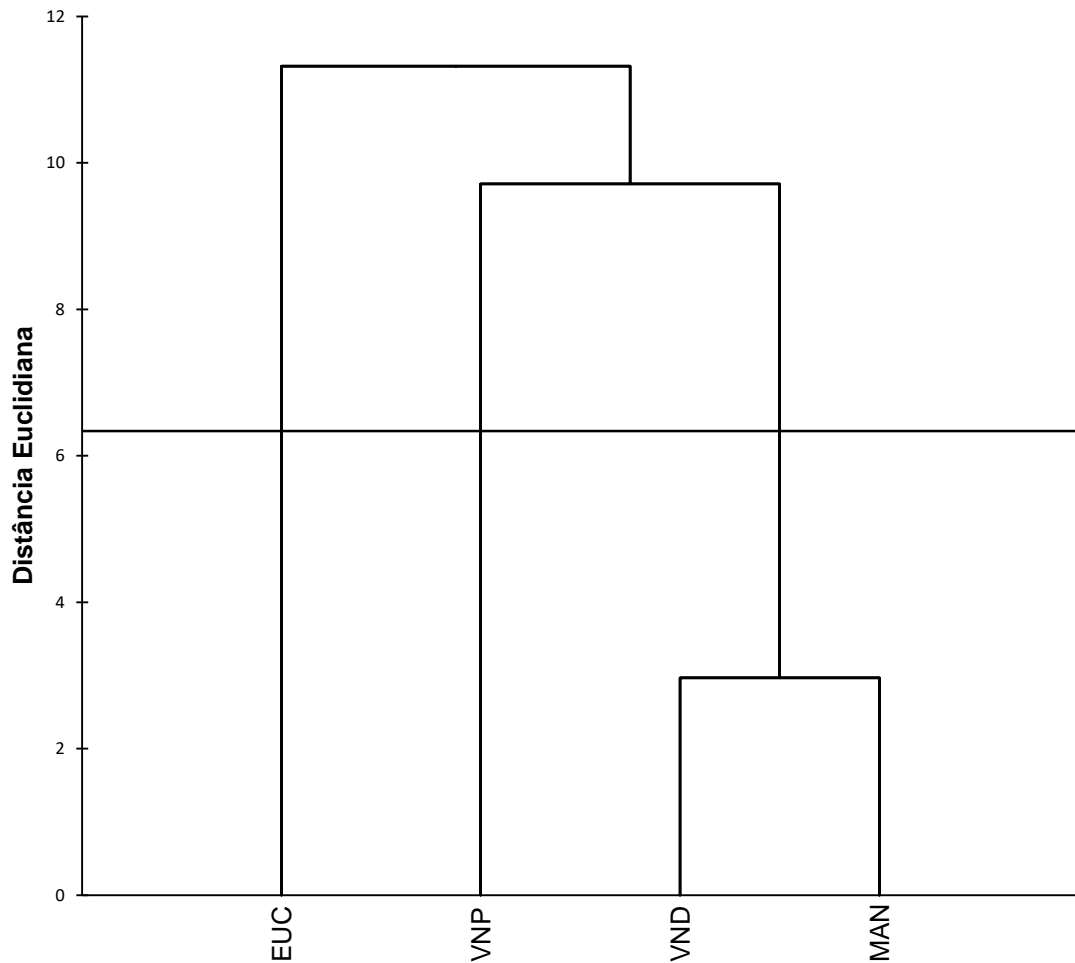


Figura 22. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos físicos do solo na profundidade 0,10-0,20m. AVN: área sob vegetação nativa preservada; AD: área sob vegetação nativa degradada; AUC: área sob uso convencional; AUA: área sob uso agro energético

Na análise dos efeitos das diferentes coberturas vegetais nos atributos físicos do solo, nas duas camadas avaliadas, os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por explicarem, respectivamente, 51,85 e 38,17% da variância, isto é, explicaram em conjunto 90 % da variância total de dados (Tabela 25).

Tabela 25. Autovalores e percentual de variância explicada por cada componente principal obtidos a partir dos atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Componentes principais	Autovalor	Autovalor cumulativo	Variabilidade explicada	
			Absoluta	Acumulada
			%	
1	4,666	4,666	51,848	51,848
2	3,435	8,101	38,167	90,015
3	0,526	8,627	5,850	95,864
4	0,237	8,864	2,629	98,493
5	0,114	8,978	1,265	99,757
6	0,022	9,000	0,243	100,000

No CP1, os atributos que obtiveram maior correlação foram: Ma, PT, RP, Ds, K_{sat} e PMP, com destaque para RP (0,917), Ds (0,945) e K_{sat} (0,949), enquanto no CP2 apenas as variáveis Mi, CC e AD foram significativas (Tabela 26).

Tabela 26. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Ma - Macroporosidade	0,894*	-0,237	0,348	-0,012	0,139	-0,063
Mi - Microporosidade	-0,143	0,989*	0,022	0,000	0,010	0,021
PT - Porosidade total	0,720*	0,554	0,327	-0,245	-0,064	0,059
RP - Resistência à penetração	-0,917*	-0,386	-0,036	-0,015	0,077	0,046
Ds - Densidade do solo	-0,945*	0,090	0,158	-0,152	0,223	0,014
CC - Umidade na capacidade de campo	-0,213	0,970*	-0,119	0,014	-0,001	0,015
PMP - Umidade no ponto de murcha permanente	-0,787*	0,260	0,476	0,284	-0,075	-0,005
AD - Água disponível	0,167	0,961*	-0,167	0,074	0,102	-0,062
K_{sat} - Condutividade hidráulica saturada	0,949*	-0,069	-0,053	0,258	0,136	0,086

CP: Componente principal * Valores $\geq |0,70|$ são significativos

Foi possível observar uma maior proximidade da Mi com as variáveis CC e AD, quando comparado com a Ma (Figura 23). Isso demonstra uma maior contribuição dos microporos para a retenção de água no solo. Segundo Marchão et al. (2007), o aumento da Mi resulta no incremento do conteúdo de água disponível. Costa et al. (2009) afirmaram que alterações na CC promoveram modificações na água prontamente disponível para a planta. Souza et al. (2014), encontraram correlação positiva entre a Mi e AD em todas as tensões avaliadas, atribuindo à Mi, a maior responsabilidade pela retenção de água no solo.

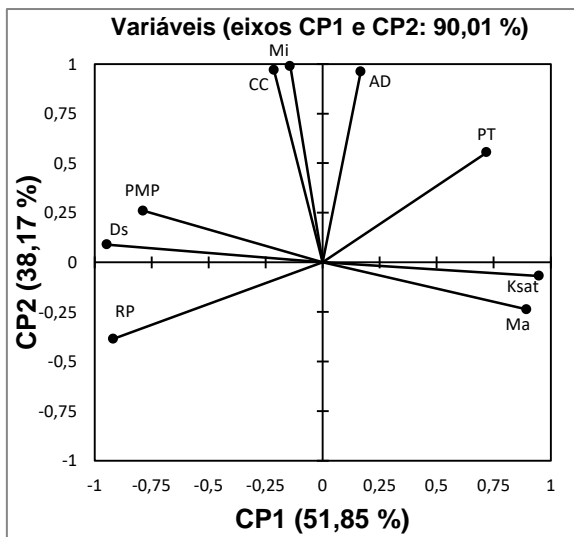


Figura 23. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

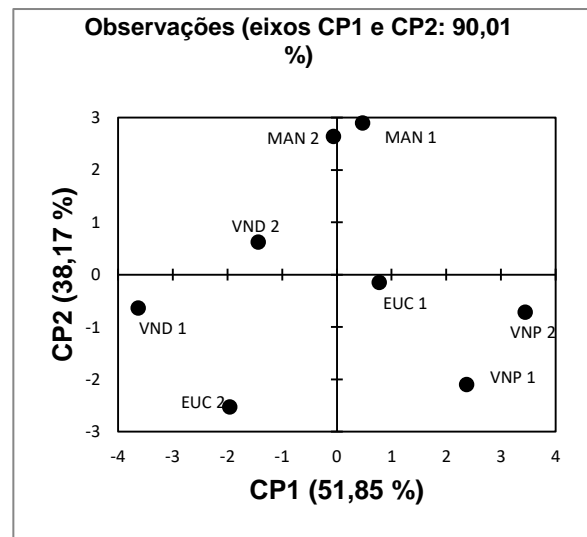


Figura 24. Scores das diferentes coberturas vegetais nos dois primeiros componentes principais obtidos com os atributos físicos do solo em amostras coletadas nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m em diferentes coberturas vegetais na Chapada do Araripe

De acordo com o agrupamento das coberturas vegetais estudadas (Figura 25), a VNP nas duas profundidades e a EUC na camada superficial compuseram o primeiro grupo. Os altos valores de Ma, PT e K_{sat} , foram responsáveis pela aproximação dessas áreas, visto pela análise das figuras 23 e 24, representando, assim, o grupo de melhor qualidade física.

O maior teor de matéria orgânica, refletindo numa maior estruturação do solo e a ausência de preparo, reduzindo o pisoteio e os valores de Ds observados nessas áreas, fundamentou esses resultados (SILVA et al., 2013).

A MAN, nas duas profundidades avaliadas, formou o segundo grupo, sendo caracterizado pelos maiores valores de Mi, CC e AD. O terceiro grupo foi formado pela VND nas duas camadas e pela EUC na camada subsuperficial. Essas áreas se agruparam em virtude dos maiores valores de Ds, RP e PMP. Esses resultados comprovaram as tendências observadas nas Figuras 23 e 24.

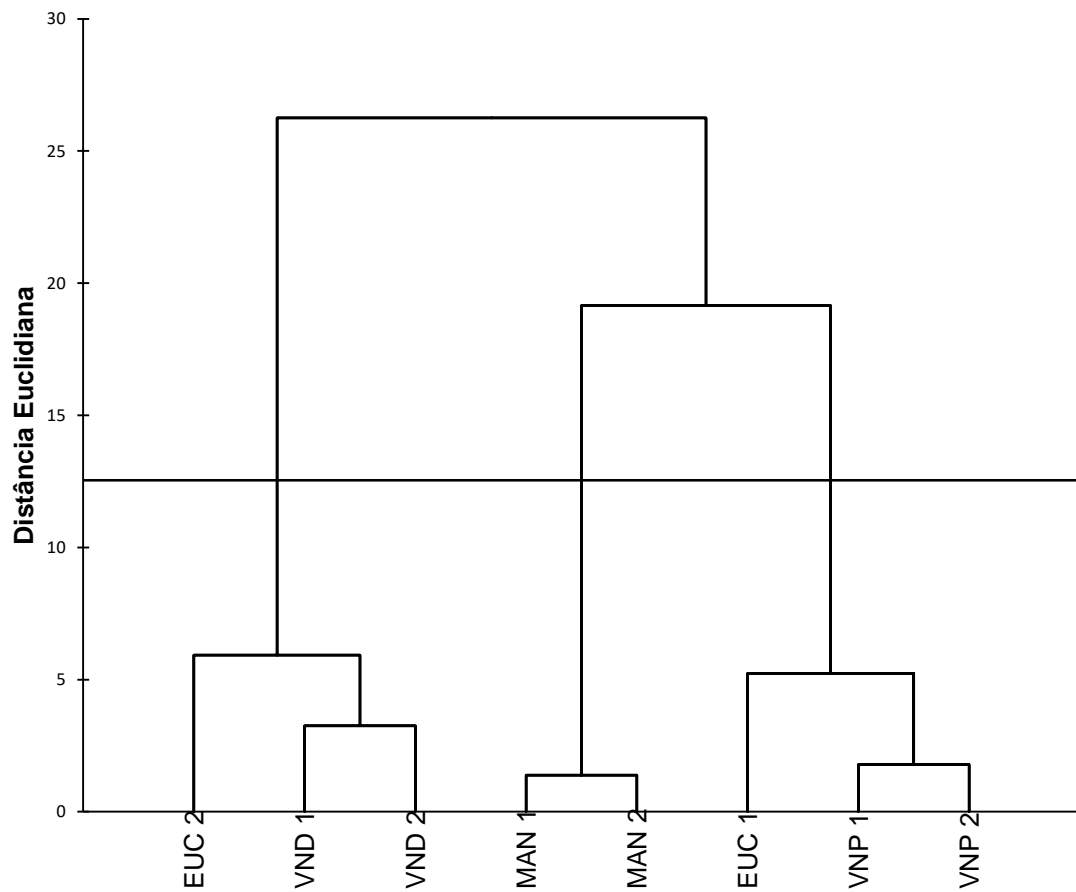


Figura 25. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos, de acordo com os atributos físicos do solo, nas profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20m VNP: área sob vegetação nativa preservada; VND: área sob vegetação nativa degradada; MAN: área sob cultivo convencional com mandioca; EUC: área sob cultivo agro energético com eucalipto. Os números 1 e 2 representam as profundidades 0,00-0,10m e 0,10-0,20m respectivamente

5 CONCLUSÕES

As coberturas vegetais alteraram os atributos do solo, sendo a área degradada, responsável pelas maiores alterações, quando comparada à vegetação nativa preservada.

A análise conjunta dos atributos químicos e das frações húmicas da matéria orgânica do solo demonstrou que as variáveis cálcio trocável, fósforo, soma de bases, capacidade de troca catiônica efetiva do solo, saturação por alumínio e carbono orgânico total foram as mais sensíveis.

Os atributos físicos que melhor descreveram os aspectos de qualidade dos Latossolos Amarelos na Chapada do Araripe foram densidade do solo, resistência à penetração e condutividade hidráulica saturada.

Na análise de agrupamento das áreas, levando em consideração os atributos químicos e frações húmicas da matéria orgânica do solo, a área sob vegetação nativa degradada (VND) se diferenciou de todas as outras áreas. Para as demais áreas, a camada subsuperficial se diferenciou das demais camadas.

Para os atributos físicos do solo houve tendência de aproximação da área sob vegetação nativa preservada (VNP) nas duas camadas estudadas e a área sob uso agro-energético (EUC) na camada superficial, enquanto que a VND se diferenciou dos demais ambientes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, H. S. **Desempenho agro energético, uso de água e de nutrientes por cana-de-açúcar cultivada na chapada do Araripe**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 73 p., 2013.
- ALENCAR, T. L.; CHAVES, A. F.; SANTOS, C. L. A.; JÚNIOR, R. N. A.; MOTA, J. C. A. Atributos Físicos de um Cambissolo Cultivado e Tratado com Biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n.3, p. 737-749, 2015.
- ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. de; CASAGRANDE, J. C.; SOARES, M. R. Química dos Solos Altamente Intemperizados. In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo. 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v. 2, cap. XVIII, p.381-447.
- ALVES, J. J. A. Geocologia da caatinga no Semi-Árido do Nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 58-71, 2007.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n.4, p. 382-388, 2008.
- ARAÚJO, A. O.; MENDONÇA, L. A.R.; LIMA, M. G. S.; FEITOSA, J. V.; SILVA, F. J. A.; NESS, R. L.L.; FRISCHKORN, H.; SIMPLÍCIO, A. A. F.; KERNTOPF, M. R. Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na Chapada do Araripe. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 754-762, 2013.
- ARAÚJO, D. R.; MION, R. L.; SOMBRA, W. A.; ANDRADE, R. R.; AMORIM, M.Q. Atributos físicos em solo submetido à diferentes tipos de uso e manejos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 101-115, 2014.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- ARRUDA, L. E. V.; PORTELA, J. C.; DIAS, N. S.; PORTO, V. C. N.; NETO, M. F.; SILVA, S. Y. A.M.; DIAS, M. C. C.; FILHO, T. J. O. Oxisolphysical attributes under different agricultural uses in Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 48, p. 4331-4337, 2015.
- ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v. 88, n. 2, p. 153-160, 2002.
- ASHAGRIE, Y.; ZECH, W.; GUGGENBERGER, G.; MAMO, T. Soil aggregation and totaland particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. **Soil and Tillage Research**, United States of America, v.94, n.1, p.101-108, 2007.

BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.3, p. 301-309, 2015.

BALIN, N. M.; OLIVEIRA, J. P. M.; BECHARA, F.C.; CONCEIÇÃO, P. S. Atributos Físicos de uma Área Degradada Submetida a Técnicas de Restauração Florestal. **In: X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo Fatos e Mitos em Ciência do Solo, PELOTAS, 2014.** Anais. PELOTAS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014. 3p.

BARRETO, A. C.; NOVAIS, R. F.; BRAGA, J. M. Determinação estatística do número de amostras simples de solo por área para avaliação de sua fertilidade. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.114, p.142-147, 1974.

BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES. E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em uma seqüência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, cap. 2, p. 9-26. 1999.

BERTONI, J.; NETO, F. L. Conservação do Solo. São Paulo: Ícone Editora, 2008. 6. ed, 355 p.

BEUTLER, S. J.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; PERIN,A.; SILVA, C. F. Edaphic attributes of a crop-livestock integration system in the Cerrado Biome. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 892-900, 2016.

BRAINER, M.S. de C.P. et al. Manejo florestal: uma possibilidade de parceria entre calcinadores e apicultores na Chapada do Araripe (PE). Informe Rural ETENE, ano V – maio de 2011, n. 7.

BRANDFORM, J. M. Penetrability. In: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods. 2. Ed. Madson: **American society of Agronomy**, Cap:11, p. 463-478, 1986.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132 p.

CAMPELLO, F. C. B. O consumo específico de lenha como índice técnico para o ordenamento florestal no Araripe em Pernambuco. **Revista dos mestros profissionais**, Recife, v.2, n.1, p. 23-43, 2013.

CAMPOS, L.P.; LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; BRASIL, E.L.; IWATA, B.F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.304-312. 2013.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; OLIVEIRA, I.A. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência de transição Campos/Floresta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 527-535, 2010.

CANELLAS, L.P.; BALDOTTO, M.A.; BUSATO, J.G.; MARCIANO, C.R.; MENEZES, S.C.; SILVA, N.M.; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X.; SIMÕES, M.L.; MARTINETO, L. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-áçúcar por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.2, p. 331-340, 2007.

CARDOSO, J. A.; LACERDA, M. P. C.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. S.; FIGUEIREDO, C.C. Variability of soil fertility properties in áreas planted to sugarcane in the state of Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 506-515, 2014.

CARRERA, A. L.; MAZZARINO, M. J.; BERTILLER, M. B.; DEL VALLE, H. F.; CARRETERO, E. M. Plant impacts on nitrogen and carbono cycling in the Monte Phytogeographical Province, Argentina. **Journal of Arid Environments**, Chubut, v. 73, n. 2, p.192-201, 2009.

CAVALCANTI, R. C.; ARAÚJO, N. C. F. (5, 2008). **O uso de energia de biomassa no Bioma Caatinga**. SEMANA DO MEIO AMBIETE. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. Recife.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M.P. C.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012.

COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosion and productivity human life. In: LAL, R. (ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 428-431.

COIMBRA, M. C. M.; ALVES, F. F. M. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, Ituverava, v.9, n.2, p. 21-31, 2012.

CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. O. **Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social**. 1. ed. Brasília-DF, 2013. 208p.

CORIOLOANO, J.W.G; MONTEIRO, E.D.; BATISTA, P.A.; MEDEIROS, E.M. de. **Desenvolvimento do setor de mandioca e proteção ao meio-ambiente: experiência na Chapada do Araripe**. In: XI Congresso Brasileiro de Mandioca, Campo Grande – MS, 25 a 28 de outubro de 2005.

COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA; A. L.; SILVA, F. R. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n. 2, p.235-244, 2009.

COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, M.B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 993-1004, 2012.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto. **Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Araripina, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 26 p., 2005.

CUNHA, T.J.F.; CANELAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RIBEIRO, L.P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L.P.; SANTOS, G. de A. (Ed.). *humosfera: tratado preliminar obre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes: 2005, p. 54-80.

CUNHA, T.J.F.; RIBEIRO, L.P.; SILVA, E.F.; CONCEIÇÃO, M. Caracterização e natureza do húmus de Latossolos Amarelos coesos de tabuleiros na região do recôncavo baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, p. 147-154, 2003.

DEXTER, A. R. Soil Physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter and effects on root growth. **Geoderma**, Amsterdam v. 120, n. 3, p. 201-214, 2004.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM, 2010, v.30.

EFFGEN, E. M.; NAPPO, M. E.; CECÍLIO, R. A.; MENDONÇA, A. R.; MANZOLE, R.; BORCARTE, M. Atributos químicos de um latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob cultivo de eucalipto e pastagem no sul do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 375-381, 2012.

EFFGEN, T. A. M. **Atributos do solo em função de tratos culturais em lavouras de cafeeiro conilon no sul do Estado do Espírito Santo**. Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. 93p. (Dissertação de Mestrado).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. revista. Rio de Janeiro, 2011, 230p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed revista e ampliada. Brasília - DF, 2009, 627p.

FERNANDES, J. S.; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C.; ROCHA, A. J.; AMORIM, C. H. F. Avaliação da qualidade de solo sob cultivo de Eucalyptus em diferentes ciclos. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p. 352-361, 2013.

FERREIRA, E. A. B.; BUSTAMANTE, M.M.C.; RESCK, D. V. S.; FIGUEIREDO, C. C.; PINTO, A. S.; MALAQUIAS, J.V. Carbon Stocks in Compartments of Soil Organic Matter 31 Years after Substitution of Native Cerrado Vegetation by Agroecosystems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.40, e0150059, p. 1-15, 2016.

FILHO, F. G. **Avaliação de técnicas de manejo da caatinga através da análise dos atributos físicos e químicos do solo.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró-RN, 80p., 2015.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, V. M. R. Atributos químicos de Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 229-240, 2015.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; MORETI, T. C. F.; CARMO, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com Cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 362 – 374, 2013.

FREITAS FILHO, M.R.DE; MEDEIROS, J.S.DE. Análise multitemporal da cobertura vegetal em parte da Chapada do Araripe-CE, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. (1993). Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401912/2005/07.20.01.58/doc/073-080.pdf>.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, V. M. R. Atributos químicos de Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 229-240, 2015.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SOUZA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, M. C. C. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 2, p. 155 - 164, 2014.

GADELHA, F. H. L.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, R. C.; TAVARES, J.A. Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 263-270, 2015.

GADELHA, F. H. Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de Eucalyptuss.p no Pólo Gesseiro do Araripe, PE. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 2, p. 331-341, 2012.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas de solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Estoque de Carbono em Latossolo vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.4, p.597-602, 2012.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Frações da matéria orgânica em áreas de Latossolo sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado do estado de Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2615-2628, 2013.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; SILVA, T. L.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, N. S.; MATIAS, M. I. S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil & Tillage Research**, United States of America, v.126, n.1, p.177-182, 2013.

HORSTMAN, N.; BONINI, R. L.; VIANA, B. V. G.; PIANNA, B. M.; FREITAS, D. M.; SOUZA, R. A. Análise do desmatamento na Chapada do Araripe. In: GEO NORDESTE, 5., 2011, Feira de Santana. Disponível em: <<http://ecoflor.files.wordpress.com/2012/09/anc3a1lise-do-desmatamento-da-chapada-do-araripe.pdf>>. Acesso em: jan. 2017.

HORWATH W. Carbon cycling: the dynamics and formation of organic matter. In: Paul EA, editor. Soil microbiology, ecology and biochemistry. 4th ed. New York: Academic Press; 2015. p.339-82.

Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Disponível em <http://www.insa.gov.br/?page_id=26#.WH7Dw_ArLIU> Acessado em 17 de Janeiro de 2017.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMMAN, G. E. Soil quality: A concept, definition and Framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n.1, p. 4-10, 1997.

KONDO, M. K.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; WENDLING, B.; SILVA, P. B.; CARDOSO, M. M. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agronômicas do sorgo granífero. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n.1, p. 33-40, 2012.

LABRADOR-MORENO, J. **La materia orgánica en los agrosistemas**. Madrid: Ministeria Agricultura, 1996. 176p.

LEITE, F.P.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Alterations of soil chemical properties by eucalyptus cultivation in five regions in the Rio Doce Valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 821-831, 2010.

LEITE, L. F. C.; FERREIRA, J. S.; VELOSO, M.E. C.; MOUSINHO, F. E. P.; JUNIOR, A. F. R. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.394-401, 2015.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.48, n.3, p.258-265, 2010.

LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S.; DEMOLINARI, M.S.M.; LEITE, F.P. Frações da matéria orgânica do solo após décadas de cultivo de eucalipto no vale do Rio Doce – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.3, p.1053-1063, 2008.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. 1. ed. 141 p.

LIMA VERDE, R. **Os registros rupestres da Chapada do Araripe**. In: Anais do I Congresso Internacional da Sab, Florianópolis – SC, 10p, 2007.

LIRA, R. B.; DIAS, N. S.; ALVES, S. M. C.; BRITO R. F.; NETO, O. N. S. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012.

LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 1, p. 57-64, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.P.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.E. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 34, p. 1077-1082, 2009.

LOURENTE, E R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p.20-28, 2011.

MAIA SMF, XAVIER FAZ, OLIVEIRA TS, MENDONÇA ES, FILHO JAA. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforest Systems**, United States of America, v. 71, n.2, p. 127–138, 2007.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1994. 215p.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; CAROLINO DE SÁ, M. A.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, 2007.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, E.D.; SAMPAIO, E.V.de S.B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n.3, p.555-564, 2006.

MARINHO, A. C. C. S.; PORTELA, J. C.; SILVA, E. F.; DIAS, N. S.; SOUSA JÚNIOR, F. S.; SILVA, A. C.; SILVA, J. F. Organic matter and physicochemical attributes of a Cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n. 1, p.32-41, 2016.

MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1883-1890, 2010.

MATIAS, S. S. R. et al. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, p. 414-420, 2012.

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A. Variabilidade espacial e efeito de atributos químicos de um Latossolo na população de plantas e produtividade da cultura da soja. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.19, n.1, p.20-32, 2013.

MEDEIROS, L. C.; MEDEIROS, B. V. V.; SOBRINHO, F.E.; GURGEL, M.T. Caracterização físico química de um neossolo litólico na região Seridó do RN. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 01-07, 2013.

MEKURIA, W., VELDKAMP, E., HAILE, M., NYSSSEN, J., MUYS, B., GEBREHIWOT, K. Effectiveness of exclosures to restore degraded soils as a result of overgrazing in Tigray, Ethiopia. **Journal of Arid Environments**, California, v. 69, n.2, p. 270-284, 2007.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, 2008.

MELO FILHO, J. F.; SANTOS, H. G.; SILVEIRA, D. C. Variabilidade espacial dos atributos químicos de um Latossolo Amarelo Coeso. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 20, n. 1, p. 112-119, 2008.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.

MENEZES, C. E. G. **Integridade de paisagem, Manejo e atributos do solo no médio Vale do Paraíba do Sul**. Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- UFRRJ, Pinheiral-RJ. 164p, 2008.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semiárido paraibano. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E., orgs. Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002. p.249-260.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, P. 963-969, 2004.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: Uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, p. 295, 2005.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E. C.; CORRÊA, A. R.; PELLIN, D. M. P.; CARVALHO, M. P.; DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 125-135, 2012.

MOREIRA, W.H. et al. Atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 389-400, 2012.

MOTA, J. C. A.; ALVES, C. V.O.; FREIRE, A. G.; JÚNIOR, R. N. A. Uni and multivariate analyses of soil physical quality indicators of a Cambisol from Apodi Plateau – CE, Brazil. **Soil and Tillage Research**, United States of America, v. 140, p. 66-73, 2014.

NASCIMENTO, A. R.V.J. **Atributos físicos e químicos de áreas degradadas pela mineração de Scheelita na Região Topical Semiárida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária), Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal-RN, 92p, 2015.

NASCIMENTO, P. C.; BISSANI, C. A.; LEVIEN,R.; LOSEKANN, M. E.; FINATO, T. Uso da terra e atributos de solos do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.9, p.920-926, 2014.

NETO, E. L. S.; ANDRIOLI, I.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; LAL, R. Physical quality of an oxisol under na integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 608-618, 2014.

NETO, O. N. S.; DIAS, N. S.; LIRA, R.B.; SILVA, E. F.; FERREIRA, A.L.L.; FREITAS, J.J. .R. Chemical attributes of traditional agriculture and Caatinga managed at

different depths in an Inceptisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.1, p.50-55, 2017.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E.P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 575-588, 2007.

OLIVEIRA, F. E. R.; OLIVEIRA, J. M.; XAVIER, F. A. S. Changes in Soil Organic Carbon Fractions in Response to Cover Crops in an Orange Orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 1-12, e0150105, 2016.

PAPA, R. A.; LACERDA, M. P. C.; CAMPOS, P. M.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Qualidade de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos sob vegetação nativa de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 564-571, 2011.

PEREIRA, T. T. C.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C.L.; ALMEIDA, C. C. Gênese de Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do grupo bambuí – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p.1283-1295, 2010.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.; DEL'ARCO VINHAS; COSTA, L.M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.2, p.575-585, 2010.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAMOS, M. R.; UHLMANN, A.; MELO, V. F.; CURCIO, G. R.; CAGLIONI, E. Atributos de solos coesos e não coesos no Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, Itaboraí – RJ. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11 n.22; p. 360-375, 2015.

REBOUÇAS, C. A. M.; PORTELA, J.C.; SOBRINHO, F. E.; CAVALCANTE, J.S. J.; SILVA, M.L.N.; GONDIM, J. E.F. Caracterização física, química e morfológica do solo em várzea do município de Florânia, RN. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 134-142, 2014.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera. Conceitos, processos e aplicações. 1. ed. São Paulo, 2007. 203p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 1.ed. Campinas:** Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p.

ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Cana-de-açúcar. In: PROCHONOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R., ed. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba, INPI-Brasil, 2010. p.160-230.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.2, p.233-241, 2012.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.622-630, 2011.

ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; CENTURION, J. F.; BARBOSA, J. C. Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 111-118, 2011.

SÁ, I. B.; TAURA, T. A.; CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. I. S. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6305-6312.

SÁ, I. I. S.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. B. Avaliação da Degradação Ambiental na Região do Araripe Pernambucano Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, Recife, v. 6, p. 1292-1314, 2011.

SANTANA J. A. S, SOUTO J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, Arica, v. 29, n. 2, p. 87-94, 2011.

SANTANA, G. S.; DICK, D.P.; JACQUES, A. V. A.; CHITARRA, G. S. Substâncias húmicas e suas interações com Fe e Al em Latossolo subtropical sob diferentes sistemas de manejo de pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 461-472, 2011.

SANTOS, B.C.; RANGEL, L. A., CASTRO JUNIOR, E. Estoque de Matéria Orgânica na Superfície do Solo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica na APA de Petrópolis-RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.18, n. 3, p. 266-274, 2011.

SANTOS, D.C.; FARIAS, M.O.; LIMA, C.L.R.; KUNDE, R.J.; PILLON, C.N.; FLORES, C.A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.5, p.838-844. 2013.

SANTOS, D.; SOUZA, E. G.; NÓBREGA, L. H. P.; BAZZI, C.L.; JÚNIOR, A. C. G. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho após cultivo de

soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.8, p.843-848, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, L. L., LACERDA, J. J. J.; ZINN, Y. L. Partição de substâncias húmicas em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 955-968, 2013.

SCHNITZER M. Binding of humic substances by soil mineral colloids. In: Huang PM, SCHNITZEL M, editors. Interactions of soil minerals with natural organics and microbes. Wisconsin: **Soil Science Society of America**. p.83-7, 1986.

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE (SECTMA). (2007). **Região do Araripe: diagnóstico florestal/ Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente** – Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente.

SHARMA, V.; HUSSAIN, S.; SHARMA, K.R.; ARYAM V.M. Labile carbon pools and soil organic carbon stocks in the foothill Himalayas under different land use systems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 232-234, p. 81–87, 2014.

SILVA, A. P.; BRUAND, A.; TORMENA, C. A.; SILVA, E. M.; SANTOS, G. G.; GIAROLA, N. F. B.; GUIMARÃES, R. M. L.; MARCHÃO, R. L.; KLEIN, V. A. Indicators of soil physical quality: From simplicity to complexity. In: **Teixeira, W. B.; Ceddia, M. B.; Ottoni, M. V.; Donagemma, G. K. editors**. Application of soil physics in environmental analyses. New Delhi: Springer, p.201-21, 2014.

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**, Viçosa, v. 37, n.4, p. 1064-1072, 2013.

SILVA, E. A.; SILVA, C. A SILVA, I. R.; MARQUES, J. J. G. S. M.; ARAUJO, E. F.; CARVALHO, S. A.; SILVA, S. H. G.; CURI, N. Frações de carbono em toposequências de solos sob Eucalipto com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p.1167-1178, 2012

SILVA, F. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C.; WARMLING, M.I. Physical Properties of a Hapludox after Three Decades under Different Soil Management Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 1-14, e0140331, 2016.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25-35, 2015.

SILVA, G. S. **Qualidade física de um argissolo acinzentado do município de pacajus (ce) após a aplicação de resíduo de caju.** Dissertação(Mestrado), Universidade Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza-CE, 61p., 2013.

SILVA, J.A.A. **Potencialidades de florestas energéticas de eucalyptus no pólo gesseiro do araripepernambuco.** In: Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.301-319, 2008-2009.

SILVA, J. A. A.; ROCHA, K. D.; FERREIRA, R. L. C.; TAVARES, J. A. Produtividade volumétrica de clones de Eucalyptus spp. no Polo Gesseiro do Araripe, Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, v. 10, p. 240-260, 2013.

SILVA, J. M.; LIMA, J. S. S.; PIRES, F. R.; ASSIS, R. L. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no cultivo da soja no cerrado. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 50, n. 50, p. 167-180, 2008.

SILVA, J. M.; SILVA, L. F.; SILVA, J. P. F. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo cultivado em preparo convencional. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 4, p. 75-87, 2013.

SILVA, M.C. C.; ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; LIMA, C. G. R.; PARIZ, C.M. SOIL Physical attributes and yield of winter common bean crop under a no-till system in the Brazilian cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 155 -163, 2017.

SILVA, M. Z. F.; FREITAS, E. P.; MESSIAS, R. M.; SOUSA, C. F.; NASCIMENTO, M. A. Análise sobre um perfil do solo no município de Taboleiro Grande/RN. **Revista do Ceres**, Natal, v. 1, n. 2, p. 62-68, 2015.

SILVA, R. L.; MATIAS, S. S. R.; LOBATO, M.G. R.; NÓBREGA, J. C. A. Atributos físicos do solo em diferentes coberturas vegetais na região sul do Piauí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 160-168, 2014.

SINDUSGESSO - Polo gesseiro do Araripe: potencialidades, problemas e soluções. Recife: Simpósio, 22p., 2014.

SINDUSGESSO, disponível em www.sindusgesso.org.br acessado em 07/01/2017.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Agência de informação Embrapa: Bioma Cerrado Latossolo.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html> Acesso em: 19 de Janeiro de 2017.

SOUSA, F.P.; FERREIRA, T.O.; MENDONÇA, E.S.; ROMERO, R.E.; OLIVEIRA, J.G.B. Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.148, p.11–21. 2012.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no Semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 125-130, 2005.

SOUZA, A. R.; ALBUQUERQUE, S. F.; LOPES, G. M. B.; SILVA, A. B.; NUNES-FILHO, J. Caracterização e interpretação de um Planossolo Háplico Eutrófico do agreste pernambucano, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 10, p. 271-279, 2013.

SOUZA, D. L.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. S.; PAIVA, E. P.; PEREIRA, T. A.; SOUZA, T. M. A.; SOUTO, J. S. Características químicas de solos sob diferentes usos na Bacia do Rio Piranhas. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 65-71, 2014.

SOUZA, H.A.; CAVALCANTE, A.C.R.; TONUCCI, R.G.; POMPEU, R.C.F.F.; SOUZA, M.C.M.R.; MAIA, C.E. Níveis críticos para atributos do solo pela distribuição normal reduzida em culturas anuais de subsistência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.425–430, 2014.

SOUZA, J. M.; BONOMO, R.; PIRES, F. R.; BONOMO, D. Z. Curva de retenção de água e condutividade hidráulica do solo, em lavoura de café conilon submetida à subsolagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 226-236, 2014.

SOUZA, Z. M.; JUNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; CAMPOS, M. C. C. Amostragem de solo para determinação de atributos químicos e físicos em área com variação nas formas do relevo. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 100-108, 2006.

STEVENSON F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2nd ed. New York: JOHN WILEY AND SONS; 1994. 512p.

SWIFT, R. S. organic matter characterization. In: SPARKS, D. L., ed. **Methods of soil analysis**. Part 3. Chemical methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Series: 5. Soil Sci. Soc. Am. Madison, 1996. P. 1018-1020.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER Jr., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v.102, n.1, p.18-22, 1966.

TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. **Physical edaphology**: the physics of irrigated and nonirrigated soils. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. 532 p.

TEIXEIRA, R. B.; BORGES, M. C. R. Z.; ROQUE, C. G.; OLIVEIRA, M. P. Tillage systems and cover crops on soil physical properties after soybean cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n.12, p.1057-1061, 2016.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, New Jersey, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.

- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A.C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; MORAES, A.G.L.; BEUTLER, S.J. Frações granulométricas e oxidáveis da matéria orgânica em sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n.4, p.16-23, 2014.
- TORRES, J.L.R.; JUNIOR, D, J, R.; VIEIRA, D. M.S. ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO E DO PASTEJO ROTACIONADO. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 558-571, 2013.
- TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p.195-276.
- USSIRI, D.A.N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an Alfisol in Ohio. **Soil and Tillage Research**, Columbus, v.104, p.39-47, 2009.
- VALLADARES G.S; PEREIRA M. G.; BENITES V. M.; ANJOS L. H. C.; EBELING A. G.; GUARESCHI, R. O. Humic Carbon and Nitrogen Stocks and Humic Fractions in Brazilian Organosols Carbon and Nitrogen Stocks and Humic Fractions in Brazilian Organosols. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 40, p.1-16, 2016, e0151317.
- VASCONCELOS, R. F.B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R. B.; SILVA, L. S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 4, p. 381-386, 2014.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. chap. 2, p. 319-344.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.

ZANCADA, M.C.; ALMENDROS, G.; BALLESTA, R.J. Humus quality after eucalypt reforestations in Astúrias (Northern Spain). **Science of the Total Environment**, United States of America, v. 313, n. 1-3, p. 245-258, 2003.

APÊNDICES

Descrição e classificação dos perfis de solos da Chapada do Araripe.

APÊNDICE A - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 1

PERFIL: P1 – Área sob vegetação nativa preservada - AVN

DATA:03/04/2016

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Amarelo distrófico, A moderado, textura franco-arenosa, caatinga hipoxerófila com trechos de floresta caducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Propriedade particular do senhor Sebastião, área sob vegetação nativa preservada, município de Araripina (PE), 7° 25' 36" S e 40° 25' 50" W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Topo plano de chapada, declive de 0-2% de mata nativa

ALTITUDE: 837m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Arenitos da formação Exú

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produtos de alteração das rochas supracitadas

PEDREGOSIDADE: Ausente

ROCHOSIDADE: Ausente

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO Primária: carrasco

USO ATUAL: Sem uso

CLIMA: Bshw, da classificação de koppen.

DESCRITO E COLETADO POR: ARAÚJO FILHO, J. C.; REZENDE, J. S.

APÊNDICE B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 1

A – (0-17cm), bruno-escuro (7,5 YR 4/3, úmida) e bruno (7,5 YR 5/3, seca); franco-arenosa; fraca a moderada/pequena a média. blocos sub angulares. granular e grãos simples; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB – (17-39cm), Bruno-claro (7,5 YR 5/6, úmida). e Bruno-amarelado (7,5 YR 6/4, seca); franco-Arenosa; fraca a moderada/pequena a média. blocos sub angulares; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA – (39-63cm), Bruno-claro (7,5 YR 5/6, úmida); franco-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW1 – (63-100cm), Bruno-claro (7,5 YR 5/8, úmida); franco- argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW2 – (100-180⁺cm), Amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8, úmida).; franco-argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

RAÍZES: muito finas, comuns médias e poucas grossas nos horizontes A e AB; comuns finas e poucas médias no BA; comuns finas e raras médias no BW1; poucas finas no BW2.

OBSERVAÇÕES: Solo ligeiramente úmido ao longo do perfil com algumas partes secas nos horizontes A e AB; Presença de raízes em todo perfil; Área sob vegetação nativa, denominada de carrasco; Presença de pequena quantidade de minerais ferromagnéticos; A cor do solo é amarelo tendendo para vermelho amarelo; Solo, ligeiramente, mais arenoso que as demais áreas.

APÊNDICE C - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 2

PERFIL: P2 – Área sob vegetação nativa degradada-AD

DATA:04/04/2016

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Amarelo distrófico, A moderado, textura franco-arenosa, caatinga hipoxerófila com trechos de floresta caducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E ESTADO E COORDENADAS: Área experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, Área sob vegetação nativa degradada, Município de Araripina (PE), 7° 27' 52" S e 40° 25' 3" W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Topo plano de chapada, declive de 0-2% sob degradação

ALTITUDE: 830m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Arenitos da formação Exú

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produtos de alteração das rochas supracitadas

PEDREGOSIDADE: Ausente

ROCHOSIDADE: Ausente

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO Primária: carrasco

USO ATUAL: Sem uso

CLIMA: Bshw, da classificação de koppen

DESCRITO E COLETADO POR: ARAÚJO FILHO, J. C.; REZENDE, J. S.

APÊNDICE D – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 2

AP? – (0-14cm), bruno-escuro (7,5 YR 4/4, úmida) e bruno-amarelado (7,5 YR 6/4, seca); franco-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e grãos simples; ligeiramente dura a dura e macia; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB – (14-45cm), bruno (7,5 YR 5/4, úmida) e bruno-amarelado (7,5 YR 6/4, seca); franco-Arenosa; fraca a moderada/pequena a média. blocos sub angulares e grãos simples; ligeiramente dura a macia; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA – (45-75cm), bruno-claro (7,5 YR 5/6, úmida) e amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6, seca); franco-arenosa⁺; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura a macia; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW1 – (75-110cm), amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6, úmida) e amarelo avermelhado (7,5 YR 7/6, seca); franco- argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura a macia; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW2 – (110-180⁺cm), bruno-claro (7,5 YR 5/8, úmida) e amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8, seca); franco-argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura a macia; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

RAÍZES: Comuns finas, raras grossas e médias nos horizontes AP? e AB; poucas finas, raras médias no BA; raras finas e médias nos horizontes BW1 e BW2.

OBSERVAÇÕES: Área em processo de degradação visível pela presença de clareiras, onde não nasce vegetação ao longo de décadas; Presença de pequena quantidade de minerais ferromagnéticos; Presença de mosqueados pouco, grande e difusos; Presença de crosta de \pm 1cm, que causa impedimento de infiltração de água no solo; A chuva provocou separação da areia e argila entorno do local da trincheira; O solo se encontra totalmente seco no perfil, diferente das outras áreas.

APÊNDICE E - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 3

PERFIL: P3 – Área sob uso convencional - AUC

DATA:02/04/2016

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Amarelo distrófico, A moderado, textura franco-arenosa, caatinga hipoxerófila com trechos de floresta caducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E ESTADO E COORDENADAS: Área experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Área sob cultivo convencional (monocultivo de mandioca), município de Araripina, 7° 27' 40" S e 40° 25' 21" W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Topo plano de chapada, declive de 0-2% sob cultivo de mandioca.

ALTITUDE: 828m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Arenitos da formação Exú

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produtos de alteração das rochas supracitadas

PEDREGOSIDADE: Ausente

ROCHOSIDADE: Ausente

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO Primária: carrasco

USO ATUAL: Mandioca

CLIMA: Bshw, da classificação de koppen

DESCRITO E COLETADO POR: ARAÚJO FILHO, J. C.; REZENDE, J. S.

APÊNDICE F – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 3

AP – (0-17cm), bruno-escuro (7,5 YR 4/3, úmida); franco-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e granular; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB – (17-38cm), bruno-escuro (7,5 YR 4/4, úmida); franco-Arenosa; fraca a moderada/pequena a média. blocos sub angulares; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA – (38-65cm), bruno-claro (7,5 YR 5/6, úmida); franco-arenosa⁺; fraca/pequena a média. blocos sub angulares; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW1 – (65-110cm), bruno-claro (7,5 YR 5/8, úmida); franco- argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW2 – (110-180⁺cm), amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6, úmida); franco-argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

RAÍZES: Comuns finas no horizonte AP; poucas finas no AB, BA e BW1; raras finas no BW2.

OBSERVAÇÕES: Solo descrito no estado úmido; área sob cultivo de mandioca.

APÊNDICE G - DESCRIÇÃO GERAL PERFIL 4

PERFIL: P4 – Área sob uso agro-energético - AUA

DATA:02/04/2016

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Amarelo distrófico, A moderado, textura franco-arenosa, caatinga hipoxerófila com trechos de floresta caducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Área experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, área sob cultivo de eucalipto, município de Araripina, 7° 27' 40" S e 40° 24' 39" W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: topo plano de chapada, declive de 0-2% sob cultivo de eucalipto

ALTITUDE: 828m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Arenitos da formação Exú

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produtos de alteração das rochas supracitadas
PEDREGOSIDADE: AUSENTE

ROCHOSIDADE: Ausente

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO Primária: carrasco

USO ATUAL: Eucalipto

CLIMA: Bshw, da classificação de koppen

DESCRITO E COLETADO POR: ARAÚJO FILHO, J. C.; REZENDE, J. S.

APÊNDICE H – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA PERFIL 4

AP – (0-17cm), bruno-escuro (7,5 YR 4/3, úmida) e bruno (7,5 YR 5/4, seca); franco-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e granular; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB – (17-40cm), bruno-escuro (7,5 YR 4/6, úmida) e bruno (7,5 YR 5/4, seca); franco-Arenosa; fraca a moderada/pequena a média. blocos sub angulares; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA – (40-69cm), bruno-claro (7,5 YR 5/6, úmida); franco-arenosa⁺; fraca/pequena a média. blocos sub angulares; ligeiramente dura; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW1 – (69-115cm), bruno-claro (7,5 YR 5/8, úmida); franco- argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura a macia; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BW2 – (115-190⁺cm), amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8, úmida); franco-argilo-arenosa; fraca/pequena a média. blocos sub angulares e forte muito pequena granular; ligeiramente dura a macia; muito friável; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

RAÍZES: Comuns finas no horizonte AP; poucas finas e médias e raras grossas no AB; poucas finas, médias e grossas no BA; raras finas e médias no BW1; raras finas no BW2.

OBSERVAÇÕES: Solo ligeiramente úmido até 1m de profundidade; Solo sob cultivo de eucalipto; Presença marcante de raízes de Eucalipto até 1m de profundidade; Presença de pequena quantidade de minerais ferromagnéticos; Presença de cada orgânica que caracteriza o horizonte O.