



**COMPARTIMENTOS DE FÓSFORO ORGÂNICO E COMUNIDADE
MICROBIANA EM SOLOS APÓS A RETIRADA DA CAATINGA**

RAFAELA FELIX DA FRANÇA

GARANHUNS - PE
FEVEREIRO – 2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**COMPARTIMENTOS DE FÓSFORO ORGÂNICO E COMUNIDADE
MICROBIANA EM SOLOS APÓS A RETIRADA DA CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em PRODUÇÃO AGRÍCOLA da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em PRODUÇÃO AGRÍCOLA.

Área de Concentração: PRODUÇÃO AGRÍCOLA

RAFAELA FELIX DA FRANÇA

Orientador: GUSTAVO PEREIRA DUDA

Coorientadores: ÉRIKA VALENTE DE MEDEIROS

MARISE CONCEIÇÃO MARQUES

GARANHUNS - PE

FEVEREIRO – 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca **Ariano Suassuna**, Garanhuns - PE, Brasil

F814h França, Rafaela Felix da

Compartimentos de fósforo orgânico e comunidade
microbiana em solos após a retirada da Caatinga /
Rafaela Felix da França. - 2018.
71 f.:il.

Orientador: Gustavo Pereira Duda.

Co-orientadoras: Érika Valente de Medeiros, Marise
Conceição Marques.

Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola)
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós-Graduação em Produção Agrícola, Garanhuns,
BR - PE, 2018.

Inclui referências

1. Solos 2. Floresta 3. Caatinga I. Duda, Gustavo Pereira,
orient. II. Medeiros, Érika Valente de, co-orient. III. Marques,
Marise Conceição, co-orient. IV. Título

CDD 631.4

**COMPARTIMENTOS DE FÓSFORO ORGÂNICO E COMUNIDADE
MICROBIANA EM SOLOS APÓS A RETIRADA DA CAATINGA**

RAFAELA FELIX DA FRANÇA

Data da defesa:22/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dr. Gustavo Pereira Duda (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/UAG)

Dr^a. Priscila Vanubia Queiroz de Medeiros - Examinador Externo

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/UAG)

Dr. Diogo Paes da Costa – Examinador Externo

Universidade Federal Rural de Pernambuco – (UFRPE/ UAG)

AGRADECIMENTOS

Sempre achei essa a pior parte da dissertação para escrever, talvez porque a vida não se coloca em análise de regressão e não é pelo valor que descobrimos a significância das pessoas na nossa trajetória.

Primeiro de tudo, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Agradeço a minha mãe, que sempre me motivou, entendeu as minhas faltas, momentos de afastamento e reclusão e me mostrou o quanto era importante estudar, mesmo não tendo ela a mesma oportunidade no passado.

Agradeço as minhas amigas Rafa, Fabi e Daya, uma de mais longa data que compartilha comigo a vida, e as outras que não medem esforços para me ajudar e sempre que preciso de conforto me dizem a velha frase: “vai dar tudo certo”.

Aos colegas e companheiros de laboratório, principalmente a Renata e Henrique, os quais eu seria incapaz de traduzir em palavras o quanto foram importantes para a finalização deste trabalho.

Aos colegas Uemeson, Francisco e Erica que deram início a essa pesquisa da qual fiz parte.

Ao meu orientador Gustavo Duda, pela imensurável contribuição no desempenho deste trabalho, pela orientação, pela amizade, pela confiança e pelo incentivo que somou muito para minha formação.

As co-orientadoras Erika Valente e Marise Marques por toda ajuda na elaboração deste trabalho e por toda calma para tirar minhas dúvidas.

A UFRPE, por ter me acolhido nesses últimos dois anos, sentirei saudades.

A Capes e a Facepe pela concessão da bolsa e pelo financiamento do projeto de dissertação.

Ao curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola pelo apoio prestado.

A todos os funcionários da UFRPE, em especial ao seu Jair, Claudio, Camila e Flávio pelo bom dia encorajador.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e pelos bons momentos.

Muito Obrigada!

RESUMO GERAL

O bioma da Caatinga por se exclusivamente brasileiro deveria deter a atenção de pesquisadores e estudiosos quanto a sua preservação, porém este é negligenciado, o que o enquadrado em ser um dos biomas mais ameaçados de extinção tanto pelas ações antrópicas quanto pela sazonalidade climática. Nos últimos quinze anos cerca de 40.000 km² de caatinga se transformaram em áreas desertificadas, devido as ações antrópicas extrativistas e de conversão de áreas de floresta em áreas agricultadas. O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto dos sistemas de manejo e variação sazonal nas frações de fósforo no solo e na atividade e composição da microbiota em solo de caatinga. O estudo foi realizado em uma área de Caatinga, no município de Serra Talhada – PE na fazenda Buenos Aires. Foram realizadas três amostragens de solo, na camada de 0-5 cm com cinco repetições, sendo no período chuvoso em abril de 2014 (PC1), período seco em outubro de 2015 (PS) e período chuvoso em abril de 2016 (PC2), em áreas com diferentes históricos e manejos: área preservada com vegetação nativa da caatinga, três áreas de sucessão com angico, ipê e capoeira e uma área de cultivo agrícola com milho safrão. Foram avaliadas as diferentes frações de fósforo do solo, o fósforo da biomassa microbiana, respiração basal do solo com período de incubação de 64 dias e análise dos Perfis de Fosfolipídios (FAMEs). Os dados referentes as variáveis avaliadas foram submetidos a análise descritiva de medidas de tendência central (médias), acrescidos de medida de dispersão (desvio padrão). O fósforo orgânico lábil (Pol) se mostrou sensível as variações de umidade no solo. As frações de fósforo inorgânico total foram superiores ao fósforo orgânico total em todos os períodos avaliados e as variações relativas de fósforo orgânico total foram de 22 a 34, 8 a 54 e 11 a 31%, no PCI, PS e PCII, respectivamente. O P presente na biomassa microbiana do solo apresentou valores variáveis, atingindo seu ponto máximo de 32,2 mg kg⁻¹ na área de Capoeira em PS. A respiração do solo se mostrou pouco sensível ao tipo de manejo e a sazonalidade, porém os demais parâmetros como FAMEs demonstrou ser influenciado pelo tipo de manejo e sazonalidade no solo e a biomassa microbiana do solo foi predominantemente de bactérias, sendo afetada pelo pH e umidade do solo.

Palavras-chave: Floresta seca; fósforo orgânico; FAMEs; biomassa microbiana.

ABSTRACT

The Brazilian Caatinga biome should hold the attention of researchers on its preservation because of its singularity, but is constantly neglected, which made it be considered as one of the most endangered biomes due to both anthropic actions and climatic seasonality. In the last fifteen years the anthropic extractive actions and conversion of forest areas into agricultural areas have transformed about 40,000 km² of caatinga into desertified areas. The present study aimed to evaluate the impact of management systems and seasonal variation on the phosphorus fractions in the soil, activity and composition of microbial communities in the caatinga soil. The study was carried out in an area of Caatinga, in the municipality of Serra Talhada - PE at the Buenos Aires farm. In the rainy season, on April, 2014 (PC1), dry period on October 2015 (PS) and rainy season on April 2016 (PC2), three soil samples were taken in a depth of 0-5 cm with five replicates. in areas with different historical and management: preserved area with native vegetation of the caatinga, three areas of succession covered by angico, ipê and capoeira and an area of agricultural cultivation with dry maize. The analysis consisted on fractioning the soil phosphorus and the phosphorus presente in the microbial biomass, quantify soil basal respiration with an incubation period of 64 days and analysis of the Phospholipid Profiles (FAMEs). The data referring to the evaluated variables were submitted to a descriptive analysis of central tendency measures (means), plus dispersion measures (standard deviation). The labile organic phosphorus (Pol) was sensitive to variations in soil moisture. Total inorganic phosphorus fractions were higher than the total organic phosphorus in all evaluated periods and the relative changes in total organic phosphorus were 22 to 34, 8 to 54 and 11 to 31%, respectively, at the PCI, PS and PCII, respectively. The P present in the soil microbial biomass presented variable values, reaching its maximum point of 32.2 mg kg in the area of Capoeira at the PS. Soil respiration was slightly sensitive to the type of management and seasonality, but other parameters such as FAMEs, showed to be influenced by the soil management and seasonality, soil microbial biomass was composed predominantly of bacteria, being affected by soil pH and humidity.

Keywords: Dry forest; organic phosphorus; FAMEs; microbial biomass.

Lista de Figuras

Capítulo 1

Pág.

Figura 1 – Valores médios de precipitação e temperatura, Fonte: Estação automática (UFRPE/UAST). Valores médios de umidade relativa e radiação solar, Fonte: INMET ... 29

Figura 2 – Distribuição percentual das frações totais do fósforo (extração com $H_2SO_4 + NaOH$) em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE35

Figura 3 – Distribuição percentual das frações lábeis do fósforo (extração com $NaHCO_3$) em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE.37

Figura 4 - Variação sazonal do PBM ao longo de dois anos em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE40

Capítulo 2

Figura 1: Valores médios de precipitação e temperatura, Fonte: Estação automática (UFRPE/UAST). Valores médios de umidade relativa e radiação solar, Fonte: INMET ... 53

Figura 2. Carbono mineralizado acumulado ($C-CO_2$) no solo sob diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE (n=5). 58

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Pág.

Tabela 1 - Granulometria e classificação textural em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE	30
Tabela 2 - Densidade (g cm^3) e umidade (g g^{-1}) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE	30
Tabela 3 - Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE	31
Tabela 4 - Concentração de fósforo inorgânico lábil (P _{il}), fósforo orgânico lábil (P _{ol}) e fósforo total lábil (P _{tl}), um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE	36
Tabela 5 - Concentração de fósforo inorgânico (P _i), fósforo orgânico (P _o) e fósforo total (P _t) solúvel em meio ácido (H ⁺), em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE	38
Tabela 6 - Concentração de fósforo inorgânico (P _i), fósforo orgânico (P _o) e fósforo total (P _t) solúvel em meio básico (OH ⁻), em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE	39

Capítulo 2

Tabela 1 - Granulometria e classificação textural em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE	54
Tabela 2 - Densidade (g cm^3) e umidade (g g^{-1}) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE	54
Tabela 3 - Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE	54
Tabela 4. FAMEs (média \pm desvio padrão) (n=3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE.....	60
Tabela 5. Relação F/B (média \pm desvio padrão) (n=3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE	62
Tabela 6. Relação Gram+/Gram- (média \pm desvio padrão) (n=3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1. Bioma Caatinga	17
2. Microrganismos na Caatinga.....	18
3. Fósforo Orgânico no Solo	19
REFERERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPITULO I	24
RESUMO	25
ABSTRACT	26
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Área de estudo e amostras de solo.....	28
2.2 Análise de fósforo orgânico lábil (Pol).....	31
2.3 Fracionamento do fósforo orgânico total (Pot)	32
2.4 Fósforo microbiano	32
2.5 Análise descritiva	33
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	33
3.1. Características físico-químicas do solo	33
3.2 Fósforo orgânico lábil (Pol)	34
3.3 Frações de fósforo em meio ácido (H ⁺) e alcalino (OH ⁻)	36
3.4 Fósforo da biomassa microbiana (PBM).....	40
4. CONCLUSÃO	42
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	43
CAPITULO II	48
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1. Área de estudo e amostragem.....	52
2.2. Respiração microbiana do solo.....	55
2.3 Análise de perfis de ácidos graxos	55
2.4 Análise dos dados.....	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1 Respiração microbiana do solo.....	56
3.2 FAMES	60
3.3 Relação fungos/bactérias (F/B)	62

3.4 Bactérias Gram+/Gram- (G+/G-)	64
4. CONCLUSÃO	66
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro e um dos mais alterados pelas ações antrópicas nos últimos séculos. Ocupa 55% da região Nordeste, cerca de 844,453 Km² e com isso ele abrangendo 10 Estados brasileiros incluindo Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região Norte e central da Bahia e uma faixa estendendo-se em Minas Gerais seguindo o rio São Francisco (GARIGLIO et al., 2010). A sua vegetação é composta por espécies herbáceas, lenhosas e por cactos e bromélias. Uma das principais características desse tipo de vegetação é o xerofitismo e a caducifolia, bem como a sua grande heterogeneidade em relação as fitofisionomias e estruturas horizontais e verticais (SANTOS et al., 2017). Os estudos a respeito do bioma da Caatinga são recentes se comparado a outros, e poucos estudos sobre o uso da terra estão disponíveis (SCHULZ et al., 2017).

Ao longo dos anos, a ação antrópica vem acarretando mudanças nos ecossistemas com a substituição de áreas de florestas por lavouras e pastagens, e atividade agropecuária vem modificando a configuração dos solos (ALBUQUERQUE et al., 2001). A retirada da cobertura vegetal associada ao clima semiárido provoca grandes mudanças na dinâmica dos ciclos biogeoquímicos no solo, reduzindo seu potencial de produção pelas perdas de nutrientes e a degradação do solo (HOLANDA et al., 2015).

As precipitações no semiárido, de forma geral, variam entre 240 a 1.500 mm, porém a distribuição não é homogênea, com lugares chegando a 11 (ALVES, 2008). O regime anual é variável, sendo que 20% da precipitação anual pode ocorrer em apenas um dia e 60% em um mês e algumas regiões podem receber até 70% menos precipitações que a média anual, inviabilizando a agricultura (SAMPAIO et al., 1995).

O sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Santos et al., 2013) define os solos da Caatinga como sendo rasos porém, ricos em minerais e pobres em matéria orgânica e com isso retém pouca água e acumulam sob o solo material rochoso. Salcedo e Sampaio (2008) relataram que os solos de Caatinga possuem pouco nitrogênio acumulado na matéria orgânica pois a mineralização é rápida, principalmente na época chuvosa, sendo limitada a produção vegetal.

Os resíduos vegetais constituem a principal fonte de carbono orgânico (CO) para as populações microbianas do solo, o que poderá resultar na imobilização temporária do seu conteúdo de nitrogênio (N) e fósforo (P) nessa fração, reduzindo suas taxas de perda no solo (MILTNER et al., 2012).

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

Os solos brasileiros normalmente são pobres em fósforo devido ao material de origem e as interações deste elemento com o solo (SILVA et al., 2008). O fósforo é um elemento pouco móvel, pois fica adsorvido aos colóides do solo de forma que não ocorre perdas por percolação e também não ficam disponíveis para serem absorvidos pelas plantas, mas a erosão é a principal causa de perdas do fósforo contido na matéria orgânica e nas partículas coloidais do solo (CHINTALA et al., 2014).

O fósforo orgânico (PO) é a principal fonte de fósforo para a nutrição das plantas por intermédio da decomposição microbiana (LIANG et al., 2017). A partir do C dos resíduos vegetais, os microrganismos do solo adquirem a energia, e os nutrientes necessários à mineralização da matéria orgânica contida nesses resíduos ou à imobilização das frações minerais do solo (OLIVEIRA et al., 2014). A proporção de fósforo no solo depende também do grau de estabilidade dos compostos que são separados em frações lábeis e não lábeis, e esta divisão se resume ao fósforo que possui maior ou menor facilidade de repor a solução do solo mais rapidamente (BARBOSA et al., 2015).

A qualidade e produtividade dos ecossistemas estão ligados aos processos biogeoquímicos do solo como as transformações da matéria orgânica e outros componentes, e esses processos são dependentes da microbiota do solo. Sabe-se que no ambiente natural, os sistemas físico, químico e biológico vivem em equilíbrio e que qualquer alteração causada pelo homem vai interferir na dinâmica dos sistemas e levar a perdas de qualidade do solo (WILLIAMS et al., 2014).

A análise dos perfis de ácidos graxos é usada para estudar a estrutura das comunidades de microrganismos e se dá devido a alguns grupos microbianos possuírem tipos químicos que podem ser empregados como biomarcadores de grupos específicos (PACHECO, 2009). É possível também monitorar alterações nas populações de microrganismos específicos através dos biomarcadores taxonômicos (FERNANDES E CHAER, 2010).

O tipo de manejo do solo e o nível de sucessão ecológica de um ambiente, atrelados as remoções de P pelas culturas, as adubações fosfatadas, calagens e a adição de MOS podem alterar as transformações do P no solo. Afinal, a dinâmica da MOS e do P apresentam comportamentos distintos sob diferentes formas de manejo, podendo impactar a disponibilidade do P às plantas (CHACÓN et al., 2015).

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

Devido ao número inexpressivo de artigos que se debruçam sobre a melhor compreensão dos processos sazonais em florestas tropicais secas, e como os diferentes históricos de uso e manejo de áreas podem influenciar as diferentes frações de fósforo do solo e atividade microbiana, o presente trabalho busca relacionar tais fatores, a fim de contribuir com a construção do conhecimento acerca de sistemas inseridos em regiões semiáridas, sobretudo a Caatinga.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 1, p.121-125, 2001.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. In: **Caminhos de Geografia- revista on line**. Instituto de Geografia – UFU. Programa de Pós-graduação em Geografia., v.9, n.27, 2008. p.143-155.
- BARBOSA, N. C.; ARRUDA, E. M.; BROD, E. et al. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p.87-95, 2015
- CHACÓN, E. A. V.; SÁ MENDONÇA, E.; SILVA, R. R. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Ceres**, v. 58, n. 3, p. 373-383, 2015.
- CHINTALA, R.; SCHUMACHER, T.E.; McDONALD, L.M.; CLAY, D.E.; MALO, D.; PAPIERNIK, S.K. Phosphorus sorption and availability from biochars and soil/biochar mixtures. **Clean Soil Air Water**, 42: 626–634. 2014.
- FERNANDES, M.F. e CHAER, G. M. Análise de perfis de ácidos graxos como ferramenta para estudos em microbiologia do solo. **Embrapa tabuleiros Costeiros**. 37p. (Documentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010).
- GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, DF, 368 p. 2010.
- HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.
- LIANG, X.; MIAOMIAO HE, Y.J.; GUIFEN HUA, Y.L.; WANG, S.; TIAN, G. Composition of phosphorus species and phosphatase activities in a paddy soil treated with manure at varying rates, **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v 237, p 173-180. 2017.
- MILTNER, A.; BOMBACH, P.; SCHMIDT-BRÜCKEN, B. e KÄSTNER, M. SOM genesis: microbial biomass as a significant source. *Biogeochemistry*, 111(1-3), 41-55. 2012.
- OLIVEIRA, R. I.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F et al. Fósforo orgânico em horizontes diagnósticos superficiais de diferentes classes de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1411-1420, 2014.
- PACHECO, F.L.C. Identificação Bacteriana por Derivação de Ácidos Graxos. Dissertação (Mestrado), Programa de Pósgraduação em Fármaco e Medicamentos – Universidade de São Paulo, 168f., São Paulo, 2009.
- SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: **Metrópole**. p. 419-441, 2008.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; SANTOS, W. S. et al. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 203-211, 2017.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian Caatinga. In.: Bullock, S. H. Mooney; Medina, E. Seasonally dry tropical forests. **Cambrige University Press**. 1995.
- SILVA, R. D. N.; SENNA, T. O.; SÁ MENDONÇA, E. D. et al. Formas de fósforo em Luvissolo Crômico Órtico sob sistemas agroflorestais no município de Sobral-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, 2008.
- SCHULZ, C.; KOCH, R.; CIERJACKS, A.; KLEINSCHMIT, B. Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain – Analysis of pattern- process relationships with MODIS land cover products (2001–2012), **Journal of Arid Environments**, Volume 136, Pages 54-74. 2017.
- WILLIAMS, R. J.; HOWE, A.; HOFMOCKEL, K. S. Demonstrating microbial co-occurrence pattern analyses within and between ecosystems. *Frontiers in microbiology*, v. 5, p. 358, 2014.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Bioma Caatinga

Dentre os biomas brasileiros, o Ministério do Meio Ambiente considera a Caatinga como um dos maiores, abrangendo uma área de cerca de 844,453 km² (11% do território nacional e 70% da região Nordeste) e rico em biodiversidade endêmica (RIBEIRO et al., 2016). É o único bioma inteiramente brasileiro, cobrindo a maior parte dos estados da região Nordeste (Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Bahia) e parte do nordeste do estado de Minas Gerais (OLIVEIRA et al., 2012).

Caatinga é um nome de origem Tupi-Guarani que significa “floresta branca, mata branca” trazendo referência à vegetação típica do clima semiárido durante a estação seca. A caatinga também pode ser caracterizada como um mosaico de arbustos espinhosos e áreas de floresta sazonalmente secas (GALVÍNCIO et al., 2014).

O bioma da Caatinga por ser exclusivamente brasileiro deve deter a atenção de pesquisadores e estudiosos quanto a sua preservação, porém este é negligenciado, o que o enquadrrou como um dos biomas mais ameaçados de extinção, tanto pelas ações antrópicas quanto pela sazonalidade climática (SANTOS et al., 2011; BEUCHLE et al., 2015).

O clima da Caatinga é quente e seco com índices pluviométricos entre 250 a 900 mm anuais que são distribuídos em três ou quatro meses (estação chuvosa), o que dá ao bioma um aspecto desértico. Os solos são de dois tipos, conforme o relevo: as planícies têm solos do tipo latossolos, argilosos e minerais, com boa porosidade e fertilidade; e os planaltos apresentam solos arenosos, os quais são ácidos e pobres em nutrientes (ALVES, 2008).

A Caatinga apresenta uma conformação vegetal bem característica de regiões semiáridas – árvores e arbustos baixos, que geralmente perdem suas folhas no período seco, além de muitas cactáceas. O xerofitismo e caducifólia, características dessa vegetação, são componentes básicos da morfologia das espécies deste bioma (SANTOS et al., 2017).

A composição florística da Caatinga está sujeita a mudanças conforme as variações climáticas, a qualidade dos solos e o impacto das ações antrópicas em seus habitantes. Este bioma está inserido na região semiárida mais populosa do país com cerca de 27 milhões de brasileiros, o que acelera mais ainda a sua degradação (MAIA et al., 2017).

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

As ações antrópicas predatórias e extrativistas da população local como a retirada de hectares de florestas, introdução de fazendas destinadas a agropecuária e a introdução de lavouras, associadas com a sazonalidade da região, vêm acarretando transformações irreversíveis na Caatinga (MARENGO, 2011). Alves et al. (2008) relataram que nos últimos quinze anos cerca de 40.000 km² de Caatinga se transformaram em áreas desertificadas.

A sazonalidade da Caatinga também modifica a vegetação da região, esta está intimamente ligada ao clima e vice-versa, bem como também às variações no balanço hídrico e às temperaturas fora dos padrões, contribuindo com as mudanças não apenas nos limites do bioma como também com a sobrevivência dos organismos vivos dentro deste (CORDEIRO et al., 2008).

2. Microrganismos na Caatinga

A vegetação da Caatinga tem sofrido vários impactos resultantes das atividades antrópicas. O desmatamento, as substituições das áreas de florestas por atividades agrícolas e a pecuária são exemplos que, geralmente, não levam em consideração os impactos ambientais e o tempo de recuperação da vegetação e da microbiota do solo (ARAÚJO FILHO, 2013).

As florestas da Caatinga cobrem uma área correspondente ao tamanho da França e são caracterizadas por uma vegetação decídua que recobre o solo como uma estratégia fisiológica das plantas de preservarem a umidade dos solos. A retirada dessa vegetação compromete os estoques de biomassa vegetal que são fontes de carbono orgânico (CO) destinadas aos microrganismos do solo que, posteriormente, irão atuar na ciclagem de nutrientes, decomposição e preservação do solo (RUSSO et al., 2012).

A interação da microclimatologia com as comunidades de microrganismos do solo é essencial para se compreender como estes últimos são afetados em uma escala sazonal climática, porque a flutuação populacional, estabelecimento e manutenção da microfauna do solo estão diretamente ligados ao conforto climático (CHAPIN et al., 2002).

Elementos meteorológicos como temperatura, umidade, fluxo de calor no solo e a luminosidade são essenciais para o entendimento e a distribuição espacial dos microrganismos do solo nos ecossistemas (SOUTO et al., 2008; TORTORA et al., 2004). De acordo com Ruivo et al. (2002, 2007) e Rodrigues et al. (2011) existe influência das condições climáticas e pH do solo sobre a flora e as comunidades microbianas dos solos de

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. Caxiuana. Partindo deste princípio, deve-se levar em consideração estudos sobre as condições microclimáticas do solo, especialmente sobre a variação sazonal do balanço hídrico, da temperatura em vários níveis e do fluxo de calor e disponibilidade de água no solo.

A situação no semiárido nordestino não é diferente, o bioma da Caatinga apresenta uma sazonalidade climática que está diretamente ligada a sobrevivência dos organismos do solo (SOUSA et al., 2007). A exploração predatória da região, o mal uso do solo, devido a práticas agrícolas impensadas tem afetado a microfauna do solo (SOUSA et al., 2007). Além disso, a erosão causada por falta de biomassa vegetal tem causado a quebra e carreamento de partículas do solo, bem como lixiviação de nutrientes, matéria orgânica e microrganismos, empobrecendo cada vez mais os solos da Caatinga (SILVA et al., 2007).

3. Fósforo Orgânico no Solo

O fósforo (P) é um macro nutriente essencial ao crescimento e reprodução das plantas, sendo o principal responsável pelo armazenamento e transporte de energia na forma de ATP (MALAVOLTA, 2006). No entanto, quantitativamente, o P é um dos nutrientes menos exigido pelas plantas. Em contrapartida, é o que com maior frequência tem limitado a produção agrícola brasileira (OLIVEIRA et al., 2015).

A dinâmica do P no solo está diretamente associada às condições ambientais que regem as atividades dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfatos (H_2PO_4), como também às propriedades físico-químicas e mineralógicas dos solos (RHEINHEIMER et al., 2008). Sendo assim, é necessário que as reações do P sejam observadas ao longo do sistema solo-planta, uma vez que estas absorvem o P da solução do solo mas é na fase sólida que ocorre o fornecimento desse nutriente (NOVAIS et al., 2007) O P do solo pode ser subdividido em duas frações – P inorgânico e orgânico, dependendo da natureza do composto ao qual está ligado. O P inorgânico é separado em duas partes, o P dos minerais primários e o P adsorvido. Este é um componente indispensável na formação de diversos compostos e com diferentes graus de estabilidade (BARBOSA et al., 2015).

O fósforo inorgânico (P_i) corresponde a cerca de 15 a 80% do P disponível no solo para as plantas e deve ser levado em consideração quanto a sua biodisponibilidade e dinâmica. O fósforo orgânico (P_o) é proveniente dos restos da biomassa vegetal que permanece no solo, do tecido microbiano e decomposição, sendo os processos biológicos

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. os responsáveis pela dinâmica e disponibilidade dessa forma de P no solo (ZAIA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2014).

Áreas de florestas e campos nativos são autossuficientes quanto a necessidade de adição de P. Nesses sistemas, o P orgânico disponibiliza o P encontrado na forma lábil para as plantas por intermédio da decomposição de restos vegetais pelos microrganismos do solo através da mineralização. Segundo Gatiboni et al. (2007), a contribuição do fósforo orgânico (Po) para a nutrição das plantas é de 6% para solos que receberam adubação fosfatada e cerca de 43% para regiões nativas, sem influência da ação antrópica.

A disponibilidade de (Po) no solo está condicionada não apenas às características físico-químicas do solo, mas também à ação dos microrganismos e as condições climáticas que interferem na atividade microbiana (SILVA et al., 2008). Diante disso, o (Po) é de extrema importância para a nutrição mineral das plantas, pois aumenta a disponibilidade de P retido na forma inorgânica lábil, sendo ainda afetado pela mudança de cobertura vegetal de áreas de florestas nativas para áreas de lavoura e/ou pastagens (SILVA et al., 2008).

Os estudos abordando a disponibilidade de P, tanto nas formas orgânica quanto inorgânica, são desenvolvidos em regiões úmidas ou de clima temperado em que não se pode extrapolar os dados para as regiões tropicais secas. No semiárido nordestino, destacando o Bioma Caatinga, os estudos sobre a disponibilidade de P em suas formas orgânica e inorgânica são raros (ARAÚJO et al., 2004; SILVA et al., 2008).

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. In: **Caminhos de Geografia- revista on line**. Instituto de Geografia – UFU. Programa de Pós-graduação em Geografia., v.9, n.27, 2008. p.143-155.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Frações de fósforo após extrações sucessivas com resina e incubação, em Latossolos e Luvisolos do semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 259-268, 2004.

ARAÚJO FILHO, J. Manejo pastoril sustentável da caatinga. IICA, Brasília (Brasil) Projeto Dom Helder Câmara, Recife (Brasil) Projeto SEMEAR, Brasília (Brasil) Associação Brasileira de Agroecologia, Rio Grande do Sul (Brasil), 2013.

BARBOSA, N. C.; ARRUDA, E. M.; BROD, E. et al. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p.87-95, 2015.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.

CHAPIN, F. S.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A. Principles of terrestrial Ecosystem ecology. Nova York: Springer, 2002, 455 p.

CORDEIRO, S. A.; SOUZA, C. C.; MENDONZA, Z. M. S. H. Florestas Brasileiras e as Mudanças Climáticas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia**, v. 11, p. 1-20, 2008.

GALVÍNCIO, J. D.; SILVA, H. A.; POPESCU, S. S. Analysis of influence of evapotranspiration on rainfall in an atlantic forest using remote sensing data. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 17-33, 2014.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.31, n.4, p. 661-699, 2007.

MAIA, J. M.; de OLIVEIRA SOUSA, V. F.; de LIRA, E. H. A. e de LUCENA, A. M. A. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 41. 2017.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 2006. 631p.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas. Campina Grande – PB: Instituto Nacional do Semiárido – INSA, 2011.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 133-204.

OLIVEIRA, C. M. B.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. et al. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 413-419, 2015.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- OLIVEIRA, R. I.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F et al. Fósforo orgânico em horizontes diagnósticos superficiais de diferentes classes de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1411-1420, 2014.
- OLIVEIRA, S. D.; SILVA, V. D. P. R.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, M. T. SOUSA, E. P. Os Impactos das Alterações Climáticas na Cana-de-Açúcar Cultivada em Sistema de Sequeiro na Região Nordeste do Brasil (The Impacts of the Climate Changes on Sugar Cane Cultivated in Rainfed Systems in Northeastern of Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 5(1), 170-184. 2012.
- RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.2, p. 576-586, 2008.
- RODRIGUES, H. J. B.; SÁ, L. D. A.; RUIVO, M. D. L. P. et al. Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 629-638, 2011.
- RUIVO, M. D. L. P.; BARREIROS, J. A. P.; BONALDO, A. B. et al. LBA – Esecaflor artificilly induced drought in Caxuanã Reserve, East Amazonia: soil propriertes and litter spider fauna. **Earth Interections**, v.11, n.8, p.11-13, 2007.
- RUIVO, M. L. P.; PEREIRA, S. B.; BUSSETTI, E. P. C. et al. Propriedades do solo e fluxo de CO₂ em Caxuanã, Pará: experimento LBA-Esecaflor. Contribuições à geologia da amazônia, v. 3, p. 291-299, 2002.
- RUSSO A.; CARROZZA, G.P.; VETTORI, L. et al. 2012. Plant beneficial microbes and their application in plant biotechnology. In: **Innovations in Biotechnology**, Agbo EC (Editor).
- SANTOS, R. S. D., COSTA, L. C., SEDIYAMA, G. C. ET AL. Avaliação da relação seca/produktividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 313- 321, 2011.
- SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; SANTOS, W. S. et al. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 203-211, 2017.
- SILVA, R. D. N.; SENNA, T. O.; SÁ MENDONÇA, E. D. et al. Formas de fósforo em Luvissolo Crômico Órtico sob sistemas agroflorestais no município de Sobral-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, 2008.
- SILVA et al. Análise espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de café conilon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 335-342, 2007.
- SILVA, E. C., NOGUEIRA, R. J. M. C., DE AZEVEDO NETO et al. Aspectos ecofisiológicos em dez espécies em uma área de caatinga n. 48 Caracterização do Bioma Caatinga município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Revista Iheringia**, Série Botânica v. 59, p. 201-205, 2004.
- SOUSA, R. F. et al. Avaliação das classes de cobertura vegetal e mapeamento do uso atual dos solos no município de Itaporanga – PB. **Engenharia Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 80-88, 2007.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- SOUTO, P. C. et al. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 151-160, 2008.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiology: an introduction. E. Pearson, 8 ed., 2004.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Fósforo orgânico em solos sob agrossistemas de cacau. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1987-1995, 2008.

CAPITULO I¹

EFEITO DA SAZONALIDADE NAS FRAÇÕES DE FÓSFORO DO SOLO NO SEMÁRIO DE PERNAMBUCO

¹ A ser submetido para publicação.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

RESUMO

As concentrações de Fósforo orgânico (Po) e inorgânico (Pi) estão intrinsecamente associadas à fertilidade do solo, sendo de grande importância a compreensão das suas frações distintas para o manejo adequado do solo, principalmente devido a escassez de estudos em regiões tropicais secas. No presente estudo foram selecionadas cinco coberturas de solo (uma área de floresta nativa, uma cultivada com milho e três áreas de sucessão com ipê, capoeira e angico) e três períodos de avaliação (Abril de 2014, Outubro de 2015 e Abril de 2016) com a finalidade de fracionar e quantificar os diferentes compartimentos de fósforo presentes no solo, além do fósforo da biomassa microbiana, associando as variações na sazonalidade regional e com as mudanças relativas ao uso e manejo de cada área. As médias de fósforo orgânico lábil (Pol) representaram 9%, 11% e 17% do Pot respectivamente, sendo Pol mais sensível a sazonalidade. Houve predominância das frações de fósforo inorgânico Total (Pit) sobre as de fósforo orgânico Total (Pot) em todas as áreas e coletas, com exceção de milho sequeiro no período seco (PS) com concentração de 440,4 mg kg⁻¹, havendo grande variação de ambas as frações ao longo das épocas avaliadas. Apesar do aumento do fósforo da biomassa microbiana (PBM) na área de milho sequeiro, todas as demais áreas sofreram perdas parciais dessa fração no decorrer das coletas. Não obstante os resultados observados, é essencial que outros estudos sejam realizados com intuito de ampliar a compreensão do papel da sazonalidade na ciclagem e conteúdo de P em solos de Caatinga.

Palavras chave: Fósforo orgânico; floresta tropical seca; fósforo microbiano.

ABSTRACT

The concentration of organic (Po) and inorganic phosphorus (Pi) are intrinsically associated with soil fertility, being important the understanding of their distinct fractions for proper soil management, mainly due to the scarcity of studies in dry tropical regions. In the present study, five soil coverages (one area of native forest, one cultivated with corn and three areas of succession with ipê, capoeira and angico) and three evaluation periods (April 2014, October 2015 and April 2016) with the purpose of fractionating and quantifying the different compartments of phosphorus present in the soil, besides the phosphorus of the microbial biomass, associating the variations on the regional seasonality and with the changes relative to the use and management of each area. The mean values of labile organic phosphorus (Pol) represented 9%, 11% and 17% of Pot respectively, with Pol being more sensitive to seasonality. There was a predominance of Total inorganic phosphorus (Pit) fractions over Total organic phosphorus (Pot) in all areas and collections, except for dry maize on the dry period (PS) with a concentration of 440.4 mg kg⁻¹, of both fractions over the evaluated periods. Despite the increase in phosphorus of microbial biomass (PBM) in the dry corn area, all other areas suffered partial losses of this fraction during the collections. Notwithstanding the observed results, it is essential that other studies are carried out in order to increase the understanding of the role of seasonality in P cycling and content in Caatinga soils.

Keywords: Organic phosphorus; tropical dry forest; microbial phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

A importância do fósforo (P) na nutrição de plantas é bastante conhecida e discutida na literatura. Comumente, durante as avaliações da fertilidade do solo, os métodos utilizados enfocam apenas na fração do P inorgânico (Pi) como indiciador da disponibilidade deste nutriente para as plantas. Em contrapartida, pela falta de respostas de algumas culturas à adubação fosfatada ou alguns solos possuírem alto conteúdo de P orgânico (Po), a dinâmica do estudo do P nos solos tem sido reavaliada (ALMÂS et al., 2017; PANT, et al., 2017).

O fósforo orgânico (Po) é a principal fonte de fósforo para a nutrição das plantas por intermédio da decomposição microbiana (ZAIA et al., 2008). A partir da obtenção de CO dos resíduos vegetais, os microrganismos do solo adquirem energia para mineralizar compostos orgânicos contidos no solo ou a imobilizar estes compostos na forma mineral no solo (OLIVEIRA et al., 2014).

O tipo de manejo do solo adotado e o nível de sucessão ecológica de um ambiente atrelados às remoções de P pelas culturas, às adubações fosfatadas e às calagens e adições de MOS podem alterar as transformações do P no solo. Afinal, a dinâmica da MOS e do P apresentam comportamentos distintos sob diferentes formas de manejo, podendo impactar na disponibilidade do P para as plantas (CHACÓN et al., 2015).

Os impactos causados pelas ações antrópicas por intermédio da substituição de áreas de floresta por lavouras agrícolas têm causado mudanças tanto na cobertura vegetal como nas características dos solos (ALBUQUERQUE et al., 2001). No entanto, a variabilidade desta torna o seu uso como indicador de qualidade insuficiente para o embasamento científico, pois as mudanças a curto e longo prazo no ambiente do solo não são prontamente acompanhadas pela MO (NUNES et al., 2015).

Diferentemente da matéria orgânica, a biomassa microbiana do solo (BMS) é usada como um indicador mais sensível para avaliar os impactos das práticas de manejo no solo. Muito embora, o seu emprego rotineiro é caro, oneroso e laborioso. Assim sendo, outros métodos devem ser desenvolvidos para se avaliar os impactos causados no solo pelas formas de manejo aplicadas, bem como o impacto causado sob a perspectiva da microbiota do solo (HABIG e SWANEPOEL, 2015; QI et al., 2018).

No bioma Caatinga a introduções de lavouras agrícolas, da pecuária e de atividades silvícolas associadas à sazonalidade climática têm sido avaliadas por pesquisadores através

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

da dinâmica da disponibilidade de fósforo nos solos, levando-se em conta a rapidez, os baixos custos e a eficácia do método em comparação com os outros (MATA et al., 2015).

Os solos do semiárido nordestino são diversificados e apresentam diferentes estágios de intemperismo, ou seja, estes possuem diferentes quantidade de P total, P inorgânico e P orgânico. A dinâmica da disponibilidade desse nutriente é diretamente afetada pelo manejo empregado nesse bioma, a atividade microbiana e os efeitos da sazonalidade sobre os microrganismos do solo (IBRAIMO et al., 2004; HOLANDA et al., 2015)

Diante da escassez de estudos em áreas tropicais secas a respeito dos compartimentos de fósforo, esse trabalho objetivou relacionar variadas coberturas vegetais com a sazonalidade na região semiárida da Caatinga, bem como com os fatores que contribuem para alterações nos reservatórios das diferentes frações de fósforo no solo, tanto em suas concentrações como em seus variados compartimentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e amostras de solo

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada-PE (7°59'31'' S e 38°17'59''W, com altitude de 430 m), no sertão do Estado de Pernambuco.

Nesta área o clima predominante é o Bs semiárido e quente segundo classificação de Köppen, com chuvas entre dezembro e maio, período que concentra 85% das ocorrências. As temperaturas médias estão constantemente em torno de 26°C, com precipitações médias anuais de apenas 600 mm. Os dados climatológicos estão representados na Figura 1.

O estudo selecionou cinco áreas diferentes entre si de acordo com o histórico de uso, manejo e cobertura do solo, conforme descrição abaixo:

Cobertura com Caatinga (7°57'47''S, 38°23'01.5''W): Áreas com diversas espécies da flora catingueira. Utilizada para pastejo do gado.

- Cobertura com Angico (7°57'7.5''S, 38°23'56,1''W): Utilizada para o cultivo de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e palma (*Opuntia* spp.) até 1978. Atualmente coberta com angico (*Anadenanthera* sp.)
- Área com Capoeira (7°57'16.2''S, 38°23'45.4''W): Área com predominância de jurema branca (*Stipulacea piptadenia*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), ameixa

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

(*Eriobotrya japônica*), marmeleiro (*Croton sanderianus*), malva (*Waltheria indica*), Juá (*Zizyphus joazeiro*) e diversas fabáceas. Coberta com capoeira há 20 anos.

- Milho sequeiro (7°57'15.45"S, 38°23'49.1W): Área com caatinga até 1960, posteriormente utilizada para o cultivo de milho com manejo de preparo inicial do solo com aração e adubação com esterco de caprino. Permaneceu em pousio de 2011 a 2013, com retomada do cultivo de milho até a colheita da safra em 2014 e subsequente pousio nos períodos seguintes, devido a escassez de água para o cultivo.
- Cobertura com Ipê (7°57'10.1"S, 38°23'45.5"W): Cultivada com capim buffel (*Cenchrus ciliaries*) e algodão (*Gossypium hirsutum* L) desde 1998. Após esse período sofreu aração proporcionando a germinação de sementes de ipê quiescentes. Atualmente coberta com ipê.

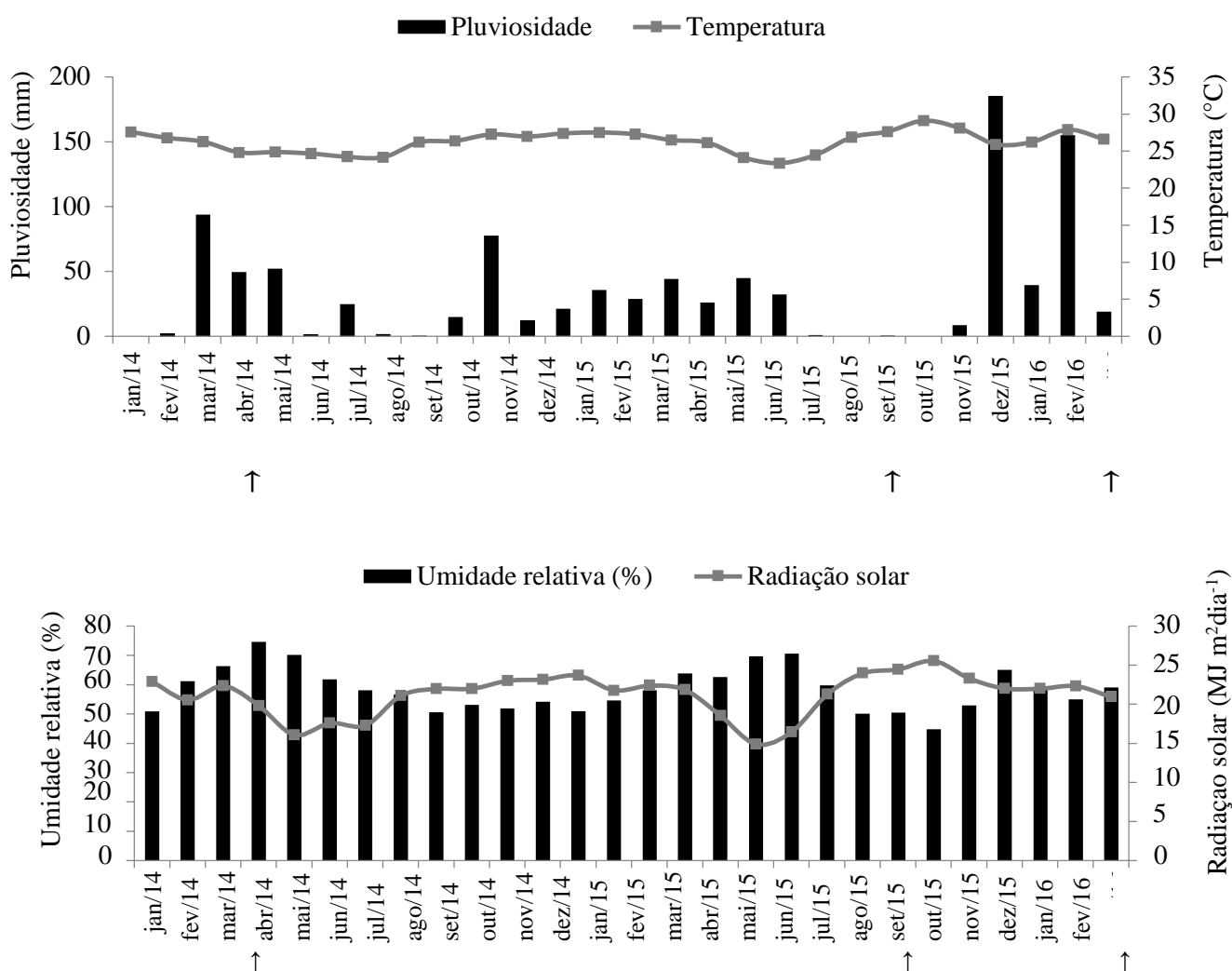


Figura 1: Valores médios de precipitação e temperatura (A), Fonte: Estação automática (UFRPE/UAST). Valores médios de umidade relativa e radiação solar, Fonte: INMET.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

Foram realizadas três amostragens, uma em abril de 2014 (período chuvoso I- PCI), outra em outubro de 2015 (período seco - PS) e a terceira em abril de 2016 (período chuvoso II - PCII), com cinco repetições na profundidade de 0-5 cm. Cada área de estudo foi delimitada em 100 m² (10x10m), sendo cada repetição distante de 10 m entre si.

O relevo é plano e o solo da área foi classificado como Luvissole Crômico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS), Embrapa (2013). Os atributos físico-químicos das áreas estão representados na Tabela 1, 2 e 3.

Tabela 1. Granulometria e classificação textural em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE.

Áreas	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura
Caatinga	58,97	25,38	15,63	Franco Arenosa
Angico	76,54	15,35	8,10	Franco Arenosa
Capoeira	68,53	17,92	13,54	Franco Arenosa
Ipê	59,80	24,92	15,27	Franco Arenosa
Milho Sequeiro	53,79	30,54	15,66	Franco Arenosa

Fonte: Lima, (2017).

Tabela 2. Densidade (g cm³) e umidade (g g⁻¹) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PCI		OS		PCII	
	Ds	Um	Ds	Um	Ds	Um
Caatinga	1,42	0,114	1,57	0,042	1,36	0,056
Angico	1,49	0,100	1,46	0,033	1,48	0,038
Capoeira	1,60	0,109	1,51	0,034	1,67	0,035
Ipê	1,33	0,117	1,25	0,043	1,30	0,086
Milho Sequeiro	1,52	0,122	1,42	0,047	1,49	0,039

Ds-densidade do solo; Um-umidade do solo; Fonte: Lima, (2016).

Tabela 3. Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	pH H ₂ O	P mg kg ⁻¹	Ca ²⁺	-----cmol _c kg ⁻¹ -----				SB	CTC	C g kg ⁻¹	C/N %
				Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H+Al				
PCI											
Caatinga	7,40	7,30	6,30	2,90	0,30	0,01	0,74	9,50	10,23	24,26	7,72
Angico	6,60	34,53	3,64	3,50	0,30	0,01	1,50	7,43	8,90	7,76	7,62
Capoeira	6,80	14,22	4,70	3,10	0,40	0,00	1,32	8,14	9,50	16,87	2,22
Ipê	6,92	30,30	5,70	3,70	0,42	0,02	1,40	9,8	11,20	15,77	2,19
Milho Sequeiro	7,20	21,81	6,02	4,80	0,50	0,11	1,02	11,40	12,40	15,09	10,83
OS											
Caatinga	7,67	30,13	8,26	3,03	1,26	0,28	1,65	12,84	14,5	24,29	9,45
Angico	6,70	90,44	6,58	2,51	1,92	0,32	3,40	11,34	14,7	22,05	12,57
Capoeira	7,02	35,95	4,55	2,41	0,71	0,15	0,96	7,83	8,79	13,97	7,15
Ipê	7,05	79,75	8,45	2,53	0,53	0,09	2,90	11,62	14,5	14,77	3,83
Milho Sequeiro	6,74	46,75	8,32	3,46	0,68	0,15	2,21	12,62	14,8	18,24	5,91
PCII											
Caatinga	7,29	34,62	10,07	2,10	0,66	0,13	2,09	12,96	15,0	31,56	3,49
Angico	6,25	105,82	6,57	1,99	0,59	0,12	1,63	9,28	11,0	19,57	2,3
Capoeira	6,85	28,53	5,40	1,95	0,60	0,22	1,33	8,19	9,83	9,91	4,23
Ipê	7,05	102,22	8,25	2,49	0,82	0,16	1,66	11,74	13,4	9,83	19,39
Milho Sequeiro	6,55	79,59	8,01	2,92	0,69	0,28	1,37	11,92	13,2	18,13	8,18

SB-Soma de bases; CTC- capacidade de troca catiônica. Fonte: Silva, 2017.

As amostras destinadas a análise da biomassa microbiana de fósforo foram imediatamente peneiradas (<2 mm) e acondicionadas em isopor com gelo para manter a temperatura de 4°C. Posteriormente, as amostras foram transportadas para o laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco e armazenadas em freezer a 4°C.

2.2 Análise de fósforo orgânico lábil (Pol)

O P orgânico lábil (Pol) foi obtido através da metodologia descrita por Bowman e Cole (1978), onde o extrato é obtido com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹) com pH corrigido para 8,5. Uma alíquota de 10 ml do extrato foi submetida a digestão com 1 ml de persulfato de sódio (Na₂S₂O₈ 0,4 mol L⁻¹) na presença de 0,2 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄), aquecidos por 60 min em bloco digestor a 121°C, para a obtenção do P total lábil (Ptl) (MÉTODO 365.3 da USEPA, 1978). Outra alíquota de 10 ml do extrato será usada para determinação do P inorgânico lábil (Pil) junto com 0,5 cm³ de

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. carvão ativo em pó previamente purificado com NaOH 0,5 mol L⁻¹. O Ptl e Pil foram determinados por colorimetria conforme metodologia de Braga e Defelipo (1974). A quantificação do Pol será obtida da diferença entre Ptl e Pil.

2.3 Fracionamento do fósforo orgânico total (Pot)

A fração lábil do Pot foi obtida segundo metodologia desenvolvida por Bowman (1989). Através da extração sequencial com ácido diluído e álcali, obteve-se o Pot solúvel em meio ácido (Pot H⁺) e o solúvel em meio alcalino (Pot OH⁻), segundo metodologia preconizada por Browman (1989) e adaptação sugerida por Guerra (1993). Para a obtenção do extrato ácido, pesou-se 1 g de solo em tubo de centrífuga de 50ml e adicionou-se 1,5ml de H₂SO₄, em seguida 23,5 ml de água destilada e centrifugou-se a 3500 rpm a 25 °C por 10 min. Filtrou-se o sobrenadante com papel de filtro lento e a clarificação e quantificação do PtH⁺ e PiH⁺ foram feitas como descrito anteriormente.

Para a obtenção do extrato alcalino, no mesmo tubo de centrífuga contendo o solo e o papel de filtro usados na extração ácida, adiciona-se 50 ml de NaOH 0,5 mol L⁻¹, e levou-se ao banho maria a 80 °C por 2 horas. Após esse período, resfriou-se o tubo em água corrente e centrifugou-se, filtrou-se e a determinação foi feita clarificando o Pi com carvão previamente purificado PiOH⁻ e PtOH⁻ por digestão conforme metodologia já citada anteriormente.

A quantificação do PotH⁺ foi obtida da diferença entre PtH⁺ e PiH⁺ e o PotOH⁻ da diferença entre PtOH⁻ e PiOH⁻.

2.4. Fósforo microbiano

O P microbiano foi obtido conforme metodologia de Broockes et al. (1982) e Mclaughlin et al. (1986) com modificação na relação solo:solução descrita por Guerra et al. (1995). Para a realização da análise, pesou-se em duplicata 10 g de solo as quais foram submetida a irradiação em microondas por um tempo previamente calculado. Em seguida foram adicionados 100 ml de NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ com pH corrigido para 8,5, agitadas por 30 min e em repouso por mais 30min e depois se procedeu a filtragem do extrato e digestão conforme o método 365.3 da Usepa (1978).

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

O cálculo de P foi obtido a partir das diferenças nas quantidades dos extratos irradiados e não irradiados, após as correções do teor de água das amostras sendo o solo previamente seco em estufa á 105 °C.

2.5 Análise descritiva

Os dados referentes as frações de fósforo e o fósforo da biomassa microbiana foram submetidos a análise descritiva por meio das medidas de tendência central (médias), acrescidos de medida de dispersão (desvio padrão).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Características físico-químicas do solo

As características relevantes do solo são mostradas na Tabela 2 e 3. O pH do solo variou de 6,6 a 7,4 no PCI, 6,7 a 7,6 no PS, 6,2 a 7,29 no PCII sugerindo que o solo estudado é levemente alcalino, o que significa que alguns compostos orgânicos de P são mais resistentes à degradação.

Tabela 3. Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	pH H ₂ O	P mg kg ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H+Al	SB	CTC	C	C/N
			-----cmol _c kg ⁻¹ -----						g kg ⁻¹	%	
PCI											
Caatinga	7,40	7,30	6,30	2,90	0,30	0,01	0,74	9,50	10,23	24,26	7,72
Angico	6,60	34,53	3,64	3,50	0,30	0,01	1,50	7,43	8,90	7,76	7,62
Capoeira	6,80	14,22	4,70	3,10	0,40	0,00	1,32	8,14	9,50	16,87	2,22
Ipê	6,92	30,30	5,70	3,70	0,42	0,02	1,40	9,8	11,20	15,77	2,19
Milho Sequeiro	7,20	21,81	6,02	4,80	0,50	0,11	1,02	11,40	12,40	15,09	10,83
PS											
Caatinga	7,67	30,13	8,26	3,03	1,26	0,28	1,65	12,84	14,5	24,29	9,45
Angico	6,70	90,44	6,58	2,51	1,92	0,32	3,40	11,34	14,7	22,05	12,57
Capoeira	7,02	35,95	4,55	2,41	0,71	0,15	0,96	7,83	8,79	13,97	7,15
Ipê	7,05	79,75	8,45	2,53	0,53	0,09	2,90	11,62	14,5	14,77	3,83
Milho Sequeiro	6,74	46,75	8,32	3,46	0,68	0,15	2,21	12,62	14,8	18,24	5,91
PCII											
Caatinga	7,29	34,62	10,07	2,10	0,66	0,13	2,09	12,96	15,0	31,56	3,49
Angico	6,25	105,82	6,57	1,99	0,59	0,12	1,63	9,28	11,0	19,57	2,3
Capoeira	6,85	28,53	5,40	1,95	0,60	0,22	1,33	8,19	9,83	9,91	4,23
Ipê	7,05	102,22	8,25	2,49	0,82	0,16	1,66	11,74	13,4	9,83	19,39
Milho Sequeiro	6,55	79,59	8,01	2,92	0,69	0,28	1,37	11,92	13,2	18,13	8,18

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

A umidade do solo variou de 10 a 12% no PCI, 3,3 a 4,7% no PS, 3,5 a 8,6% no PCII. A umidade era relativamente menor no PS e no PCII do que no PCI. O conteúdo de C teve um leve aumento no decorrer dos períodos avaliados, indo de 7,76 a 24,26 g kg⁻¹ no PCI, 3,97 a 24,29 g kg⁻¹ no PS e no PCII de 9,83 a 31,56 g kg⁻¹. O conteúdo de P total variou de 7,30 a 34,53 mg kg⁻¹ no PCI, 30,13 a 90,44 mg kg⁻¹ no PS e 28,53 a 105,82 mg kg⁻¹ no PCII.

Tabela 2. Densidade (g cm³) e umidade (g g⁻¹) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PCI		PS		PCII	
	Ds	Um	Ds	Um	Ds	Um
Caatinga	1,42	0,114	1,57	0,042	1,36	0,056
Angico	1,49	0,100	1,46	0,033	1,48	0,038
Capoeira	1,60	0,109	1,51	0,034	1,67	0,035
Ipê	1,33	0,117	1,25	0,043	1,30	0,086
Milho Sequeiro	1,52	0,122	1,42	0,047	1,49	0,039

O período de crescimento e acumulação de biomassa das plantas é no período das chuvas, então o conteúdo de fósforo no solo tende a diminuir, pois está sendo assimilado pelas raízes, por outro lado, existe um período de seca entre os dois períodos de chuva, o que explica a tendência de acumulação de P no decorrer dos dois anos de avaliação. Assim, mesmo as plantas assimilando P para a manutenção das atividades fisiológicas, o material vegetal depositado sobre o solo no PS resulta em um incremento orgânico a ser decomposto pela microbiota, aumentando o teor de P no solo e elevando os níveis de fósforo total na camada superficial (YE et al., 2014).

3.2 Fósforo orgânico lábil (Pol)

No PCI, nas áreas de caatinga, ipê e milho sequeiro mais de 50% do P lábil total ocorreu na forma orgânica, representando 79%, 65% e 50%, respectivamente (Figura 2). A disponibilidade do P para as plantas é controlada pelo equilíbrio entre o Pi da fase líquida e o Pi da fase sólida do solo (OLSEN e KHASAWNEH, 1980).

O predomínio do Po sobre o Pi lábil em solos com baixa disponibilidade de P implica dizer que a contribuição da fração orgânica pode ser subestimada dependendo do clima, da cobertura e do tipo de solo. Na maioria dos solos, o Po pode representar de 30 a 65% do P total e o teor de Po e Pi são fortemente influenciados pela textura, teor de matéria orgânica e manejo do solo (DODD e SHAEPLLEY, 2015).

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

Estudos de Nogueira et al. (2008) verificaram que não houve diferença na fração de Pol entre uma área de floresta nativa e uma com cultivo intensivo, onde o crescimento de plantas espontâneas na área cultivada pode ter facilitado a manutenção da matéria orgânica no solo. A adoção de práticas conservacionistas aumenta a agregação do solo e pode contribuir para o acúmulo de P orgânico, uma vez que a fração orgânica do solo está diretamente ligada a partículas de microagregados dentro dos macroagregados que proporcionam proteção física contra degradação (SLEUTEL et al., 2006).

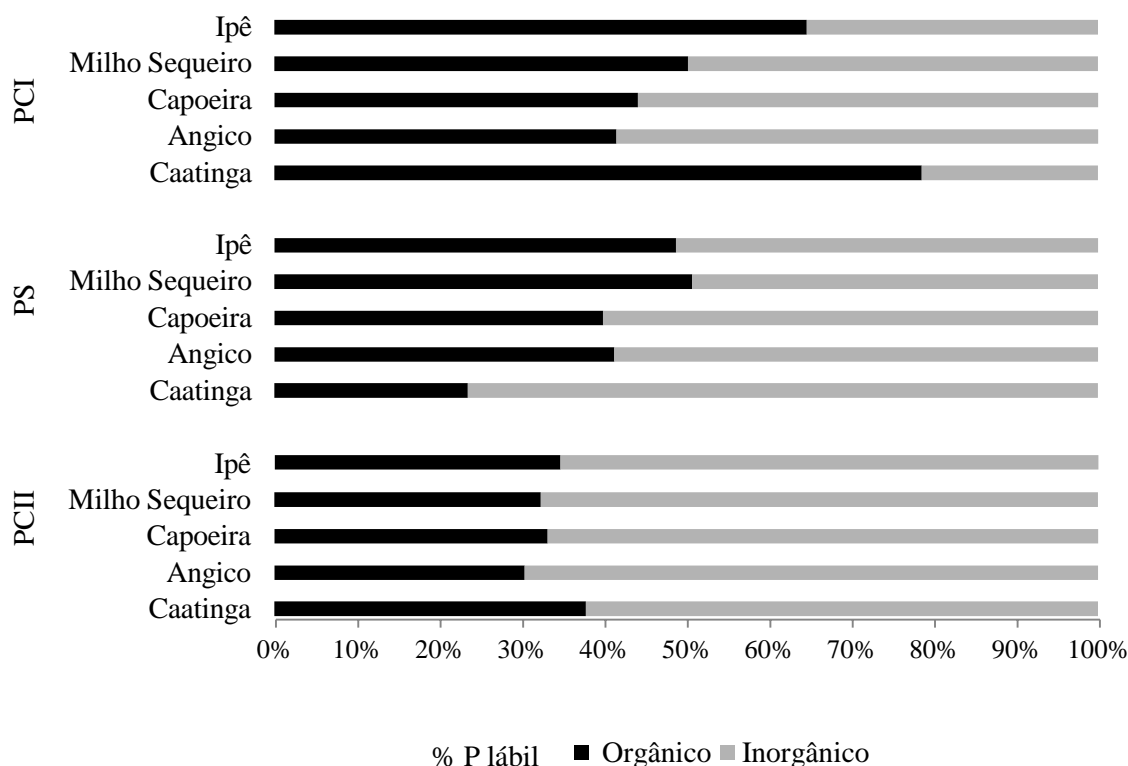


Figura 2. Distribuição percentual das frações lábeis do fósforo (extração com NaHCO_3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE.

No PS, a variação foi de 23% e 50% de Pol para as áreas de caatinga e milho sequeiro. Já no PCII a variação foi de 32% e 38% de Pol, para as áreas de milho sequeiro e caatinga.

O Pol, correspondeu a 9%, 11% e 17% do P_{tl} no PCI, PS e PCII respectivamente (Tabela 4). O Pol é constituído principalmente de fosfolipídios e ácidos nucleicos (STEFFENS et al., 2010) é facilmente degradado pois é afetado pelos processos abióticos como clima, processos biogeoquímicos e biológicos no solo (ZHU et al., 2017).

O P lábil sofreu influência da sazonalidade onde a distribuição percentual demonstrou o predomínio da fração inorgânica no PS e no PCII, com Pol representando em

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. média 41% e 34% e no PCI 56% do Ptl, podendo ser observado o declínio do teor de Pol em todas as áreas no período de dois anos de avaliação (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração de fósforo inorgânico lábil (Pil), fósforo orgânico lábil (Pol) e fósforo total lábil (Ptl), um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	Pil	Pol	Ptl	Pol/Ptl
PCI				
Caatinga	4,4 ± 2,8	16,2 ± 0,7	20,9 ± 3,1	0,8
Angico	15,2 ± 11,8	10,8 ± 2,0	26,1 ± 10	0,4
Capoeira	18,0 ± 6,7	14,2 ± 0,8	32,1 ± 6,7	0,4
Milho	14,9 ± 3,9	15,0 ± 2,8	27,4 ± 5,5	0,5
Ipê	15,8 ± 0,6	28,8 ± 2,5	45,4 ± 2,5	0,6
PS				
Caatinga	27,5 ± 1,6	8,4 ± 5,0	37,2 ± 5,6	0,2
Angico	20,9 ± 8,1	14,7 ± 3,3	35,5 ± 4,8	0,4
Capoeira	27,1 ± 8,7	17,9 ± 5,9	45,0 ± 2,8	0,4
Milho	20,5 ± 3,4	21,1 ± 1,7	41,5 ± 1,7	0,5
Ipê	21,2 ± 4,9	20,2 ± 2,8	44,1 ± 3,0	0,5
PCII				
Caatinga	13,3 ± 1,7	8,1 ± 1,7	20,9 ± 3,3	0,4
Angico	19,1 ± 1,0	8,3 ± 1,7	27,8 ± 1,8	0,3
Capoeira	15,5 ± 0,5	7,7 ± 0,2	23,5 ± 0,5	0,3
Milho	14,7 ± 1,8	7,1 ± 1,3	21,8 ± 3,1	0,3
Ipê	18,7 ± 3,5	9,9 ± 2,7	28,7 ± 0,9	0,3

O Pol pode ser liberado para a solução do solo através da biomassa microbiana após a lise celular como resultado de mudanças bruscas na sazonalidade (BLACKWELL et al., 2010), tornando o Pol disponível para as plantas através da mineralização (ZHU et al., 2017).

3.3 Frações de fósforo em meio ácido (H⁺) e alcalino (OH⁻)

As atribuições percentuais das frações orgânicas Po (H⁺ + OH⁻) e inorgânicas Pi (H⁺ + OH⁻) totais de P para todos os períodos avaliados encontram-se na Figura 1.

No PCI, nota-se o predomínio da fração inorgânica em todas as áreas, atingindo acima de 50% do P total. A fração orgânica variou de 23% a 34% nas áreas de milho sequeiro e capoeira, respectivamente.

A fração inorgânica também predomina no PS, exceto para a área de milho sequeiro onde 54% do P é orgânico e 8% na área de capoeira.

No PCII, a área com maior concentração de P orgânico foi caatinga com 31% e 11% o menor valor para a área de milho sequeiro.

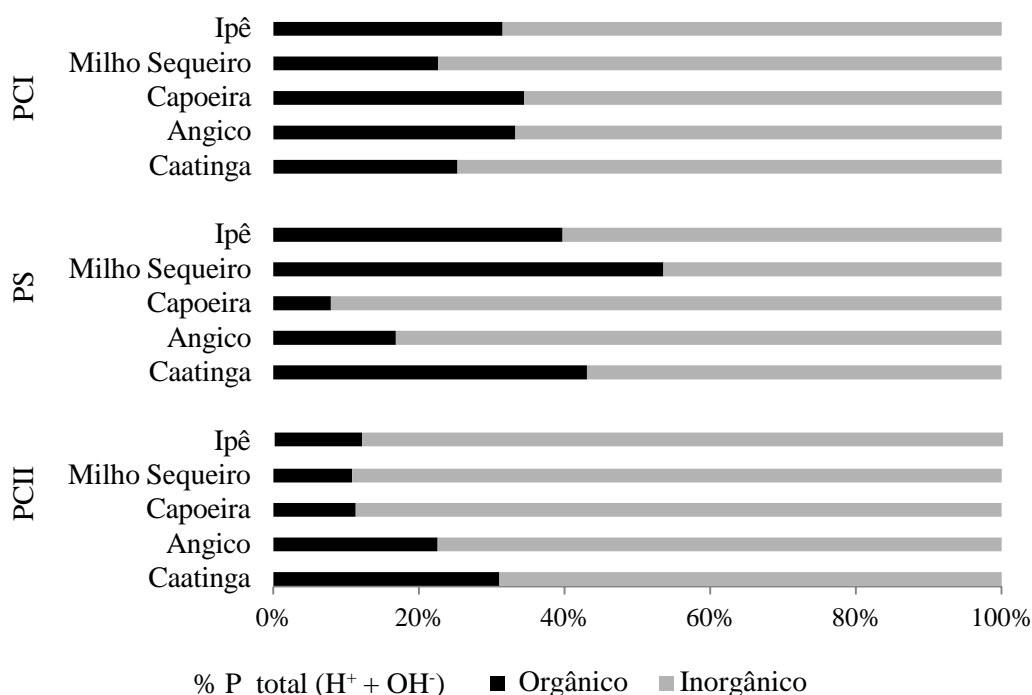


Figura 3. Distribuição percentual das frações totais do fósforo (extração com $H_2SO_4 + NaOH$) em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE.

O ciclo do fósforo no solo é regulado por processos biogeoquímicos onde a microbiota do solo se encontra em maior proporção nas camadas mais superficiais, onde existe maior densidade de raízes e concentração de matéria orgânica (ACHAT et al., 2012). Os solos de florestas, mesmo o solo possuindo baixas concentrações de P, são capazes de se manter produtivos devido a decomposição microbiana da matéria orgânica rica em P, que é depositado sobre o solo. A biomassa microbiana pode representar até 78% da biomassa total do P em solos de floresta e pode ser o principal responsável pela dinâmica desse nutriente no solo (ROSLING et al., 2016). Turner et al. (2003) descobriram que a biomassa microbiana do fósforo pode representar até 40% do P_o do solo.

A distribuição percentual do P total demonstrou o predomínio da fração inorgânica, com P_i representando em média 71, 68 e 82% do P total no PCI, PS e PCII, respectivamente. Percebe-se que os teores de P_i nos períodos chuvosos foram maiores, conseqüentemente os de P_o foram menores. Isso se deve provavelmente, ao aumento da precipitação, da biomassa das plantas, da atividade da microbiota e das transformações das formas orgânicas em frações inorgânicas (LEITE et al., 2016). Nos tecidos vegetais e animais encontra-se compostos orgânicos que através da decomposição microbiana

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. mineralizam Po e redistribuem as formas de Pi e Po entre os compartimentos lábeis e moderadamente lábeis, sem causar impacto no P disponível (KELLER et al., 2012). Esse comportamento geralmente é encontrado em solos tropicais evoluídos e é um indicativo de necessidade de manejo adequado para manter a fração orgânica no solo (CONDRON et al., 1990), ou seja, nesse estudo os valores de Po se encontram muito baixos, sofrendo influência do manejo do solo.

Esses valores médios de Pi são superiores aos encontrados em outros estudos, como por exemplo, Guerra et al. (1996) encontraram valores de 27% de Pi para 17 amostras de solo e Costa et al. (2017) encontraram 65,3% da contribuição média da fração de Pi para P total no solo.

A área de milho sequeiro teve predomínio da fração orgânica no período seco, esse comportamento se deve principalmente a adição de esterco caprino e restos da cultura que foram incorporados ao solo no final da safra no PCI, segundo Dodd e Sharpley (2015), a adição de esterco favorece a microbiota do solo aumentando sua atividade e consequentemente o acúmulo de P na biomassa.

Houve o predomínio do fósforo a partir do extrato em meio ácido quando comparado as frações obtidas em meio alcalino (tabela 5 e 6). A extração em meio ácido solubiliza formas do fósforo ligadas ao cálcio (NOVAIS e SMITH, 1999), característica típica dos Luvisolos, onde há a presença de feldspatos e biotita entre os minerais primários (MOTA, 1997).

Tabela 5. Concentração de fósforo inorgânico (Pi), fósforo orgânico (Po) e fósforo total (Pt) solúvel em meio ácido (H⁺), em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PiH ⁺	PoH ⁺	PtH ⁺	PoH ⁺ /PtH ⁺
	----- mg kg ⁻¹ -----			%
PCI				
Caatinga	158,0 ± 3,1	65,8 ± 2,3	223,9 ± 5,4	30
Angico	210,8 ± 31,7	98,0 ± 7,7	308,8 ± 35,4	30
Capoeira	289,8 ± 51,1	22,6 ± 10,0	312,4 ± 59,4	10
Milho Sequeiro	268,6 ± 69,2	40,4 ± 5,6	317,3 ± 70,6	10
Ipê	360,7 ± 59,4	160,2 ± 2,2	520,9 ± 57,5	30
PS				
Caatinga	153,6 ± 5,0	88,5 ± 6,1	242,1 ± 10,2	40
Angico	402,4 ± 34,8	37,7 ± 7,1	438,2 ± 41,7	10
Capoeira	293,9 ± 6,5	18,0 ± 3,4	311,9 ± 3,1	10
Milho Sequeiro	332,6 ± 5,0	294,1 ± 3,3	626,6 ± 2,2	50
Ipê	449,2 ± 15,9	355,9 ± 18,9	830,2 ± 16,6	40
PCII				
Caatinga	160,9 ± 31,5	96,6 ± 5,5	257,5 ± 26,0	40
Angico	295,6 ± 12,4	114,8 ± 1,9	410,4 ± 14,2	30
Capoeira	226,8 ± 43,9	41,3 ± 6,6	272,3 ± 41,6	20
Milho Sequeiro	366,9 ± 21,6	29,5 ± 4,2	392,4 ± 18,2	10
Ipê	492,7 ± 3,5	50,8 ± 5,3	543,4 ± 1,9	10

O PtH^+ foi de 223,9 e 520,9 $mg\ kg^{-1}$ no PCI, 242,1 e 830,2 $mg\ kg^{-1}$ no PS e 257,5 e 543,4 no PCII, para as áreas de caatinga e ipê, respectivamente. O fósforo total presente no solo depende das características do solo (material de origem), manejo da cultura e da vegetação (NOGUEIRA et al., 2008). O Po é uma importante reserva de Plábil para as plantas, pois o Po pode gradualmente garantir o fornecimento deste nutriente as plantas (GALVANI et al., 2004).

O $PoOH^-$ foi de 13,2 e 193,7 $mg\ kg^{-1}$ no PCI, 13,2 e 146,3 $mg\ kg^{-1}$ no PS e 9,7 e 54,1 $mg\ kg^{-1}$ no PCII (Tabela 6). Observa-se que houve um declínio de Po ao longo dos dois anos de avaliação para as áreas de ipê e milho sequeiro e um incremento nas áreas de caatinga, angico e capoeira. Esse aumento no teor de Po ao longo do tempo significa que essas áreas estão mantendo de forma eficiente os reservatórios de P em comparação com as outras áreas, que tiveram uma redução no compartimento de fósforo orgânico, o mesmo acontece com o C do solo para essas áreas, como já discutido anteriormente. Em caatinga e angico o C aumenta e nas demais áreas há uma redução da concentração de C no solo do primeiro para o último período (Tabela 3).

Tabela 6. Concentração de fósforo inorgânico (Pi), fósforo orgânico (Po) e fósforo total (Pt) solúvel em meio básico (OH⁻), em um solo com diferentes coberturas e históricos de uso em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PiOH ⁻	PoOH ⁻	PtOH ⁻	PoOH ⁻ /PtOH ⁻
	mg kg ⁻¹			%
PCI				
Caatinga	66,4 ± 23,9	13,2 ± 4,5	78,7 ± 22,9	20
Angico	67,5 ± 8,1	41,8 ± 13,0	108,7 ± 17,2	40
Capoeira	115,5 ± 4,1	193,7 ± 13,2	299,7 ± 13,8	60
Milho Sequeiro	68,4 ± 1,5	58,1 ± 16,7	109,7 ± 37,6	50
Ipê	82,1 ± 24,5	43,3 ± 13,2	112,2 ± 20,0	40
PS				
Caatinga	51,1 ± 12,1	66,4 ± 7,1	117,5 ± 5,7	60
Angico	64,8 ± 8,9	57,0 ± 4,9	124,3 ± 9,1	50
Capoeira	68,7 ± 4,3	13,2 ± 6,9	86,9 ± 5,0	20
Milho Sequeiro	49,1 ± 6,3	146,3 ± 14,1	179,4 ± 100,2	80
Ipê	117,9 ± 5,7	17,7 ± 2,9	140,1 ± 4,5	10
PCII				
Caatinga	157,6 ± 16,4	54,1 ± 9,4	197,2 ± 18,4	30
Angico	150,6 ± 1,0	15,2 ± 4,2	164,8 ± 3,8	10
Capoeira	173,6 ± 35,1	9,7 ± 1,0	177,3 ± 30,4	10
Milho Sequeiro	124,6 ± 4,5	30,1 ± 4,3	149,8 ± 7,2	20
Ipê	174,6 ± 7,6	40,1 ± 10,9	214,7 ± 17,5	20

O fósforo extraído em meio básico é ligado a cátions de Al e Fe e a baixa concentração de P determinado por essa extração é justificada pelo tipo de solo aqui

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. estudado, Luvisolo Crômico, caracterizado por apresentar baixa ou nula quantidade de alumínio (NOGUEIRA et al., 2008). A fração extraída por NaOH é moderadamente resistente a mineralização e em solos que não são fertilizados com adubo fosfatado, a fração orgânica contribui significativamente para o índice de biodisponibilidade do P com magnitude maior que o Pi, contribuindo de modo significativo com o reservatório de P nos solos com baixos teores desse elemento (ZHENG et al., 2002 e DUDA et al., 2013).

3.4. Fósforo microbiano

A concentração mínima e máxima de fósforo da biomassa microbiana no PCI foi de 1,2 e 23,6 mg kg⁻¹ para a área de milho sequeiro e ipê, respectivamente (Figura 4). No PS houve um incremento de biomassa para a maioria das áreas, com exceção de ipê, sendo 9,6 mg kg⁻¹ para caatinga e milho sequeiro e 32,4 mg kg⁻¹ para capoeira. Já no PCII, observa-se um decréscimo do PBM na maioria das áreas, exceto para milho sequeiro.

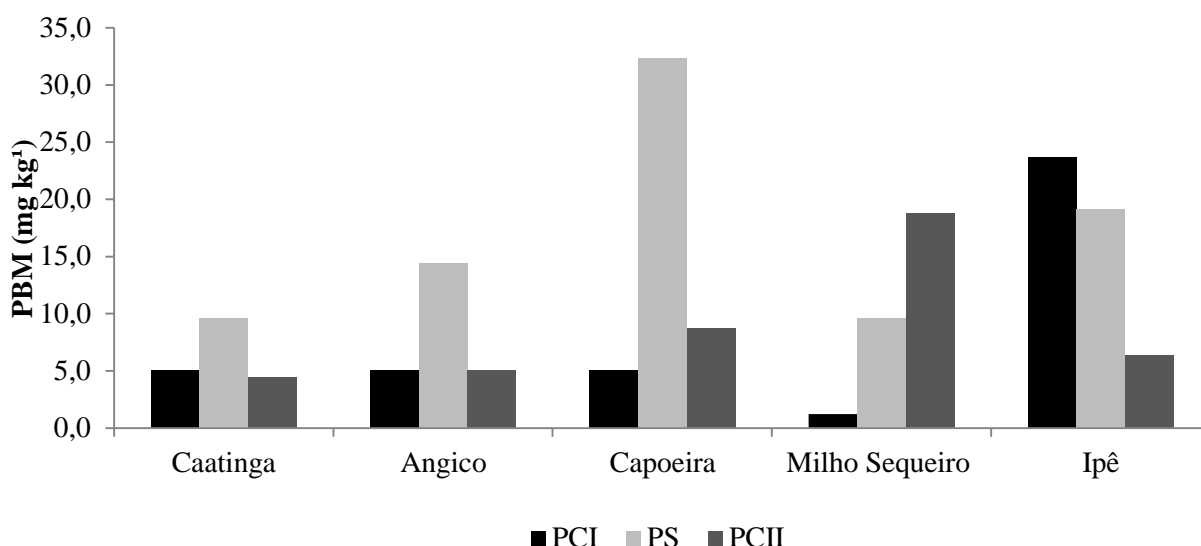


Figura 4. Variação sazonal do PBM ao longo de dois anos em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE.

Durante a estação seca, os resultados indicam um acúmulo de resíduos para a maioria das áreas, com exceção para ipê, que apresentou um leve decréscimo na biomassa do fósforo. Esse acúmulo pode ser devido a entrada de material vegetal no solo (perda de folhas) como estratégia para evitar o estresse hídrico (SOUZA et al., 2015) e com isso forma uma cobertura na superfície do solo conservando a umidade (Tabela 2) e minimizando os efeitos da temperatura.

Tabela 2. Densidade (g cm^3) e umidade (g g^{-1}) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PCI		PS		PCII	
	Ds	Um	Ds	Um	Ds	Um
Caatinga	1,42	0,114	1,57	0,042	1,36	0,056
Angico	1,49	0,100	1,46	0,033	1,48	0,038
Capoeira	1,60	0,109	1,51	0,034	1,67	0,035
Ipê	1,33	0,117	1,25	0,043	1,30	0,086
Milho Sequeiro	1,52	0,122	1,42	0,047	1,49	0,039

Esperava-se uma tendência diferente para a área com cultivo de milho, uma vez que a conversão de florestas em áreas agricultadas causa uma perda do fósforo microbiano (WANG et al., 2017), porém, o comportamento pode ser justificado devido ao incremento de esterco caprino combinado a restos culturais incorporados ao solo, favorecendo o aumento da atividade microbiana e conseqüentemente o ganho de biomassa. Maiores concentrações de P da biomassa implicam em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (DODD e SHARPLEY, 2015).

No que se refere à dinâmica sazonal, observou-se redução considerável no fósforo microbiano do PS para o PCII na maioria das áreas estudadas, à exceção a milho sequeiro. Certamente, as condições de baixa temperatura e umidade do solo elevada, proporcionadas pela precipitação, elevaram substancialmente a atividade microbiana, causando perdas do P acumulado pela microbiota (STEWART e SHARPLEY, 1987).

No geral, a área de caatinga teve valores baixos de fósforo microbiano Costa et al., (2014) também encontraram menores concentrações de P em solos com pastejo se comparado a áreas de sistemas de cultivo. Isso sugere que mesmo havendo maior saída de P no solo com o pastejo, não foi suficiente para esgotar o P na camada mais superficial do solo. Além do efeito do pastejo, existe também a deposição de esterco que influencia diretamente no ciclo do P e afeta a dinâmica da planta e a diversidade e atividade da microbiota do solo (DEISS et al., 2016). Além disso, a diversidade de plantas da área promove a exsudação de variados compostos orgânicos pelas raízes que são fontes de energia para os microrganismos do solo (MORAES et al., 2014).

4. CONCLUSÃO

Existe uma tendência de acumulação de fosforo inorgânico total em sua maioria na forma moderadamente resistente e na forma inorgânica lábil, demonstrando que essas são as frações predominantes nesse solo.

O conteúdo das frações orgânicas de P (total e lábil) variou amplamente dentro das diferentes coberturas do solo e entre os períodos.

A sazonalidade teve forte influência no fosforo microbiano, demonstrando sensibilidade nos períodos chuvosos, apresentando queda considerável.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHAT, D. L.; AUGUSTO, L.; GALLET-BUDYNEK, A.; and BAKKER, M. R.: Drying-induced changes in phosphorus status of soils with contrasting soil organic matter contents – Implications for laboratory approaches, *Geoderma*, 187–188, 41–48, 2012.

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 25, n. 1, p.121-125, 2001.

ALMÁS, Å. R.; SÆVARSSON, H. T.; KROGSTAD, T. The partitioning of P in soil determines the fluxes and deliveries of labile P in soil solution. *Geoderma*, v. 306, p. 135-143, 2017.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e planta. *Revista Ceres*, Viçosa, v.21, n.113, p.73-85, 1974.

BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S.; JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v14, p.319-328, 1982.

BOWMAN, R. A. A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. *Soil Science Society of America Journal*, Madson, v. 53, p. 362-366, 1989.

BOWMAN, R.A.; COLE, C.V. Transformations of organic phosphorus substrates in soils as evaluated by NaHCO₃ extracion. *Soil Science*, Baltimore, v.125, .49-54, 1978.

BLACKWELL, M. S. A.; BROOKES, P.C.; de la FUENTE-MARTINEZ,; GORDON, P.J.; MURRAY, K.E.; SNARS, J.K.; WILLIAMS, R. BOL, P.M. Haygarth, Chapter 1 - Phosphorus Solubilization and Potential Transfer to Surface Waters from the Soil Microbial Biomass Following Drying–Rewetting and Freezing–Thawing, Editor(s): DONALD L. SPARKS, *ADVANCES IN AGRONOMY*, ACADEMIC PRESS, VOLUME 106, 2010, PAGES 1-35.

BÜNEMANN, E.K.; OBERSON, F. A.; LIEBISCH, F. N.; KELLER, K.E. ANNAHEIM, O. HUGUENIN-ELIE, E. FROSSARD, Rapid microbial phosphorus immobilization dominates gross phosphorus fluxes in a grassland soil with low inorganic phosphorus availability, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 51, 2012, Pages 84-95.

BUSATO, J.G.; CANELLAS, L.P. e VELLOSO, A.C.X. Fósforo num Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. I - Fracionamento seqüencial. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:935-944, 2005.

CHACÓN, E. A. V.; SÁ MENDONÇA, E.; SILVA, R. R. Decomposição de fontes ORGÂNICAS E MINERALIZAÇÃO DE FORMAS DE NITROGÊNIO E FÓSFORO. *CERES*, V. 58, N. 3, P. 373-383, 2015.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- CONDON, L.M.; FROSSARD, E.; TIESSEN, H.; NEWMAN, R.H.; STEWART, J.W.B. Chemical nature of organic phosphorus in cultivated and uncultivated soils under different environmental conditions. *Journal of Soil Science*, v.41, p.41-50, 1990.
- COSTA, A. D. R.; SILVA JÚNIOR, M. L.; KERN, D. C.; RUIVO, M. D. L. P.; e MARICHAL, R. (2017). Forms of soil organic phosphorus at black earth sites in the Eastern Amazon. *Revista Ciência Agronômica*, 48(1), 1-12.
- DODD, R. J.; SHARPLEY, A. N. Recognizing the role of soil organic phosphorus in soil fertility and water quality. *Resources, Conservation and Recycling*, out. 2015.
- DEISS, L.; MORAES, A.; DIECKOW, J.; FRANZLUEBBERS, A. J.; GATIBONI, L. C.; SASSAKI, G. Z. Paulo C.F. Carvalho, Soil phosphorus compounds in integrated crop-livestock systems of subtropical Brazil, *Geoderma*, v 274, p 88-96. 2016.
- DUDA, G. P.; GUERRA, J.M.; PEREIRA, M. G.; dos ANJOS, L. H. C. e RIBEIRO, M. R. (2013). Avaliação da biodisponibilidade de fósforo em diferentes classes de solos do Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4).
- KIZEWSKI, A., e ILIES, M. A. (2012, May). Gold Nanoparticle mediated gene delivery via surface charge reversal with pyridinium amphiphiles. In *MOLECULAR THERAPY* (Vol. 20, pp. S251-S251). 75 VARICK ST, 9TH FLR, NEW YORK, NY 10013-1917 USA: NATURE PUBLISHING GROUP.
- KELLER, M.; OBERSON, A.; ANNAHEIM, K. E.; TAMBURINI, F.; MÄDER, P.; Mayer, J. BÜNEMANN, E. K. Phosphorus forms and enzymatic hydrolyzability of organic phosphorus in soils after 30 years of organic and conventional farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175, 385-393. 2012.
- GALVANI, R. (2004). Fracionamento de fósforo inorgânico no solo em função de fontes de fósforo na soja cultivada em semeadura direta. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*.
- GUERRA, J. G. M.; de ALMEIDA, D. L.; de ARAÚJO SANTOS, G., e FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(4), 291-299. 1996.
- GUERRA, J.G.M. Produção sazonal de *Brachiaria decumbens* Stapf. conteúdo de fósforo orgânico e microbiano em solos de baixa produtividade natural. *Seropédica: UFRRJ*, 1993. 234p. Tese Doutorado.
- HABIG, J.; SWANEPOEL, C. Effects of Conservation Agriculture and Fertilization on Soil Microbial Diversity and Activity. *Environments*, v.2, n.3, p. 358-384, 2015.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. *Revista Árvore*, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.
- IBRAIMO, M. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C. et al. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 4, p.695-799, 2004.
- LEITE, J. N. F.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L.B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, 51, 1880-1889. 2016.
- LIMA, F. F. Dinâmica sazonal do carbono orgânico em solos com diferentes históricos de uso no semiárido de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 50. 2017.
- HOFFMANN, A., de MORAES, E. H. B. K., Mousquer, C. J., Simioni, T. A., Gomer, F. J., Ferreira, V. B., & da Silva, H. M. (2014). Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. *Nativa*, 2(2), 119-130.
- McLAUGHLIN, M. J; ALSTON, A. M; MARTIN, J. K. Measurement of phosphorus in the soil microbial biomass: a modified procedure for field soil. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v. 18, p. 437-443. 1986.
- MATA, M. D. V. M.; HOELZEMANN, J. J.; NETO, E. R. S. et al. Emissões de CO₂ Provenientes do Uso e Mudanças no Uso da Terra no Bioma Caatinga no Nordeste Brasileiro. ***Revista Brasileira de Geografia Física***, v. 8, n. 1, p. 144-155, 2015.
- MOTA, S.. Introdução à Engenharia Ambiental. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- NUNES, D.; OLIVEIRA, R.; ZAIA, F. et al. Contribuição das frações lábeis de fósforo em solos de diferentes coberturas vegetais. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v. 1, n. 2, p. 8500-8507, 2015.
- NOGUEIRA, R. D. S.; OLIVEIRA, S.; T.; MENDONÇA, E. D. S. e ARAÚJO FILHO, J. A. (2008). Formas de fósforo em Luvisolo Crômico Órtico sob sistemas agroflorestais no município de Sobral-CE. *Revista Ciência Agronômica*, 39.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, R. I.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F et al. Fósforo orgânico em horizontes diagnósticos superficiais de diferentes classes de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 5, p. 1411-1420, 2014.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- OLSEN, S.R.; KHASAWNEH, F.E. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLES, E.C.; KAMPRATH, E.J. (Coords.). The role of phosphorus in agriculture. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p.361-410.
- PANT, P. K.; RAM, S.; MISHRA, A. Sequential extraction of different pools of phosphorus in alluvial and acid Soils of Uttarakhand. *Journal of Applied and Natural Science*, v. 9, n. 4, p. 2280-2284, 2017.
- QI, Y.; CHEN, T.; PU, J. et al. Response of soil physical, chemical and microbial biomass properties to land use changes in fixed desertified land. *Catena*, v. 160, p. 339-344, 2018.
- ROSLING, A.; MIDGLEY, M. G.; CHEEKE, T.; URBINA, H.; FRANSSON, P. e PHILLIPS, R. P. Phosphorus cycling in deciduous forest soil differs between stands dominated by ecto-and arbuscular mycorrhizal trees. *New Phytologist*, 209(3). 2016.
- STEWART, J.B. e SHARPLEY, A.N. **Controls on dynamics of soil and fertilizer phosphorus and sùlfur. 1987.**
- SLEUTEL, S.; DE NEVE, S.; HOFMAN, G. Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. *Soil Use and Management*, v. 19, n. 2, p. 166-171, 2006.
- STEFFENS, D.; LEPPIN, T.; LUSCHIN-EBENGREUTH, N.; MIN YANG, Z. and SCHUBERT, S. (2010), Organic soil phosphorus considerably contributes to plant nutrition but is neglected by routine soil-testing methods. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 173: 765–771.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013.
- SOUZA, L. S. B.; de MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C., & da Silva, T. G. F. (2015). Balanço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na Caatinga em condições de seca intensa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(8), 627-636.
- SILVA, E. O. Dinâmica do carbono e atividade enzimática do trópico semi-árido sob diferentes usos. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, p.100. 2017.
- WANG, J.; REN, C.; CHENG, H.; ZOU, Y.; BUGHIO, M.B.; LI, Q. Conversion of rainforest into agroforestry and monoculture plantation in China: Consequences for soil phosphorus forms and microbial community, *Science of The Total Environment*, Volume 595, 2017, Pages 769-778.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.
- TURNER, B. L.; MAHIEU, N.; CONDRON, L. M. Phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectral assignments of phosphorus compounds in soil NaOH-EDTA extracts. *Soil Science Society of America Journal*, v. 67, n. 2, p. 497-510, 2003.
- YE, Z.; SHEN, Y.; YE, X.; ZHANG, Z.; CHEN, S. e SHI, J. Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: Property of aggregates. *Journal of Environmental Sciences*, 26(5), 2014.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Fósforo orgânico em solos sob agrossistemas de cacau. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, n. 5, p. 1987-1995, 2008.
- ZHU, I.; QU B.; LI, M. Phosphorus mobilization in the Yeyahu Wetland: Phosphatase enzyme activities and organic phosphorus fractions in the rhizosphere soils, *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 124, Pages 304-313, 2017.
- ZHENG, Z., SIMARD, R. R., LAFOND, J., e PARENT, L. E. (2002). Pathways of soil phosphorus transformations after 8 years of cultivation under contrasting cropping practices. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 999-1007.

CAPITULO II²

EFEITOS DA SAZONALIDADE E DO USO DA TERRA SOBRE A ATIVIDADE E ESTRUTURA MICROBIANAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

² A ser submetido para publicação.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

RESUMO

Exclusivamente brasileiro, o bioma Caatinga além de ser pouco estudado se comparado a outros biomas, sofre com crescentes ações antrópicas de conversão da vegetação nativa para áreas de cultivo agrícola, levando ao desgaste do solo. No presente estudo foram selecionadas cinco coberturas do solo (uma área de floresta nativa, uma cultivada com milho e três áreas de sucessão com ipê, capoeira e angico) e três períodos de avaliação (2014, 2015 e 2016). O principal objetivo foi quantificar as emissões de CO₂ e medir a biomassa microbiana do solo através da análise de FAMEs num período de dois anos, e relacioná-las as mudanças no uso da terra e a sazonalidade da região. Observou-se que, a respiração do solo se mostrou pouco sensível a sazonalidade e as diferentes coberturas e manejo do solo até os 64 dias de avaliação, FAMEs obteve valores mais altos em áreas de floresta e mais baixos em áreas com monocultivo de milho, com predominância de bactérias em relação a fungos. No entanto, pouco se sabe sobre como os tipos de vegetação afetam a respirações do solo e a mineralização do carbono e esse estudo poderá ser usado como fonte de informação para a tomada de decisões na política ambiental da região e para análise de impactos de ação antrópicas no bioma da caatinga.

Palavras chave: CO₂, Caatinga, FAMEs.

ABSTRACT

Exclusively Brazilian, the Caatinga biome, besides being less studied compared to other humid tropical areas, suffers with increasing anthropic actions of conversion of native vegetation to areas of agricultural cultivation leading to soil erosion. In the present study, five coverages (one area of native forest, one cultivated with maize and three areas of succession) were selected, and three sampling periods (2014, 2015 e 2016). The main objective was to quantify CO₂ emissions, to measure soil microbial biomass through the analysis of FAMES and relate them to changes in land use and seasonality. The soil respiration was slightly sensitive to seasonality, different coverages and soil management until the 64 days of evaluation, FAMES shown its highest values in forest areas and lower values in the monoculture of maize with predominance of bacteria in relation to fungi. Is barely known how different vegetation can affect soil respiration and carbon mineralization, this study can provide a source of information for future decisions linked to environmental policy and analysis of anthropogenic impacts over the caatinga biome.

Keywords: CO₂, Caatinga, FAMES.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro e abrange uma área de 844, 453 km², correspondendo a 11% do território nacional (RIBEIRO et al., 2016) e constitui o chamado polígono das secas (AMANCIO ALVES et al., 2009). No entanto é o bioma menos estudado e com menos publicações internacionais de significância se comparado a biomas tropicais úmidos como Amazônia e Mata Atlântica (SANTOS et al., 2011). As florestas tropicais secas estão sujeitas a um dos mais elevados índices de desmatamento e degradação devido a sua fragilidade (MAGALHÃES, 2017) e apesar de sua singularidade, pouca atenção ainda é dada a este bioma (BEUCHLE et al., 2015).

O aumento da exploração agrícola do solo nos biomas brasileiros, principalmente na Caatinga, contribuí para a degradação dos recursos naturais, diminuição da vegetação nativa, diminuição do aporte de matéria orgânica do solo (MOS) e a conservação natural da fertilidade do solo (SOUSA et al., 2015). Este gargalo é ainda mais atenuado, devido a sazonalidade nesse bioma que é caracterizada por precipitações pluviométricas irregulares e alta evaporação que modificam a biomassa vegetal (SALGADO et al., 2015) e em detrimento da retirada da vegetação natural por intermédio do extrativismo e/ou implantação de lavouras agrícolas, dos longos períodos de estiagem resultando em perdas drásticas na biodiversidade, produtividade e aumentando os processos erosivos e o assoreamento (AMANCIO ALVES et al., 2009).

As mudanças climáticas e as mudanças na configuração dos biomas têm afetado indistintamente os organismos vivos do planeta, principalmente, aqueles encontrados nos solos (ARAÚJO et al., 2013). Os microrganismos do solo desempenham uma importante função na preservação e qualidade dos solos através da ciclagem dos nutrientes, decomposição e sustentabilidade do solo (RUSSO et al., 2012). Perturbações causadas em seu equilíbrio dinâmico entre os fatores bióticos e abióticos podem modificar rapidamente a população desses organismos no solo. A relação existente no solo entre fungos e bactérias determina o papel de cada microrganismo na dinâmica da MOS através da predominância, muito embora, a taxa de crescimento e a produção de biomassa é quem define a atuação destes no solo (BIRKHOFER et al, 2012).

Mesmo com a crescente incorporação de áreas florestais a áreas agrícolas, os efeitos na composição e diversidade (microbiana) ainda são pouco compreendidos (LAN et al., 2017). Verchot (2010) afirma que investigações do impacto do uso terra e da agricultura nas comunidades microbianas do solo representam um importante aspecto na

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

conservação de florestas, visto que existe a possibilidade de fenômenos ecológicos de larga escala influenciarem mudanças nos microrganismos do solo.

Tendo como principal motivação a ausência de estudos que associem o efeito da sazonalidade e diferentes coberturas vegetais na atividade microbiana em solos de área de Caatinga, o presente estudo propõe-se a analisar e descrever tais relações, a fim de contribuir na produção de conhecimento científico que proporcione o manejo adequado e auxilie na conservação da Caatinga.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e amostragem

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada-PE (7°59'31'' S e 38°17'59''W, com altitude de 430m), no sertão do estado de Pernambuco.

Nesta área o clima predominante é classificado conforme Köppen como Bs, semiárido e quente, com chuvas no período de dezembro a maio, período que concentra 85% das ocorrências. As temperaturas médias estão constantemente em torno de 26°C, com precipitações médias anuais de apenas 600 mm. Os dados climatológicos estão representados na Figura 1.

Foram selecionadas cinco áreas para estudo, diferentes entre si pelo histórico de uso, manejo e cobertura do solo conforme descritas abaixo:

- Cobertura com Caatinga (7°57'47''S, 38°23'01.5''W): Áreas com diversas espécies da fauna catingueira. Utilizada para pastejo do gado.
- Cobertura com Angico (7°57'7.5''S, 38°23'56,1''W): Utilizada para o cultivo de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e palma (*Opuntia* spp.) até 1978. Atualmente coberta com angico (*Anadenanthera* sp.)
- Área com Capoeira (7°57'16.2''S, 38°23'45.4''W): Área com predominância de jurema branca (*Stipulacea piptadenia*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), ameixa (*Eriobotrya japônica*), marmelo (*Croton sanderianus*), malva (*Waltheria indica*), Juá (*Zizyphus joazeiro*) e diversas plantas fabáceas. Coberta com capoeira há 20 anos.
- Milho sequeiro (7°57'15.45''S, 38°23'49.1''W): Área com caatinga até 1960, posteriormente utilizada para o cultivo de milho com manejo de preparo inicial do

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

solo com aração e adubação com esterco de caprino. Permaneceu em pousio de 2011 a 2013, com retomada do cultivo de milho até a colheita da safra em 2014 e subsequente pousio nos períodos seguintes, devido a escassez de água para o cultivo.

- Cobertura com Ipê ($7^{\circ}57'10.1''S$, $38^{\circ}23'45.5''W$): Cultivada com capim buffel (*Cenchrus ciliaris*) e algodão (*Gossypium hirsutum* L) desde 1998. Após esse período sofreu aração proporcionando a germinação de sementes de ipê quiescentes. Atualmente coberta com ipê.

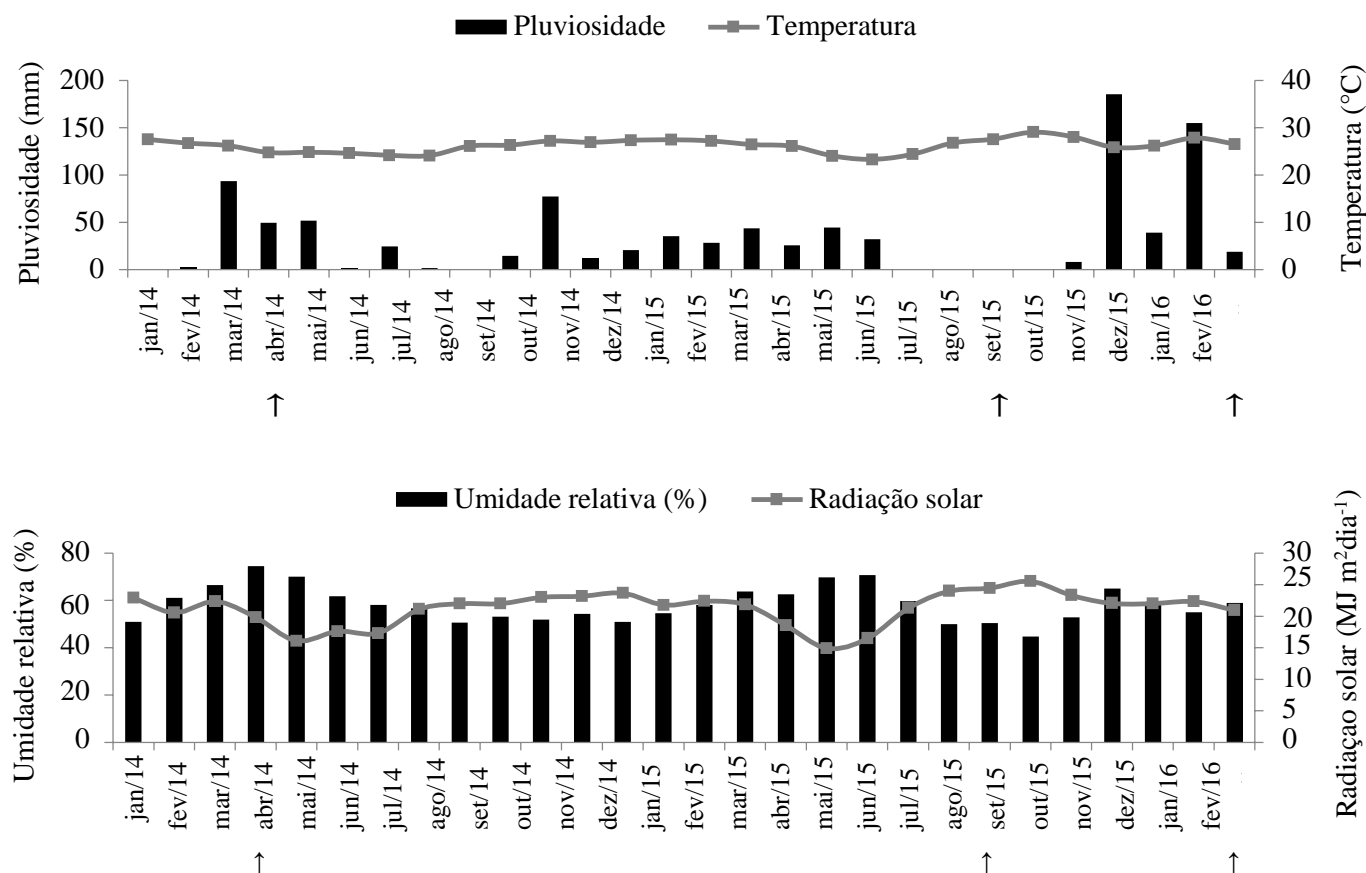


Figura 1: Valores médios de precipitação e temperatura, Fonte: Estação automática (UFRPE/UAST). Valores médios de umidade relativa e radiação solar, Fonte: INMET.

Foram realizadas três amostragens, uma em abril de 2014 (período chuvoso I- PCI), outra em outubro de 2015 (período seco - PS) e a terceira em abril de 2016 (período chuvoso II - PCII), com cinco repetições, na profundidade de 0-5 cm. Cada área de estudo foi delimitada em 100 m² (20x10m), sendo cada repetição distante de 10 m entre si.

O relevo é plano e o solo da área foi classificado como Luvissole Crômico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS), Embrapa (2013). A caracterização da área está expressa na Tabela 1, 2 e 3.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

Tabela 1. Granulometria e classificação textural em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura
0-5 cm				
Caatinga	59,0	25,4	15,6	Franco Arenosa
Angico	76,5	15,4	8,1	Franco Arenosa
Capoeira	68,5	17,9	13,5	Franco Arenosa
Milho Sequeiro	53,8	30,5	15,7	Franco Arenosa
Ipê	59,8	24,9	15,3	Franco Arenosa

Fonte: Lima, (2016).

Tabela 2. Densidade (g cm^3) e umidade (g g^{-1}) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PCI		PS		PCII	
	Ds	Um	Ds	Um	Ds	Um
Caatinga	1,42	0,114	1,57	0,042	1,36	0,056
Angico	1,49	0,100	1,46	0,033	1,48	0,038
Capoeira	1,60	0,109	1,51	0,034	1,67	0,035
Ipê	1,33	0,117	1,25	0,043	1,30	0,086
Milho Sequeiro	1,52	0,122	1,42	0,047	1,49	0,039

Ds-densidade do solo; Um-umidade do solo; Fonte: Lima, (2016).

Tabela 3. Atributos químicos em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	C	C/N
	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----Cmol _c dm ⁻³ -----								g Kg ⁻¹	
PCI												
0-5 cm												
Caatinga	7,4	7,3	6,3	2,9	0,3	0,0	0,0	0,7	9,5	10,2	24,26	7,72
Angico	6,6	34,5	3,6	3,5	0,3	0,0	0,1	1,5	7,4	8,9	7,76	7,64
Capoeira	6,8	14,2	4,7	3,1	0,4	0,0	0,0	1,3	8,1	9,5	16,87	2,22
Milho Sequeiro	7,2	21,8	6,0	4,8	0,5	0,1	0,0	1,0	11,4	12,4	15,77	2,19
Ipê	6,9	30,3	5,7	3,7	0,4	0,0	0,0	1,4	9,8	11,2	15,09	10,83
PS												
Caatinga	7,7	30,1	8,3	3,0	1,3	0,3	0,0	1,7	12,8	14,5	24,29	9,45
Angico	6,7	90,4	6,6	2,5	1,9	0,3	0,1	3,4	11,3	14,7	22,05	12,57
Capoeira	7,0	36,0	4,6	2,4	0,7	0,2	0,1	1,0	7,8	8,8	13,97	7,15
Milho Sequeiro	6,7	46,8	8,3	3,5	0,7	0,2	0,0	2,2	12,6	14,8	14,77	3,84
Ipê	7,1	79,8	8,5	2,5	0,5	0,1	0,0	2,9	11,6	14,5	18,24	5,91
PCII												
Caatinga	7,3	34,6	10,1	2,1	0,7	0,1	0,0	2,1	13,0	15,0	31,56	3,49
Angico	6,3	105,8	6,6	2,0	0,6	0,1	0,1	1,6	9,3	11,0	17,57	2,93
Capoeira	6,9	28,5	5,4	2,0	0,6	0,2	0,0	1,3	8,2	9,8	9,91	4,23
Milho Sequeiro	6,6	79,6	8,0	2,9	0,7	0,3	0,0	1,4	11,9	13,2	9,83	19,39
Ipê	7,1	102,2	8,3	2,5	0,8	0,2	0,0	1,7	11,7	13,4	18,13	8,18

SB-Soma de bases; CTC- capacidade de troca catiônica. Fonte: Silva, 2017.

As amostras destinadas a análise da estrutura da comunidade microbiana foram imediatamente peneiradas (<2 mm) e acondicionadas em isopor com gelo para manter a temperatura de 4°C e em seguida, armazenadas em frízer.

2.2. Respiração microbiana do solo

A respiração microbiana foi estimada pela determinação de CO₂ segundo metodologia de Mendonça e Matos (2005), adaptada por Loss et al. (2013). Utilizou-se frascos de 500 cm³ hermeticamente fechados, contendo 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol para captura do CO₂ e 30g de terra fina seca ao ar (TFSA) umedecido a 65% da capacidade de campo. Para quantificar o acúmulo de C-CO₂ (mg Kg⁻¹) foram realizadas avaliações a cada 24 horas após a incubação, por um período de 64 dias.

2.3 Análise de perfis de ácidos graxos

Os perfis de ácidos graxos foram extraídos e quantificados de acordo com metodologia descrita por Fernandes e Chaer (2010) adaptado do procedimento de Schutter e Dick (2000). Os lipídios de 8g de solo refrigerado foram extraídos a partir de uma solução de NaOH 0,2M preparada em metanol, logo após as amostras foram vortexadas por 15 seg e levadas ao banho maria por 1 hora a 37 °C. Cada amostra recebeu 3 mL de ácido acético 1M e 10 mL de hexano para promover partição das fases orgânica e aquosa. Recolheu-se a fase orgânica para um tubo de ensaio e procedeu-se a secagem do hexano a 37-40 °C sob N₂ ultrapuro. Os FAMES foram ressuspendidos em hexano e transferidos para um tubos de cromatografia âmbar e quantificados por cromatografia gasosa com espectrômetro de massa acoplados, cada amostra foi lida em triplicata.

A concentração de FAMES foi calculada usando padrões contendo os marcadores biológicos (Sigma Aldrich), dos quais foram descritos por Frostegard et al. (1996). Os números FAMES detectados no extrato do solo foram: i-C15:0, a-C15:0, i-C16:0, i-C17:0, para bactérias G+ (BLAUD et al., 2012); C12:0 2OH; C12:0 3 OH; C14:0 2 OH; C14:0 OH; C16:1(9)cis; C17:0 (9,10)cis; C16:0 2 OH; cisC19:0, para G- (MERILES et al., 2009; BLAUD et al., 2012); C18:2(9,12)cis; C18:1(9)cis, para fungos saprofiticos (BRADLEY et al., 2006); C14:0; C15:0; C16:0; C17:0; C18:0 não específicos (BLAUD et al., 2012).

2.4 Análise dos dados

Os dados referentes a respiração microbiana e da composição e atividade dos microrganismos no solo foram submetidos a análise descritiva de medidas de tendência central (médias), acrescidos de medida de dispersão (desvio padrão).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Respiração microbiana do solo

A respiração microbiana do solo para os três períodos avaliados apresentou comportamento semelhante quanto a liberação de CO₂ (Figura 2).

A maior taxa de respiração no PCI ocorreu nas primeiras 96 horas para todas as áreas estudadas, representando mais de 60% do C acumulado em todo o período de avaliação. O menor acúmulo foi para a área de milho safrão (61,05%) e o maior para caatinga (68,64%).

No PS, 60,61 % do C mineralizado na área de capoeira foi observado nas primeiras 96 horas e no mesmo período 65,81% de C acumulado para caatinga.

Já no PCII, a taxa de C mineralizável observado para milho safrão foi de 58,14% e ipê 64,70% até as 96 horas. Verificou-se que nas três coletas a respiração da microbiota do solo se estabilizou a partir de 240 horas (30 dias) e que não houve perdas de C acumulado até as 360 horas (64 dias), o que implica dizer que até os 64 dias de incubação, o teor de matéria orgânica no solo foi suficiente para manter a atividade da comunidade microbiana. O C de fácil mineralização é rapidamente consumido pelos microrganismos como fonte de energia para sintetizar enzimas que vão agir sobre a matéria orgânica do solo, com isso ocorre um pico seguido pela estabilização da respiração do solo conforme há uma redução do C mais facilmente decomposto (ZHANG et al., 2017). Deste modo, de 24 a 96 horas, a microbiota do solo mineralizou a fração menos resistente do C, enquanto que o mais resistente à decomposição foi metabolizado mais lentamente a partir das 96 horas (BIRGE et al., 2015). A área de milho safrão esteve em pousio de 2011 a 2013, teve uma safra em 2014 e permaneceu em repouso em 2015 e 2016. Essa área recebeu menos matéria orgânica se comparada as outras e o teor de C reduziu ao longo do período avaliado (Tabela 3), consequentemente a taxa de mineralização foi menor. Segundo Araújo et al. (2014) áreas antes cultivadas e que sofreram com perdas na biomassa microbiana, ao

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

serem reflorestadas podem restaurar a atividade microbiana e a longo prazo recuperar a biomassa perdida.

Tabela 3. Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	C	C/N
	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----Cmol _c dm ⁻³ -----								g Kg ⁻¹	
PC1												
0-5 cm												
Caatinga	7,4	7,3	6,3	2,9	0,3	0,0	0,0	0,7	9,5	10,2	24,26	7,72
Angico	6,6	34,5	3,6	3,5	0,3	0,0	0,1	1,5	7,4	8,9	7,76	7,64
Capoeira	6,8	14,2	4,7	3,1	0,4	0,0	0,0	1,3	8,1	9,5	16,87	2,22
Milho Sequeiro	7,2	21,8	6,0	4,8	0,5	0,1	0,0	1,0	11,4	12,4	15,77	2,19
Ipê	6,9	30,3	5,7	3,7	0,4	0,0	0,0	1,4	9,8	11,2	15,09	10,83
PS												
Caatinga	7,7	30,1	8,3	3,0	1,3	0,3	0,0	1,7	12,8	14,5	24,29	9,45
Angico	6,7	90,4	6,6	2,5	1,9	0,3	0,1	3,4	11,3	14,7	22,05	12,57
Capoeira	7,0	36,0	4,6	2,4	0,7	0,2	0,1	1,0	7,8	8,8	13,97	7,15
Milho Sequeiro	6,7	46,8	8,3	3,5	0,7	0,2	0,0	2,2	12,6	14,8	14,77	3,84
Ipê	7,1	79,8	8,5	2,5	0,5	0,1	0,0	2,9	11,6	14,5	18,24	5,91
PCII												
Caatinga	7,3	34,6	10,1	2,1	0,7	0,1	0,0	2,1	13,0	15,0	31,56	3,49
Angico	6,3	105,8	6,6	2,0	0,6	0,1	0,1	1,6	9,3	11,0	17,57	2,93
Capoeira	6,9	28,5	5,4	2,0	0,6	0,2	0,0	1,3	8,2	9,8	9,91	4,23
Milho Sequeiro	6,6	79,6	8,0	2,9	0,7	0,3	0,0	1,4	11,9	13,2	9,83	19,39
Ipê	7,1	102,2	8,3	2,5	0,8	0,2	0,0	1,7	11,7	13,4	18,13	8,18

A área de milho sequeiro esteve em pousio de 2011 a 2013, teve uma safra em 2014 e permaneceu em repouso em 2015 e 2016. Essa área recebeu menos matéria orgânica se comprada as outras e o teor de C reduziu ao longo do período avaliado (Tabela 3), consequentemente a taxa de mineralização foi menor. Segundo Araújo et al. (2014) áreas antes cultivadas e que sofreram com perdas na biomassa microbiana, ao serem reflorestadas podem restaurar a atividade microbiana e a longo prazo recuperar a biomassa perdida.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

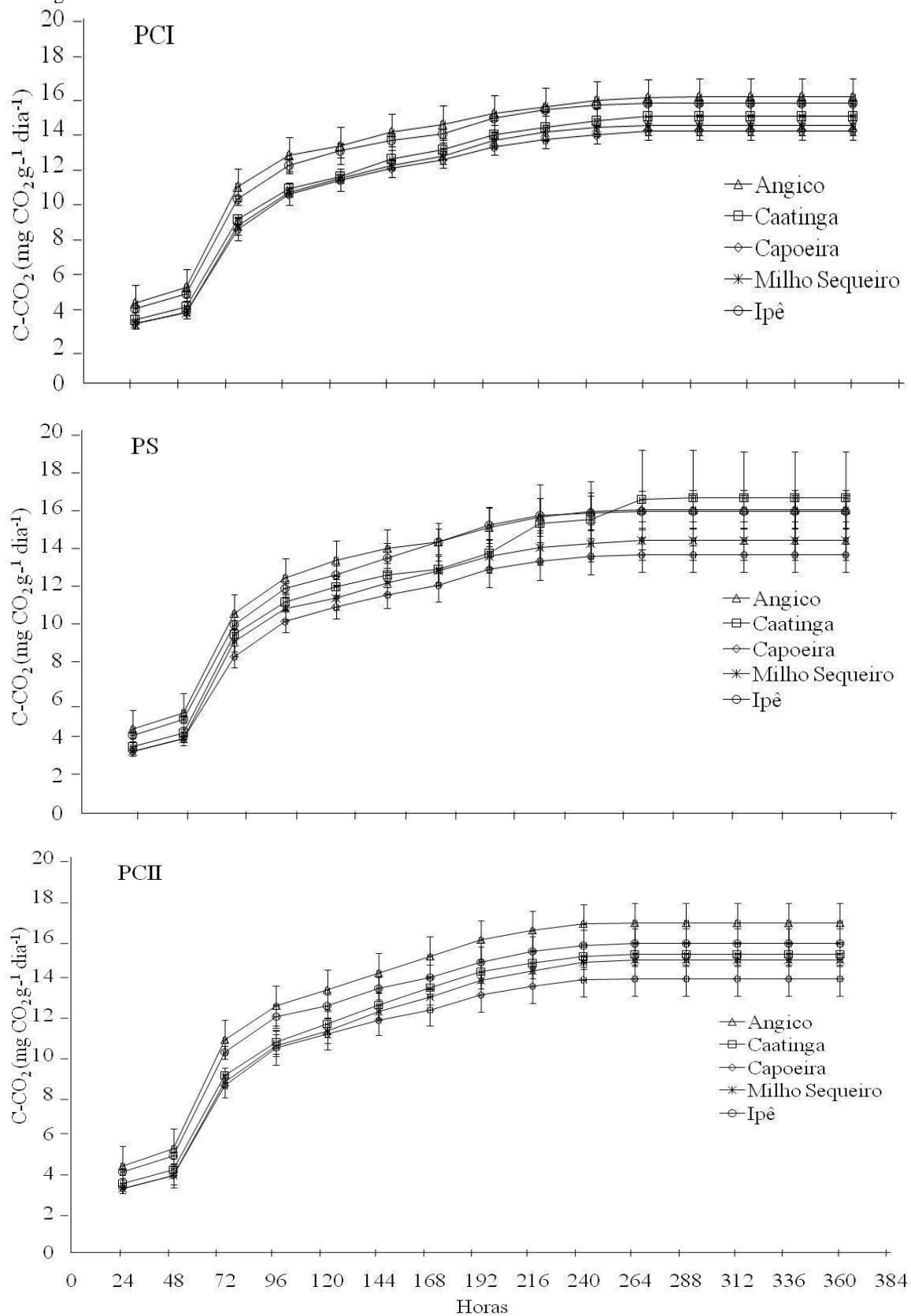


Figura 2. Carbono mineralizado acumulado (C-CO₂) no solo sob diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE (n=5).

As áreas de floresta tiveram uma taxa de respiração do solo um pouco mais elevada do que a área de milho sequeiro. Essas áreas possuem um aporte maior de matéria orgânica sobre o solo, uma vez que perdem suas folhas no período seco como estratégia a escassez de água e armazenam mais carbono do que qualquer outro ecossistema (ARAÚJO FILHO et al., 2018).

A temperatura do solo estimula a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos, e conseqüentemente aumenta a respiração do solo (MASUNGA et al., 2016) e além dela, o carbono e a umidade do solo são conhecidos por serem os motores principais da respiração microbiana, porém alguns estudos relataram que a influência da umidade no solo teve pouco efeito sobre a biomassa microbiana, mas foram altamente correlacionadas com a composição da comunidade microbiana do solo (SHI et al., 2017).

A mineralização do carbono no presente estudo não sofreu influência do tipo de uso, da umidade e nem da temperatura. Esse comportamento corrobora com os encontrados por Dequiedt et al. (2011) que constataram que as características do solo influenciam mais do que os efeitos climáticos para as comunidades microbianas. Não podemos atribuir definitivamente temperatura e umidade como responsáveis pelas mudanças na comunidade microbiana do solo, mas podemos dizer que esses dois parâmetros influenciam na produtividade das plantas e na acumulação de biomassa, resultando na acumulação de matéria orgânica no solo (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade (g cm^3) e umidade (g g^{-1}) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	PCI		PS		PCII	
	Ds	Um	Ds	Um	Ds	Um
Caatinga	1,42	0,114	1,57	0,042	1,36	0,056
Angico	1,49	0,100	1,46	0,033	1,48	0,038
Capoeira	1,60	0,109	1,51	0,034	1,67	0,035
Ipê	1,33	0,117	1,25	0,043	1,30	0,086
Milho Sequeiro	1,52	0,122	1,42	0,047	1,49	0,039

Outros estudos precisam esclarecer os efeitos desses parâmetros sobre a abundância e a riqueza da comunidade microbiana.

3.2 FAMES

A concentração de FAMES no PCI foi de 117,27 e 506,23 mg kg⁻¹ para a área de milho sequeiro e caatinga, respectivamente (Tabela 4). Percebe-se que existe a predominância de organismos não específicos nesse período e que a maior concentração de biomassa microbiana está presente na caatinga. Esse comportamento deve-se ao fato de que as propriedades do solo como temperatura, umidade e aeração, em floresta nativa, são mais estáveis, favorecendo o desenvolvimento da comunidade microbiana devido ao mínimo de intervenção antrópica (GEISSELER e SCOW, 2014).

Tabela 4. FAMES (média ± desvio padrão) (n=3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	Fungos	Bactérias	Não específico	Total (mg kg ⁻¹)
PCI				
Caatinga	64,02 ± 4,18	205,73 ± 52,20	236,48 ± 177,58	506,26
Angico	47,80 ± 0,30	93,53 ± 25,72	89,19 ± 4,68	230,53
Capoeira	50,94 ± 0,08	60,48 ± 0,71	119,05 ± 3,61	230,47
Milho Sequeiro	24,10 ± 0,11	38,18 ± 4,66	54,99 ± 1,76	117,27
Ipê	64,37 ± 0,65	91,10 ± 20,53	100,99 ± 1,05	256,46
PS				
Caatinga	77,46 ± 2,79	79,47 ± 4,44	104,20 ± 31,50	261,13
Angico	126,31 ± 4,56	185,94 ± 7,80	147,38 ± 13,71	459,63
Capoeira	81,69 ± 0,88	117,22 ± 1,80	94,04 ± 101,13	281,18
Milho Sequeiro	40,30 ± 16,32	77,14 ± 16,96	82,27 ± 5,77	199,71
Ipê	129,65 ± 2,36	124,91 ± 29,95	130,99 ± 7,59	385,55
PCII				
Caatinga	182,29 ± 4,14	177,59 ± 54,10	173,45 ± 18,33	533,33
Angico	193,57 ± 6,54	282,39 ± 32,45	213,51 ± 36,64	689,47
Capoeira	52,90 ± 0,21	37,99 ± 0,22	76,67 ± 1,52	167,56
Milho Sequeiro	24,00 ± 0,90	50,08 ± 7,00	57,04 ± 19,95	131,12
Ipê	42,25 ± 0,25	86,54 ± 9,09	73,54 ± 1,72	202,33

No PS, a faixa de FAMES foi de 199,71 a 459,63 mg kg⁻¹ para as áreas de milho sequeiro e angico, respectivamente. Zhang et al. (2016) descreveram que a concentração de fungos e bactérias está relacionada a disponibilidade de C e N, além do manejo do solo, tendendo a manter maior atividade em áreas de floresta do que áreas cultivadas. Esse comportamento também é observado nesse estudo, onde os microrganismos se encontram em maior proporção em áreas com cobertura de angico e ipê, sendo a área com milho sequeiro a de menor concentração da comunidade microbiana.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

O carbono do solo está ligado diretamente aos organismos e estes são afetados de forma diferente quanto a mudanças na comunidade de plantas e no manejo do solo (DENG et al., 2016). Por exemplo, o manejo do solo e a sucessão de culturas podem alterar o pH, umidade e temperatura (MUELLER et al., 2012) e isso causara mudanças na biomassa, na atividade microbiana (TISCHER et al., 2017) e na respiração dos microrganismos (ARIAS-NAVARRO et al., 2017). O C do solo do presente estudo (Tabela 3) para a área de milho sequeiro cai de 15,77 para 9,83 mg kg⁻¹ do PCI para o PCII sofrendo ação direta do manejo, enquanto que na área de caatinga ocorre um aumento na concentração de C passando de 24,26 para 31,56 mg kg⁻¹ no período de dois anos de avaliação.

Tabela 3. Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	C	C/N
	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----Cmol _c dm ⁻³ -----								g Kg ⁻¹	
PCI												
0-5 cm												
Caatinga	7,4	7,3	6,3	2,9	0,3	0,0	0,0	0,7	9,5	10,2	24,26	7,72
Angico	6,6	34,5	3,6	3,5	0,3	0,0	0,1	1,5	7,4	8,9	7,76	7,64
Capoeira	6,8	14,2	4,7	3,1	0,4	0,0	0,0	1,3	8,1	9,5	16,87	2,22
Milho Sequeiro	7,2	21,8	6,0	4,8	0,5	0,1	0,0	1,0	11,4	12,4	15,77	2,19
Ipê	6,9	30,3	5,7	3,7	0,4	0,0	0,0	1,4	9,8	11,2	15,09	10,83
PS												
Caatinga	7,7	30,1	8,3	3,0	1,3	0,3	0,0	1,7	12,8	14,5	24,29	9,45
Angico	6,7	90,4	6,6	2,5	1,9	0,3	0,1	3,4	11,3	14,7	22,05	12,57
Capoeira	7,0	36,0	4,6	2,4	0,7	0,2	0,1	1,0	7,8	8,8	13,97	7,15
Milho Sequeiro	6,7	46,8	8,3	3,5	0,7	0,2	0,0	2,2	12,6	14,8	14,77	3,84
Ipê	7,1	79,8	8,5	2,5	0,5	0,1	0,0	2,9	11,6	14,5	18,24	5,91
PCII												
Caatinga	7,3	34,6	10,1	2,1	0,7	0,1	0,0	2,1	13,0	15,0	31,56	3,49
Angico	6,3	105,8	6,6	2,0	0,6	0,1	0,1	1,6	9,3	11,0	17,57	2,93
Capoeira	6,9	28,5	5,4	2,0	0,6	0,2	0,0	1,3	8,2	9,8	9,91	4,23
Milho Sequeiro	6,6	79,6	8,0	2,9	0,7	0,3	0,0	1,4	11,9	13,2	9,83	19,39
Ipê	7,1	102,2	8,3	2,5	0,8	0,2	0,0	1,7	11,7	13,4	18,13	8,18

A taxa de FAMES no PCII foi de 131,12 e 689,47 mg kg⁻¹ para a área de milho sequeiro e angico, respectivamente. A taxa de FAMES da área de milho sequeiro foi a menor em todos os períodos avaliados, sendo este o ambiente mais instável e afetado pelo manejo. As propriedades microbianas do solo servem como indicadores sensíveis das mudanças no meio, como a perda de diversidade de plantas (EISENHAUER et al., 2010) e

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

o manejo do solo afeta indiretamente a biodiversidade dos microrganismos através da perturbação do ambiente (BAGELLA et al., 2014).

A análise de FAMES é usada como uma estimativa da biomassa microbiana do solo (MIURA et al., 2017) e suas concentrações variam tanto entre os períodos quanto entre as áreas. O teor e qualidade do material depositado sobre o solo pelas plantas podem influenciar as estruturas das comunidades microbianas (XU et al., 2017) e uma das possíveis explicações da predominância de organismos não específicos em algumas áreas nesse solo, pode se dar pelo fato de alguns biomarcadores não serem específicos, atuando tanto em plantas como em microrganismos, ou seja, ele não distingue fungos de bactérias nem de plantas (MIURA et al., 2017). Além disso, a matéria orgânica presente em solos de floresta e exsudados de plantas podem superestimar o valor de FAMES (MIURA et al., 2017).

3.3 Relação fungos/bactérias (F/B)

De modo geral, observa-se um comportamento semelhante na estrutura da comunidade microbiana para todas as áreas estudadas, existindo um predomínio de bactérias com relação a fungos e maiores valores nas áreas com cobertura de floresta, independente do período (Tabela 5).

Tabela 5. Relação F/B (média \pm desvio padrão) (n=3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	F/B		
	PCI	PS	PCII
Caatinga	0,328 \pm 0,097	0,421 \pm 0,000	0,530 \pm 0,103
Angico	0,266 \pm 0,051	0,378 \pm 0,001	0,392 \pm 0,049
Capoeira	0,283 \pm 0,002	0,386 \pm 0,000	0,461 \pm 0,000
Milho Sequeiro	0,259 \pm 0,019	0,247 \pm 0,065	0,224 \pm 0,012
Ipê	0,339 \pm 0,054	0,514 \pm 0,094	0,264 \pm 0,022

No PCI e PS as áreas com cobertura de ipê e caatinga apresentaram os maiores valores para F/B e no PCII as áreas de caatinga e capoeira são as mais expressivas, enquanto que a de milho sequeiro possui a menor relação F/B para os três períodos avaliados. Observa-se que houve um crescimento da comunidade microbiana do PCI para o PCII de 16%, 13% e 16% para as áreas de caatinga, angico e capoeira, respectivamente. Para milho sequeiro ocorre o contrário, um decréscimo de 4% do PCI

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

para o PCII e a área de ipê oscilou, aumentando do PCI em 16% e depois caindo em 22%.

A biomassa microbiana do solo em sua maioria é representada por fungos e bactérias (MIURA et al., 2017) e cada microrganismo tem uma afinidade diferente para o tipo de material depositado no solo. As bactérias se correlacionam diretamente com o pH do solo enquanto que os fungos estão mais ligados ao C (BIRKHOFER et al, 2012).

A relação C/N do solo estudado foi baixa, existindo a predominância de bactérias em todas as áreas estudadas, ou seja, o ambiente é propício para a dominância destes microrganismos. Esses resultados corroboram com os encontrados por Lange et al., (2014) que constataram que as bactérias apresentam predileção por substratos de baixa relação C/N, enquanto que os fungos preferem alta relação C/N.

O pH do solo também é um fator limitante para as comunidades microbianas, principalmente para os fungos, pois interferem no seu crescimento e dominância (ROUSK et al., 2010), porém a relação C/N ainda é mais importante para esses organismos (THOMSON et al., 2015).

Rousk et al. (2011) estudando o efeito do pH sobre fungos e bactérias, constataram que pH básico favorece o crescimento de bactérias, inibindo assim o desenvolvimento da comunidade fúngica. A faixa ótima de pH que eles descrevem para o crescimento de fungos é de 4,5 a 5,5 e para bactérias de 6,5 a 8,0, sendo o máximo crescimento bacteriano observado a pH 7,0. O pH do solo do presente estudo se encontra entre 6,19 e 7,67 (Tabela 3), ou seja, favorável ao crescimento bacteriano e esse predomínio pode ser observado na Tabela 5.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

Tabela 3. Atributos químicas em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	C	C/N
	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----Cmolc dm ⁻³ -----							g Kg ⁻¹		
PCI												
0-5 cm												
Caatinga	7,4	7,3	6,3	2,9	0,3	0,0	0,0	0,7	9,5	10,2	24,26	7,72
Angico	6,6	34,5	3,6	3,5	0,3	0,0	0,1	1,5	7,4	8,9	7,76	7,64
Capoeira	6,8	14,2	4,7	3,1	0,4	0,0	0,0	1,3	8,1	9,5	16,87	2,22
Milho Sequeiro	7,2	21,8	6,0	4,8	0,5	0,1	0,0	1,0	11,4	12,4	15,77	2,19
Ipê	6,9	30,3	5,7	3,7	0,4	0,0	0,0	1,4	9,8	11,2	15,09	10,83
PS												
Caatinga	7,7	30,1	8,3	3,0	1,3	0,3	0,0	1,7	12,8	14,5	24,29	9,45
Angico	6,7	90,4	6,6	2,5	1,9	0,3	0,1	3,4	11,3	14,7	22,05	12,57
Capoeira	7,0	36,0	4,6	2,4	0,7	0,2	0,1	1,0	7,8	8,8	13,97	7,15
Milho Sequeiro	6,7	46,8	8,3	3,5	0,7	0,2	0,0	2,2	12,6	14,8	14,77	3,84
Ipê	7,1	79,8	8,5	2,5	0,5	0,1	0,0	2,9	11,6	14,5	18,24	5,91
PCII												
Caatinga	7,3	34,6	10,1	2,1	0,7	0,1	0,0	2,1	13,0	15,0	31,56	3,49
Angico	6,3	105,8	6,6	2,0	0,6	0,1	0,1	1,6	9,3	11,0	17,57	2,93
Capoeira	6,9	28,5	5,4	2,0	0,6	0,2	0,0	1,3	8,2	9,8	9,91	4,23
Milho Sequeiro	6,6	79,6	8,0	2,9	0,7	0,3	0,0	1,4	11,9	13,2	9,83	19,39
Ipê	7,1	102,2	8,3	2,5	0,8	0,2	0,0	1,7	11,7	13,4	18,13	8,18

A comunidade microbiana nas áreas de floresta foi maior, isso porque nos períodos chuvosos ocorre maior deposição de material vegetal sobre o solo e com isso há um aumento da atividade microbiana, atrelado ao fato das áreas florestais serem as que menos sofrem com as ações antrópicas. Resultados semelhantes foram encontrados por Stevenson et al. 2014, onde observaram que a conversão de áreas agricultadas para floresta favoreceu o aumento da relação F/B devido a redução da temperatura e ao aumento da umidade do solo (ZHANG et al., 2016).

Thomson et al. (2015) verificaram que os efeitos climáticos como temperatura, umidade e radiação interferem na variedade de espécies de plantas e exsudados de raiz, e por conseguinte na diversidade da comunidade microbiana, sendo que alguns organismos são mais sensíveis a umidade do que ao manejo do solo (FRANCO et al., 2015).

3.4 Bactérias Gram+/Gram- (G+/G-)

No PCI, observa-se uma predominância de bactérias G-, exceto para a área de angico (Tabela 6). Derrien et al. (2014) chamam as bactérias G- de estrategistas R, pois

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

elas possuem preferência pelo C de fácil mineralização do solo e são de reprodução mais rápida. Já as bactérias G⁺ possuem mais afinidade por substratos mais resistentes a decomposição, sendo estrategistas K (BALASOORIYA et al., 2016). A parede celular das bactérias Gram⁺ e Gram⁻ são diferentes. A parede celular da bactéria Gram⁺ é única e consiste de uma camada espessa, composta quase que completamente por peptidoglicano, responsável pela manutenção da célula e sua rigidez, enquanto que nas Gram⁻ o peptidoglicano é apenas uma camada espessa e, conseqüentemente, frágil (ALBERTO FICA, 2014).

Tabela 6. Relação bactérias Gram⁺/Gram⁻ (média ± desvio padrão) (n=3) em um solo com diferentes coberturas e históricos de usos em área de floresta tropical seca, PE

Áreas	Gram ⁺ /Gram ⁻		
	PCI	PS	PCII
Caatinga	0,887 ± 0,369	0,762 ± 0,118	1,017 ± 0,233
Angico	1,043 ± 0,351	1,261 ± 0,016	1,378 ± 0,029
Capoeira	0,507 ± 0,006	1,246 ± 0,000	0,495 ± 0,000
Milho Sequeiro	0,693 ± 0,105	0,940 ± 0,329	0,879 ± 0,419
Ipê	0,906 ± 0,33)	0,955 ± 0,341	1,198 ± 0,377

No PS, nas áreas de caatinga, milho sequeiro e ipê predominam bactérias G⁻ enquanto que angico e capoeira G⁺. Já no PCII, nas áreas de caatinga, angico e ipê predomina G⁺ e em capoeira e milho sequeiro G⁻. Li et al. (2017), estudando a variação da comunidade microbiana em um gradiente de profundidade, observou que bactérias G⁻ predominaram na superfície do solo, enquanto que as G⁺ estão em maior concentração em profundidade e sugere que a umidade e a concentração de C e N são os fatores determinantes para a composição da comunidade microbiana.

As G⁺ são mais abundantes em áreas de florestas e mais tolerantes a perturbações do solo, sobrevivendo por longos períodos em condições desfavoráveis (XU, et al., 2017). O solo desenvolvido sob a cobertura de floresta nativa e angico exibiu uma estrutura da comunidade microbiana com valores mais altos tanto para a relação C / N (Tabela 3) quanto para o quociente metabólico (Figura 2) Esse resultado pode indicar um maior grau de estabilização da matéria orgânica e as comunidades microbianas neste solo podem precisar usar C mais resistente a decomposição.

4. CONCLUSÃO

A respiração basal do solo se mostrou pouco sensível ao efeito da sazonalidade e ao tipo de uso do solo.

Em geral, na avaliação quantitativa (biomassa microbiana) e qualitativa (composição da comunidade) observou-se a predominância de bactérias em todas as diferentes coberturas do solo e a população microbiana total se mostrou sensível ao tipo de cobertura, sendo menor na área com monocultivo e maior nas áreas de floresta nativa e sucessão.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. A sazonalidade e as diferentes coberturas do solo influenciaram diretamente os compartimentos de fósforo e o fósforo microbiano do solo.
2. A respiração basal do solo se mostrou pouco sensível as mudanças climáticas e as diferentes coberturas. Já a avaliação de FAMEs sofreu influência direta do conteúdo água e temperatura e do teor de C orgânico do solo.
3. Espera-se que os resultados desta pesquisa possam evidenciar a importância do estudo do bioma da Caatinga, e seja útil na tomada de decisões quanto ao manejo para promover melhorias na qualidade do solo.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FICA, C. Resistencia antibiótica en bacilos gram negativos, cocáceas gram positivas y anaerobios. implicancias terapéuticas, *Revista Médica Clínica Las Condes*, Volume 25, Issue 3, 2014, Pages 432-444.

AMANCIO ALVES, J. J.; ARAÚJO, M. A. D.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, 22(3), 2009.

ARAÚJO, A. S. F.; CESARZ, S.; LEITE, L. F. C.; BORGES, C. D.; TSAI, S. M.; EISENHAEUER, N. Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil, **Soil Biology and Biochemistry**, Volume 66, 2013.

ARAÚJO, A. S. F.; BORGES, C. D.; TSAI, SIU M.; CESARZ, S.; EISENHAEUER, N. Soil bacterial diversity in degraded and restored lands of Northeast Brazil. *Antonie van Leeuwenhoek*, **Wageningen**, v. 106, p. 891–899, 2014.

ARAÚJO FILHO, R. N.; FREIRE, M. B. G. S.; WILCOX, B. P.; WEST, J. B.; FREIRE, F. J. and MARQUES, F. A. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, 407, 210-220. 2018.

ARIAS- NAVARRO, C.; DÍAZ- PINÉS, E.; KLATT, S.; BRANDT, P.; RUFINO, M. C.; BUTTERBACH- BAH, K. and VERCHOT, L. V. Spatial variability of soil N₂O and CO₂ fluxes in different topographic positions in a tropical montane forest in Kenya. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, 122(3), 514-527. 2017.

BAGELLA, S.; FILIGHEDDU, R.; CARIA, M.C.; GIRLANDA, M.; ROGGERO, P.P. Contrasting land uses in Mediterranean agro-silvo-pastoral systems generated patchy diversity patterns of vascular plants and below-ground microorganisms. **Comptes Rendus Biologies** 337, 717e724. 2014.

BALASOORIYA, W.K.; HUYGENS, D.; RAJAPAKSHA, R.M.C.P.; BOECKX, P. Effect of rice variety and fertilizer type on the active microbial community structure in tropical paddy fields in Sri Lanka. **Geoderma** 265, 87–95. 2016.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO. Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geografic**. 58, p. 116-127. 2015.

BIRKHOFFER, K.; SCHÖNING, I.; ALT, F.; HEROLD, N.; KLARNER, B.; MARAUN, M. and BEGEROW, D. General relationships between abiotic soil properties and soil biota across spatial scales and different land-use types. *PLoS One*, 7(8), e43292. 2012.

BIRGE, H. E.; CONANT, R. T.; FOLLETT, R. F.; HADDIX, M. L.; MORRIS, S. J.; SNAPP, S. S.; WALLENSTEIN, M. D.; PAUL, E. A. Soil respiration is not limited by reductions in microbial biomass during long-term soil incubations, **Soil Biology and Biochemistry**, v.81, p.304-310, 2015.

BLAUD, A.; LERCH, T. Z.; CHEVALLIER, T.; NUNAN, N.; CHENU, C.; BRAUMAN, A. Dynamics of bacterial communities in relation to soil aggregate formation during the decomposition of ¹³C-labelled rice straw. **Applied Soil Ecology**, v. 53, p. 1-9. 2012.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

BRADLEY K.; DRIJBER RA.; KNOPS J. Increased N availability in grassland soils modifies their microbial communities and decreases the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biol Biochem.** 38:1583–1595. 2006.

DENG, Q; CHENG, X.X.; HUI, D.F.; ZHANG, Q.; Li, M.; ZHANG, Q. F. Soil microbial community and its interaction with soil carbono and nitrogen dynamics following afforestation in central China. **Sci. Total. Environ.** 541, 230-237. 2016.

DEQUIEDT S.; SABY N.P.A.; LELIEVRE M.; JOLIVET C.; THIOULOUSE J.; TOUTAIN, B. Biogeographical patterns of soil molecular microbial biomass as influenced by soil characteristics and management. **Glob Ecol Biogeogr.** V.20, p.641–652. 2011.

DERRIEN, D.; PLAIN, C.; COURTY, P.E.; GELHAYE, L.; MOERDIJK-POORTVLIET, T.C.W.; THOMAS, F.; VERSINI, A. A.; ZELLER, B.; KOUTIKA, L. S.; BOSCHKER, H.T.S.; EPRON, D. Does the addition of labile substrate destabilise old soil organic matter? **Soil Biol. Biochem.** 76, 149-160. 2014.

EISENHAUER, N.; BEBLER, H.; HABEKOST, M.; MILCU, A.; PARTSCH, S.; SABAIS, A. C. W.; SCHERBER, C.; STEINBEIB, S.; WEIGELT, A.; WEISSER, W. W.; SCHEU, S. The effects of diversity on soil microorganisms support the unique hypothesis. **Ecologia**, 91, p. 485-496. 2010.

FERNANDES, M. F. e CHAER, G. M. Análise de perfis de ácidos graxos como ferramenta para estudos em microbiologia do solo. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p.37. 2010.

FROSTEGARD, A.; BAATH, E. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.22, n.1, p. 59-65, 1996.

GARCIA-FRANCO, N.; MARTÍNEZ-MENA, M.; GOBERNA, M. e ALBALADEJO, J. Changes in soil aggregation and microbial community structure control carbon sequestration after afforestation of semiarid shrublands. **Soil Biology and Biochemistry**, 87, 110-121. 2015.

GEISSELER, D.; SCOW, K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms—A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 75, p. 54-63, 2014.

LAN, G.; LI, Y.; WU, Z.; XIE, G. Impact of tropical forest conversion on soil bacterial diversity in tropical region of China, **European Journal of Soil Biology**, v 83, p. 91-97, 2017.

LANGE, M.; HABEKOST, M.; EISENHAUER N.; ROSCHER C.; BESSLER H.; ENGELS C. Biotic and abiotic properties mediating plant diversity effects on soil microbial communities in an experimental grassland. **PLoS** 2014.

Li, X.; SUN, J.; WANG, H.; LI, X.; WANG, J.; ZHANG, H. Changes in the soil microbial phospholipid fatty acid profile with depth in three soil types of paddy fields in China, **Geoderma**, v 290, p. 69-74, 2017.

LIMA, F. F. Dinâmica sazonal do carbono orgânico em solos com diferentes históricos de uso no semiárido de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 50. 2017.

FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga.

LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R. and ANJOS, L. H. C. Evolução e acúmulo de C-CO₂ em diferentes sistemas de produção agroecológica. *Acta Agronômica*, 62(3), 242-250. 2013.

MAGALHÃES, T. M. Carbon stocks in necromass and soil pools of a Mozambican tropical dry forest under different disturbance regimes, ***Biomass and Bioenergy***, v.105, p. 373-380, 2017.

MASUNGA, R.H.; UZOKWE, V.N.; MLAY, P.D. Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture ***Appl. Soil Ecol.***, 101, p. 185-193. 2016.

MERILES, J.M.; VARGAS GIL, S.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G.J. & GUZMA'N, C.A. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. *Soil Till. Res.*, 103:271-281, 2009.

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

MIURA, T.; MAKOTO, K.; NIWA, S.; KANEKO, N.; SAKAMOTO, K. Comparison of fatty acid methyl ester methods for characterization of microbial communities in forest and arable soil: Phospholipid fraction (PLFA) versus total ester linked fatty acids (EL-FAME), ***Pedobiologia***, v.63, p.14-18, 2017.

MUELLER, K. E.; EISSENSTAT, D. M.; HOBBIE, S. E.; OLEKSYN, J.; JAGODZINSKI, A. M.; REICH, P. B.; CHOROVER, J. Tree species effects on coupled cycles of carbon, nitrogen, and acidity in mineral soils at a common garden experiment. ***Biogeochemistry***, 111(1-3), 601-614. 2012.

RIBEIRO, K.; SOUSA-NETO, E. R.; CARVALHO, J. A.; LIMA, J. R. S.; MENEZES, R. S. C.; DUARTE-NETO, P. J.; GUERRA, G. S.; OMETTO, J. P. H. B. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga, ***Science of The Total Environment***, v.571, p.1048-1057, 2016.

ROUSK, J.; BÅÅTH, E.; BROOKES, P. C.; LAUBER, C. L.; LOZUPONE, C.; CAPORASO, J. G. and FIERER, N. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. ***The ISME journal***, 4(10), 1340. 2010.

ROUSK, J. and BÅÅTH, E. Growth of saprotrophic fungi and bacteria in soil. ***FEMS Microbiology Ecology***, 78(1), 17-30. 2011.

RUSSO, A.; CARROZZA, G. P.; VETTORI, L.; FELICI, C.; CINELLI, F. and TOFFANIN, A. Plant beneficial microbes and their application in plant biotechnology. In *Innovations in biotechnology*. ***InTech***. 2012.

SALGADO, E. V.; ANDRADE, E. D.; HEVIA, J. N.; NUNES, E. P., and RODRIGUES, M. D. A. Rainfall patterns and the contribution of litter in the caatinga dry tropical forest. ***Revista ciência agrônômica***, 46(2), 299-309. 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. ***Sistema brasileiro de classificação de solos***. 3. ed. rev. e ampl.

- FRANÇA, R. F. Compartimento de Fósforo Orgânico e Comunidade Microbiana em Solos após a retirada da Caatinga. Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013.
- SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W. e TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, 4(3), 276-286. 2011.
- SILVA, E. O. Dinâmica do carbono e atividade enzimática do trópico semi-árido sob diferentes usos. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, p.100. 2017.
- SOUZA, B. I. D.; ARTIGAS, R. C. and LIMA, E. R. V. D. The Caatinga and desertification. **Mercator**, 14(1), 131-150. 2015.
- SCHTTER, M.E.; DICK, R.P. Comparison of fatty acid methyl ester (FAME) methods for characterizing microbial communities. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p. 1659-1668, 2000.
- SHI, W-Y.; DU, S.; MORINA, J. C.; GUAN, J-H.; WANG, K-B.; MA, M-G.; YAMANAKA, N.; TATENO, R. Physical and biogeochemical controls on soil respiration along a topographical gradient in a semiarid forest, **Agricultural and Forest Meteorology**, v.247, p.1-11, 2017.
- STEVENSON, B. A.; HUNTER, DWF and Rhodes, PL Temporal and seasonal change in the microbial community structure of unchanged, disturbed and carbon-altered pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**. 75, p.175 – 185. 2014.
- THOMSON, B. C.; TISSERANT, E.; PLASSART, P.; UROZ, S.; GRIFFITHS, R. I.; HANNULA, S. E.; BUÉE, M.; MOUGEL, C.; RANJARD, L.; VEEN, J. A. V.; MARTIN, F.; BAILEY, M. J.; LEMANCEAU, P.; Soil conditions and land use intensification effects on soil microbial communities across a range of European field sites, **Soil Biology and Biochemistry**, v 88, p. 403-413, 2015.
- TISCHER, A.; POTTHAST, K. and HAMER, U. Land-use and soil depth affect resource and microbial stoichiometry in a tropical mountain rainforest region of southern Ecuador. **Oecologia**, 175(1), 375-393.2014.
- VERCHOT, L. V. Impacts of forest conversion to agriculture on microbial communities and microbial function. In: **Soil biology and agriculture in the tropics**. Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 45-63.
- XU, Z.; YU, G.; ZHANG, X.; HE, N.; WANG, Q.; WANG, S.; XU, X.; WANG, R.; ZHAO, N. Biogeographical patterns of soil microbial community as influenced by soil characteristics and climate across Chinese forest biomes, **Applied Soil Ecology**, 2017.
- ZHANG, Q.; WU, J.; YANG, F.; LEI, Y.; ZHANG, Q.; and CHENG, X. Alterations in soil microbial community composition and biomass following agricultural land use change. **Scientific reports**, 6, 36587. 2016.
- ZHANG, X.; ZHAO, Y.; ZHU, L.; CUI, H.; JIA, L.; XIE, X.; LI, J.; WEI, Z. Assessing the use of composts from multiple sources based on the characteristics of carbon mineralization in soil, **Waste Management**, v.70, p.30-36, 2017.