

**JAMILLY ALVES DE BARROS**

**MUDANÇA NO USO DA TERRA E EFEITO NA COMPOSIÇÃO E  
ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS ARENOSOS NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

**GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL**

**FEVEREIRO - 2016**

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

**MUDANÇA NO USO DA TERRA E EFEITO NA COMPOSIÇÃO E**  
**ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS ARENOSOS NO SEMIÁRIDO**  
**BRASILEIRO**

**JAMILLY ALVES DE BARROS**

SOB ORIENTAÇÃO DA PROFESSORA

**ERIKA VALENTE DE MEDEIROS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Produção agrícola, para  
obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS  
PERNAMBUCO - BRASIL  
FEVEREIRO - 2016

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

**MUDANÇA NO USO DA TERRA E EFEITO NA COMPOSIÇÃO E**  
**ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS ARENOSOS NO SEMIÁRIDO**  
**BRASILEIRO**

**JAMILLY ALVES DE BARROS**

GARANHUNS  
PERNAMBUCO - BRASIL  
FEVEREIRO - 2016

Ficha catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

B277m Barros, Jamilly Alves

Mudança no uso da terra e efeito na composição e atividade microbiana de solos arenosos no Semiárido Brasileiro/Jamilly alves de Barros. - Garanhuns, 2016.

84f.

Orientador: Erika Valente de Medeiros

Dissertação (Mestrado em Produção agrícola) -  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade  
Acadêmica de Garanhuns,2016.

Inclui Anexo e Bibliografias

CDD: 631.4

1. Manejo do Solo
  2. Atividade enzimática
  3. Biomarcadores
  4. Carbono orgânico
  5. Estudo qualitativo
- I. Medeiros, Erika Valente de
  - II. Título

**MUDANÇA NO USO DA TERRA E EFEITO NA COMPOSIÇÃO E  
ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS ARENOSOS NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

**JAMILLY ALVES DE BARROS**

APROVADO EM: 23 de Fevereiro de 2016

---

**JOSÉ ROMUALDO DE SOUSA LIMA**

(Membro interno)

---

**MARISE CONCEIÇÃO MARQUES**

(Membro externo)

---

**ERIKA VALENTE DE MEDEIROS**

(Orientador)

Dedicatória

*À minha mãe.*

*As minhas irmãs, irmão, sobrinha e cunhados.*

*Aos meus amigos.*

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, por viabilizar o curso de pós-graduação em Produção Agrícola e proporcionar o desenvolvimento da pesquisa.

A Profa. Dra. Erika Valente de Medeiros, que sempre foi muito mais que uma orientadora... Obrigada por seus ensinamentos, dedicação, incentivo e paciência. E por ter me mostrado que sonhos se alcançam lutando, mas sem esquecer de ser Feliz.

Às minhas eternas Co-orientadoras Profa. Mestra Krystal de Alcantara Notaro, Profa. Dra. Keila Aparecida Moreira e Mestra Talita Camila Evaristo da Silva Nascimento pela amizade, e por todo conhecimento proporcionado.

A Wendson de Moraes pelo companheirismo, apoio e paciência durante essa jornada.

Aos meus companheiros dos Laboratórios de Biotecnologia e de Solos, em especial a Amós Barbosa, Jéssica Morais, Uemeson José, Raquel Barros e Marise Marques, que sempre me apoiaram, incentivaram e ajudaram a executar minhas ideias. A José Aldo, Maria, Erika Oliveira, Luciana Herculano, Francisco, Aline Oliveira e Osmar Soares.

Agradecimento especial aos Professores Dr. Gustavo Pereira Duda e Dr. José Romualdo de Souza Lima pelo apoio científico para realização desta pesquisa.

Aos companheiros Mauro Vilar, Wellington Leal, Catarina Ramos e Maiara Tábatha pela convivência e estímulo nas horas mais difíceis.

Aos meus eternos amigos de graduação Albedson Palácio, Vanessa Mano, Marcos Fernandes e Francis Henrique que fizeram dos meus momentos na Universidade muito mais felizes.

*Querido Deus!*

*Eu agradeço por me lembrar do poder que possuo*

*Agradeço por me mostrar que sou protegida, guiada e iluminada pela sua presença  
divina no mais íntimo do meu ser.*

*Agradeço, Senhor, por me dar abrigo na tempestade, por endireitar o que está torto,  
por criar saídas onde parece não haver escapatória.*

*Agradeço, Senhor, pela sua compaixão, pela sua graça, pela sua bondade, que estão  
sempre presentes, sustentando-me nos momentos mais difíceis.*

*Agradeço, Senhor, por não me deixar esquecer que você me habita e é a força que dá  
vida a minha alma.*



## **BIOGRAFIA**

**JAMILLY ALVES DE BARROS**, filha de Lindalva Alves de Barros e Josivaldo Cavalcante de Barros, nascida em 16 de dezembro de 1990, em Bom Conselho-PE. Ingressou no Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE em Agosto de 2009, graduando-se em Dezembro de 2013. Durante a graduação participou do Programa de Iniciação Científica e extensão nas áreas de Microbiologia e Bioquímica de Solos sob a orientação da professora Dra. Erika Valente de Medeiros. Em Março de 2014 foi aprovada no Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, na mesma Instituição, submetendo-se a defesa pública de dissertação em Fevereiro de 2016.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

#### ATIVIDADE ENZIMÁTICA E COMUNIDADE MICROBIANA EM NEOSSOLO REGOLÍTICO SOB PASTAGENS DEGRADADA E CONSERVADA

RESUMO GERAL .....	2
GENERAL SUMMARY .....	3
INTRODUÇÃO GERAL.....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	7
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
2.1. Histórico e descrição da área de estudo .....	15
2.2. Coleta e caracterização das amostras de solo.....	15
2.3. Análises do carbono da biomassa microbiana (CBM) e do carbono orgânico total (COT) do solo .....	17
2.4. Análise da comunidade microbiana do solo.....	18
2.5. Análises bioquímicas do solo.....	18
2.6. Análise estatística.....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1. Análises do carbono da biomassa microbiana (CBM) e do carbono orgânico total (COT) de Neossolo Regolítico sob a influência de três tipos de vegetação .....	20
3.2. Análise da comunidade microbiana de Neossolo Regolítico sob a influência de três tipos de vegetação .....	21
3.3. Análises bioquímicas de Neossolo Regolítico sob a influência da mudança no uso do solo. ....	27
3.4. Análise multivariada .....	34
4. CONCLUSÕES .....	37

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
6. ANEXO .....	46

## CAPÍTULO II

### COMUNIDADE E ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS ARENOSOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
1. INTRODUÇÃO .....	50
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	52
2.1. Áreas de estudo, coleta e atributos dos solos .....	52
2.2. Análise da comunidade microbiana de solos arenosos após alteração da vegetação.....	53
2.3. Atividade enzimáticas absolutas de solos arenosos após alteração da vegetação .....	54
2.4. Análise estatística.....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
3.1. Estrutura e comunidade microbiana de solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS em áreas de pastagem .....	55
3.2. Análises de atividades enzimáticas absolutas em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS em áreas de pastagens.....	60
4. CONCLUSÕES .....	67
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	68

**LISTA DE TABELAS****Capítulo I**

<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos de Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pastagem preservada e degradada.....	17
<b>Tabela 2.</b> Análise do CBM e COT de Neossolo Regolítico sob a influência de três tipos de vegetação: floresta tropical seca, pasto preservado e degradado.....	20
<b>Tabela 3.</b> Atividades de enzimas específicas por unidade de COT e CBM nas camadas de 0-10 e 10-20 cm em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado.....	32

**Capítulo II**

<b>Tabela 1.</b> Localização e formas de utilização das áreas estudadas.....	52
<b>Tabela 2.</b> Atributos físicos e químicos dos solos do semiárido pernambucano....	53

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

- Figura 1.** Localização da área de estudo (A); área de floresta tropical seca (B); áreas com pastagens preservadas e degradadas (C) e (D) respectivamente..... 16
- Figura 2.** A) Concentração de FAMES total e B) concentração de FAMES por grupo de micro-organismos da comunidade microbiana em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado..... 22
- Figura 3.** Concentração de biomarcadores de bactérias Gram + e Gram - em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado..... 24
- Figura 4.** A) Relação da concentração de biomarcadores de fungos e bactérias (Relação F/B) e B) relação entre bactérias Gram+ / Gram- (B) em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado..... 26
- Figura 5.** A) Atividade enzimática absoluta da  $\beta$ -glucosidase e B) atividade microbiana por FDA = Hidrolise de diacetato de fluoresceína em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado..... 28
- Figura 6.** A) Atividade de enzimas absolutas da Fosfatase alcalina e B) Arilsulfatase em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado..... 30
- Figura 7.** A) Atividades de enzimas absolutas da Fosfatase ácida e B) Urease em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado..... 46
- Figura 8.** Gráficos de vetores oriundos da análise de componentes principais (PCA) mostrando atividades enzimáticas específicas e concentração de FAMES de grupos específicos e clusters de áreas sob floresta tropical seca (FTS), pasto preservado (PP) e pasto degradado (PD)..... 35

### Capítulo II

- Figura 1.** Concentração de FAMES Total em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 56
- Figura 2.** Concentração de bactérias Gram + e Gram - em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 57
- Figura 3.** Concentração da relação de Bactérias/Fungos (B/F) e relação Gram+/Gram- em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 59
- Figura 4.** Atividade da fosfatase ácida de solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 61

- Figura 5.** Atividade da fosfatase alcalina de solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 62
- Figura 6.** Atividade da Arilsulfatase em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 64
- Figura 7.** Atividade da Urease em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens..... 65

## RESUMO GERAL

Os ecossistemas naturais vêm sofrendo grandes intervenções humanas e uma delas é a conversão de florestas em terras agrícolas, sendo as florestas tropicais secas (FTS) uma das mais afetadas no mundo. Alterações no uso do solo podem ser refletidas por parâmetros biológicos, bioquímicos, químicos e físicos, sendo os dois primeiros os mais rápidos e sensíveis a alterações na qualidade do solo. O presente trabalho avaliou como a conversão de FTS em pasto com diferentes níveis de conservação age sobre a comunidade e atividade microbianas em Neossolos Regolíticos. A Caracterização da comunidade microbiana e atividades enzimáticas de solos arenosos do Semiárido de Pernambuco em áreas de floresta seca e antropizada. No primeiro capítulo, o estudo foi realizado no município de São João e as áreas selecionadas foram: FTS=floresta tropical seca, PP=pasto preservado e PD= pasto degradado. No segundo capítulo foram selecionadas 5 cidades do semiárido pernambucano, onde foram coletadas duas amostras compostas de solo, uma em FTS e outra em área com intervenção antrópica. Para o capítulo 1 foram determinadas as análises do carbono da biomassa microbiano (CBM), o carbono orgânico total (COT), os perfis de ácidos graxos da comunidade microbiana (FAMES) e atividades enzimáticas absolutas e específicas. No capítulo 2 foram determinados os perfis de ácidos graxos e as enzimas absolutas. A conversão de FTS em pasto com diferentes níveis de conservação afetou a comunidade microbiana e as atividades enzimáticas de Neossolo Regolítico. Sendo que o tipo de vegetação se mostrou como um dos principais fatores responsável pela variação da comunidade microbiana. A quantificação do FAMES nas diferentes áreas analisadas demonstrou que as populações de fungos são mais sensíveis a alterações no uso do solo que as populações bacterianas, devido estas apresentaram um metabolismo mais rápido, ou seja, conseguirem se adaptar a perturbações no ecossistema. A avaliação das enzimas específicas mostrou o quanto estas são influenciadas pelo COT e CBM, onde as enzimas por unidade de CBM expressaram valores mais elevados.

**Palavras-chave:** Atividade enzimática, biomarcadores, carbono orgânico.

## GENERAL SUMMARY

Natural ecosystems have suffered great human interventions and one of them is the conversion of forests into agricultural land, and the TDF (FTS) one of the most affected in the world. Changes in land use can be reflected by biological, biochemical, chemical and physical parameters, the first two being the fastest and most sensitive to changes in soil quality. This study evaluated how the conversion of FTS in pasture with different levels of conservation acts on the community and microbial activity in Neossolos Regolíticos. The characterization of the microbial community and enzymatic activities of sandy soils of the semiarid region of Pernambuco in areas of drought and forest disturbed. In the first chapter, the study was conducted in the city of Saint John and the selected areas were: FTS = dry tropical forest, PP = preserved and PD = degraded pasture. In the second chapter were selected five cities of Pernambuco semiarid region, which were collected two composite soil samples, one in FTS and another in area with human intervention. For Chapter 1 were determined analysis of the microbial biomass carbon (MBC), total organic carbon (TOC), the fatty acid profiles of the microbial community (FAMES) and absolute and specific enzymatic activities. In chapter 2 were determined profiles of fatty acids and enzymes absolute. FTS conversion to pasture with different levels of conservation affected the microbial community and enzymatic activities of Entisol. And the type of vegetation is shown as one of the main factors responsible for the variation of the microbial community. Quantification of FAMES in different areas analyzed demonstrated that populations of fungi are sensitive to changes in land use that bacterial populations, because these showed a faster metabolism, ie, unable to adapt to disturbances in the ecosystem. The evaluation of specific enzymes showed how these are influenced by the TOC and MBC, where enzymes by CBM unit expressed higher values.

**Keywords:** Enzymatic activity, biomarkers, organic carbon.



## INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas naturais vêm sofrendo grandes intervenções humanas e uma delas é a conversão de florestas em terras agrícolas, sendo as florestas tropicais secas (FTS) uma das mais afetadas no mundo (PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010; MEDEIROS et al., 2014; CAO, et al., 2015). Nas FTS a vegetação é composta de árvores caducas e resistentes a grandes períodos de secas e altas temperaturas. A precipitação anual fica em torno de 700 a 2000 mm, com cerca de três meses ou mais sem chuva a cada ano, e com uma temperatura média anual  $> 25^{\circ}\text{C}$  (PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010; GRISCOM e ASHTON, 2011). Nas Américas a extensão de FTS é de 519,597 Km<sup>2</sup> e 51% do total se encontra na América do Sul (268,875 Km<sup>2</sup>). Destes 51% de áreas de FTS, 17% localiza-se no Brasil (PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010), que possui 27.367,815 ha de FTS distribuídas predominantemente na região semiárida (ESPÍRITO-SANTO et al., 2009).

Segundo Silva et al. (2011) a região semiárida está localizada principalmente no Nordeste, ocupando 11% do território brasileiro, sendo considerada uma região com baixa fertilidade do solo, altas taxas de decomposição de matéria orgânica, elevada erosão do solo, e com poucas precipitações, afetando assim a produção agrícola.

Apesar de sua riqueza em espécies de plantas lenhosas, incluindo muitas espécies com risco de extinção (PHYO-OO e KOIKE, 2015) as FTS estão sendo modificadas devido a mudanças que vem alterando esse ecossistema valioso, sendo os principais motivos o desmatamento para criação de pastagens e a extração de madeiras (GRISCOM e ASHTON, 2011), e por isto é considerado um dos ecossistemas mais ameaçados no Brasil (ESPÍRITO-SANTO et al., 2009).

Dois terços de toda a área agricultável do globo terrestre foi coberta com pastagens, só no Brasil essas áreas ocupam cerca de 172 milhões de ha, dessas, 2.506.730 ha são de áreas de pastagens no Estado de Pernambuco. Estima-se que a área de pastagem cultivada, seja maior que 101 milhões de ha no país (SILVA et al., 2014), e dessas mais de 40 milhões de ha são de braquiárias. As espécies *Brachiaria decumbens* Stapf., e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu representam mais de 85 % dessa área. O gênero *Brachiaria* é muito utilizado por ser uma forrageira rústica com adaptação em solos de baixa fertilidade (FERREIRA et al., 2010).

Na América Latina as pastagens estão sendo abandonadas graças a baixa produtividade ou por falta de incentivos socioeconômicos (GRISCOM e ASHTON, 2011). E devido ao manejo inadequado dessas pastagens os rendimentos apresentam-se muito baixos. No agreste meridional de Pernambuco os valores estão em torno de 500 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, baixo rendimento econômico e uma elevada degradação das pastagens e, conseqüentemente, degradação do solo (SILVA et al., 2014). Segundo Ferreira et al. (2010) a degradação de pastagem é um termo usado para designar um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e da capacidade de regeneração natural, tornando-a incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, assim como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras.

Delbem et al. (2011) relatam que após o estabelecimento das pastagens elas se mantêm com alta capacidade de suporte, mas após anos de sua exploração elas se degradam, possivelmente devido a deficiência de nutrientes e a falta de manutenção. No Brasil uns dos motivos dessa degradação é a utilização do pasto além da capacidade de suporte, pois os criadores deixam o lote sob pastagem durante todo o ano, e nem sempre realizam investimentos na manutenção destas (FERREIRA et al., 2010).

A conversão de áreas de florestas em pastagens pode afetar as qualidades físicas e químicas do solo, pois após vários anos de pastagem o pisoteio do gado pode compactar o solo, causando assim o aumento da densidade e, conseqüentemente, reduzindo a infiltração de água no solo, que afeta o escoamento superficial da água (GRISCOM e ASHTON, 2011), sendo esta uma das principais causas da erosão. Ademais, ocorre a perda da fertilidade do solo, pois a falta de manejo adequado acarreta na perda de matéria orgânica do solo (MOS) e, conseqüentemente ocorrem perdas de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio (FERREIRA et al., 2010). A ciclagem desses nutrientes está diretamente ligada à biomassa microbiana do solo (BMS) (HU et al., 2014). Por isto, conhecer os níveis de nutrientes do solo e as atividades biológicas nele desenvolvidas podem servir como ferramentas úteis na avaliação do efeito de espécie cultivadas no processo bioquímico do solo (SINGH et al., 2012).

A biomassa microbiana e a atividade enzimática do solo têm sido vistas como a melhor forma de avaliação da estabilidade ecológica, decomposição microbiana, e fertilidade do solo (LV et al., 2014). As atividades das enzimas são frequentemente utilizadas como bons indicadores da fertilidade e qualidade do solo, sendo muito

utilizadas devido à sua rápida resposta a alterações ocorridas no solo (RAIESI e BEHESHTI, 2014). Vários estudos têm evidenciado o potencial sensível e rápido das enzimas na indicação de mudanças nas condições e propriedades do solo após o desmatamento de uma área (RAIESI e BEHESHTI, 2014). Geralmente, as atividades enzimáticas apresentam maiores valores na rizosfera do que na parte mais profunda do solo, devido ocorrer nessa área uma maior atividade microbiana e uma exsudação de enzimas provenientes das raízes (KOTROCZÓ et al., 2014). Segundo Raiesi e Beheshti. (2014) as atividades enzimáticas totais no solo são devido à contribuição de ambas as atividades das enzimas extracelulares e intracelulares, onde o potencial para a síntese e produção de enzimas é direta ou indiretamente relacionado com o tamanho e composição da comunidade microbiana. Desta forma, qualquer alteração na comunidade microbiana do solo, reflete-se no nível das atividades enzimáticas.

As atividades enzimáticas podem ser expressas em atividades absolutas ou específica, sendo absoluta quando o resultado é por unidade de massa de solo, e específica quando é expressa por unidades de COT (carbono orgânico total) e CBM (carbono da biomassa microbiana) (WANG et al., 2012; RAIESI e BEHESHTI, 2014).

A estrutura da comunidade microbiana também é alterada no processo de mudanças de utilização do solo. E os impactos que essas comunidades sofrem estão sendo estudados através de análise de perfis de ácidos graxos metilados da comunidade microbiana (FAMES). Segundo Yousef et al. (2012) a avaliação de ácidos graxos tem sido amplamente aplicada em estudos de ecologia microbiana do solo, com o intuito de determinar as estruturas de grupos microbianos funcionais, caracterizar, diferenciar e identificar gêneros, espécies e estirpes de fungos e bactérias em cultura pura; e medir a resposta de grupos específicos de micro-organismos as práticas de manejo do solo.

Neste contexto, o trabalho avaliou o efeito da conversão de áreas com floresta tropical seca em áreas agrícolas na composição e atividade da comunidade microbiana no semiárido pernambucano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAO, S.; YU, Q.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; FENG, J.; RIVARD, B.; GU, Z. Mapping tropical dry forest succession using multiple criteria spectral mixture analysis. **ISSPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 109, p. 17-29, 2015.
- DELBEM, F. C.; SCABORA, M. H.; SOARES-FILHO, C. V.; HEINRICHS, R.; CROCIOLLI, C. A.; CASSIOLATO, A. M. R. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 361-367, 2011.
- ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SEVILHA, A. C.; ANAYA, F. C.; BARBOSA, R.; FERNANDES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; SCARIOT, A.; NORONHA, S. E.; SAMPAIO, C. A. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 922-930, 2009.
- FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Ciências Agrárias**, v. 31, p. 913-932, 2010.
- GRISCOM, H. P.; ASHTON, M. S. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1564-1579, 2011.
- HU, X. F.; JIANG, Y.; SHU, Y.; HU, X.; LIU, L.; LUO, F. Effects of mining wastewater discharges on heavy metal pollution and soil enzyme activity of the paddy fields. **Journal of Geochemical Exploration**, GEXPLO-05439; 12, 2014.
- KOTROCZÓ, Z.; VERES, Z.; FEKETE, I.; KRAKOMPERGER, Z.; TÓTH, J. A.; LAJTHA, K.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 70 p. 237-243, 2014.
- LV, Y.; WANG, C.; JIA, Y.; WANG, W.; MA, X.; DU, J.; PU, G.; TIAN, X. Effects of sulfuric, nitric, and mixed acid rain on litter decomposition, soil microbial biomass, and enzyme activities in subtropical forests of China. **Applied Soil Ecology**, v. 79 p. 1 – 9, 2014.

- MEDEIROS, E.V.; NOTARO, K.A.; BARROS, J.A.; MORAES, W.S.; SILVA, A.O.; MOREIRA, K.A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. **Soil & Tillage Research**, v.145, p.208-215, 2015.
- PHYO-OO, W.; KOIKE, F. Dry forest community types and their predicted distribution based on a habitat model for the central dry zone of Myanmar. **Forest Ecology and Management**, v.358, p. 108-121, 2015.
- PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, v. 143, p.144-155, 2010.
- RAIESI, F.; BEHESHTI, A. Soil specific enzyme activity shows more clearly soil responses to paddy rice cultivation than absolute enzyme activity in primary forests of northwest Iran. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 63-70, 2014.
- SILVA, G.L.; LIMA, H.V.; CAMPANHA, M.M.; GILKES, R.J.; OLIVEIRA, T.S. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. **Geoderma**, v. 167 - 168, p. 61 – 70, 2011.
- SILVA, R. A. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; GONDIM, P. S. S.; SOUZA, E. S.; JÚNIOR, G. B. Balanço hídrico em neossolo regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.147-157, 2014.
- SINGH, K.; SINGH, B.; SINGH, R.R. Changes in physico-chemical, microbial and enzymatic activities during restoration of degraded sodic land: Ecological suitability of mixed forest over monoculture plantation. **Catena**, v. 96 p. 57–67, 2012.
- WANG, B., XUE, S., LIU, G.B., ZHANG, G.H., LI, G., REN, Z.P. Changes in soil nutrient and enzyme activities under different vegetations in the Loess Plateau area, Northwest China. **Catena**, v. 92, p. 186–195, 2012.
- YOUSEF, L. F.; WOJNO, M.; DICK, W. A.; DICK, R. P. Lipid profiling of the soybean pathogen *Phytophthora sojae* using Fatty Acid Methyl Esters (FAMES). **Fungal Biology**, v. 116, p. 613 – 619, 2012.

## **CAPÍTULO I**

### **ATIVIDADE ENZIMÁTICA E COMUNIDADE MICROBIANA EM NEOSSOLO REGOLÍTICO SOB PASTAGENS DEGRADADA E CONSERVADA**

## RESUMO

A conversão de florestas naturais em pastagens e o abandono quando degradada aumenta em todo o mundo. No Brasil, as pastagens degradadas exigem elevados investimentos para a recuperação todos os anos. As alterações nas atividades de enzimas específicas por unidade de carbono orgânico e de biomassa microbiana ainda não é bem elucidada em áreas tropicais secas, mas tem sido estudada como o indicador mais sensível, podendo ser utilizado para prever o nível de degradação. Foram quantificados as atividade das enzimas absolutas e específicas e o perfil de ácidos da comunidade microbiana (FAME) em Neossolo Regolítico para determinar o impacto da degradação de pastagens nesses atributos do solo no semi-árido brasileiro. As amostras de solo foram coletadas em áreas cobertas por floresta tropical seca (FTS), pasto preservado (PP) e pastagem degradada (PD) em duas camadas (0-10 cm) e (10 - 20 cm). Foram quantificados as populações microbianas do solo por FAME, atividade das enzimas absolutas ( $\beta$ -glicosidase, urease, arilsulfatase, fosfatase ácida e alcalina), carbono orgânico do solo (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM) e enzimas específicas por unidade de COT e CBM. Solos de pasto degradado apresentou uma diminuição do CBM em 69,9% em relação ao PP. A degradação influenciou todas as atividades enzimáticas absolutas. A atividade da enzima específica foi fortemente influenciada pelo COT e CBM e as enzimas expressas por unidade CBM apresentou valores mais elevados. O presente estudo proporciona alguns dos primeiros dados relacionados com o efeito da degradação de pastagens para a qualidade do solo medido por indicadores sensíveis em uma região tropical seca no Nordeste do Brasil. Recomenda-se avaliar a relação fungo/bactéria, atividade específica da  $\beta$ -glicosidase por unidade de CBM e populações de fungos para acessar os níveis de degradação de pastagens em áreas secas tropicais.

**Palavras-chaves:** Mudanças no uso da terra, perfis de ácidos graxos, micro-organismos do solo,  $\beta$ -glucosidase.

## ABSTRACT

The conversion of natural forests to pasture and the abandonment when degraded increases worldwide. In Brazil, pastures degraded requires high investments for recovery every year. The changes in specific enzymes activities per unit of organic carbon and microbial biomass is still not well elucidated in tropical dry areas, but has been using as the most sensitive indicator and it can be used to predict the level of degradation. We quantified the absolute and specific enzymes activities and the microbial the fatty acid methyl ester (FAME) profile of entisol to determinate how the pasture degradation impact in these soil attributes in Brazilian semiarid. Soil samples were collected from areas covered by tropical dry forest (TDF), productive pasture (PP) and degraded pasture (DP) in two layers (0 - 10 cm) and (10 – 20 cm). We quantified the soil microbial populations by FAME profile, absolute enzymes activities ( $\beta$ -glucosidase, urease, arylsulfatase, acid and alkaline phosphatase), soil organic carbon (SOC), microbial biomass carbon (MBC) and specific enzymes per unit of SOC and MBC. The DP decreases the MBC in 69.9% related to PP. The degradation influenced all absolute enzymes activities. The specific enzyme activity was strongly influenced by the TOC and CBM and the enzymes expressed by CBM unit presented higher values. The present study provided some of the first data related to the effect of pasture degradation to the soil quality measured by sensitive and earlier indicators in a tropical dry region in Northeastern Brazil. We recommend that the ratio fungi/bacteria, specific  $\beta$ -glucosidase per unit of MBC and fungi populations can be used to access the pasture degradation levels in tropical dry areas.

**Keywords:** Changes in land use, fatty acid profile, soil microorganisms,  $\beta$ -glucosidase.



## 1. INTRODUÇÃO

Florestas naturais são reconhecidas como locais com alta biodiversidade devido as complexas relações entre fauna, flora e microflora que mantem esse habitat (RAVINDRAN et al, 2015). Segundo Pagotto et al. (2015) nos trópicos, as florestas secas ocorrem em regiões semiáridas, e estas são sujeitas a longos e graves períodos de seca. As secas têm aumentado muito nas últimas décadas, e vem ocorrendo com mais frequência e maior nível de intensidade. Na região semiárida do Brasil a seca é um perigoso fenômeno natural, pois muitos municípios foram afetados pela recente seca dos anos de 2012 e 2013, prejudicando 10 milhões de pessoas devido aos impactos desta na agricultura e na pecuária (CUNHA et al., 2015).

Além deste agravante, nesta região os sistemas agrícolas caracterizam-se pelo corte de árvores para produção de carvão, utilização descontrolada do fogo, plantações extensas de pastagens e reduzidos tempos de pousios que acabam causando a degradação do solo (SILVA et al., 2011). A conversão de florestas naturais em áreas de pastagens e o abandono destas quando estão degradadas aumentam no mundo todo, principalmente nos trópicos (TISCHER et al., 2015).

Na América do Sul as áreas desmatadas são utilizadas para o cultivo de gramíneas introduzidas como a *Brachiaria* spp., sendo que a maioria destas se encontram em algum estágio de degradação. E o avanço da degradação dessas áreas podem trazer várias consequências como a compactação do solo, a redução na produção de biomassa vegetal e posteriormente a redução da biomassa microbiana do solo (NESPER et al., 2015). Além desses problemas a recuperação de áreas com pastagens degradadas necessita de um investimento econômico enorme, trazendo assim implicações financeiras ao produtor (NESPER et al., 2015).

Alterações no uso do solo podem ser refletidas por características biológicas, bioquímicas, químicas e físicas, sendo os indicadores biológicos e bioquímicos os mais rápidos e sensíveis a alterações na qualidade do solo (WANG et al., 2012; BALOTA et al., 2014). As atividades de enzimas do solo são um dos indicadores bioquímicos que tem potencial de expressar os estresses e mudanças nos ecossistemas (WANG et al., 2012; GIACOMETTI et al., 2014). Outra propriedade das enzimas é a relação destas com a fertilidade do solo (WANG et al., 2012), pois as atividades de enzimas extracelulares estão ligadas aos ciclos de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S) e

carbono (C) (DORODNIKOV et al, 2009; MARTINEZ et al., 2014; PANDEY et al., 2014).

As enzimas extracelulares são produzidas pela comunidade microbiana através da degradação de moléculas complexas presentes no solo com o objetivo de adquirir energia (STONE et al., 2014). Cada enzima participa de um ciclo específico de nutrientes, agindo em diferentes fases no processo da degradação, por isso não respondem a alterações no uso do solo da mesma maneira (WANG et al., 2012). Vários fatores podem influenciar mudanças nas atividades enzimáticas, como o tipo de solo, pH, textura e disponibilidade de nutrientes (BOWLES et al., 2014).

Assim como, as atividades enzimáticas, a biomassa microbiana e o carbono orgânico estão sendo utilizados como bioindicadores de alterações na qualidade do solo (SILVA et al., 2012; LV et al., 2014). A biomassa microbiana é o componente principal da matéria orgânica viva do solo, tendo um papel essencial na decomposição dos detritos e na ciclagem de nutrientes (LV et al., 2014). Segundo Balota et al. (2014) existe uma relação entre as enzimas do solo e a biomassa microbiana, podendo estas expressarem informações sobre a dinâmica dos micro-organismos e até mesmo das próprias enzimas.

Com o intuito de saber o quanto o valor da atividade enzimática está sendo influenciado pela biomassa microbiana vários trabalhos (WANG et al., 2012; RAIESI e BEHESHTI, 2014; MEDEIROS et al., 2015) vem demonstrando a importância de se realizar a atividade enzimática específica. A atividade enzimática específica é expressa pelo valor da enzima por unidade de (CBM) e (COT).

As alterações na estrutura das comunidades microbianas estão sendo analisadas a muito tempo pelo uso de ácidos graxos de fosfolípidios (PLFAs), pois agem como biomarcadores microbianos, sendo considerada uma análise confiável (SCHNECKER et al., 2012). Os ácidos graxos estão presentes nas membranas celulares de grupos de micro-organismos como bactérias, fungos, algas e protozoários, e por isto servem como biomarcadores que são utilizados para detectar a presença destes grupos (JEANNOTTE et al., 2008). As abundâncias das populações microbianas são obtidas através de marcadores específicos, como i15:0, a15:0, i16:0, i17:0 e a17:0 para bactérias Gram-positivas, cy17:0 e cy19:0 para bactérias Gram-negativas e 18:1 $\omega$ 9 e 18:2 $\omega$ 6 para populações fúngicas (MECHRI et al., 2014).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar como a comunidade microbiana, atividades enzimáticas, COT e CBM de Neossolo Regolítico se comportam quando uma FTS é convertida em pastagens.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Histórico e descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na fazenda Riacho do Papagaio, na mesorregião do Agreste Meridional do Estado de Pernambuco no município de São João, nas coordenadas geográficas Latitude 08° 48' 34.2'' S e Longitude 36° 24' 29.3'' O (Figura 1), com altitude de 705 m. O solo da área é classificado como Neossolo Regolítico eutrófico típico. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o As, que equivale a um clima tropical chuvoso, com verão seco, e apresenta uma precipitação média anual de 782 mm, com o período mais chuvoso nos meses de maio a agosto (SILVA et al., 2014).

A área onde foram realizadas as coletas de solo possui 22 ha que era de vegetação nativa, mas que a partir de 1950 foi removida para dar início a atividade agrícola. Por 30 anos foram realizados cultivos anuais de milho (*Zea mays*), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), culturas essas, manejadas sem nenhuma reposição dos nutrientes extraídos, assim como nenhum método de conservação do solo. A área só foi convertida a pastagem por volta do ano 2000, com cultivo de *Brachiaria decumbens* Stapf, que era pastejada por bovinos mestiço, com uma taxa de lotação de 1 UA ha<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2014).

Segundo Machado et al. (2015) em 2012 ocorreu uma das piores secas registradas nos últimos 50 anos na região, que causou a destruição da pastagem que havia na área, a qual tinha sido implantada em 2000. Para a recuperação dessa pastagem, o produtor efetuou o plantio de milho (*Zea mays*) em consócio com a pastagem de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em 12 de junho de 2013. Entre as linhas da cultura do milho foram implantadas duas linhas de braquiária. Existe também nesta área uma estação meteorológica, de onde foram coletados os dados necessários para avaliação deste trabalho, como dados da média anual de precipitação e temperatura.

### 2.2. Coleta e caracterização das amostras de solo

As áreas selecionadas foram: FTS-floresta tropical seca (utilizada como controle), PP- pasto preservado e PD- pasto degradado (Figura 1). A coleta foi realizada no dia 29 de maio de 2014, no período chuvoso, com uma média de 400 mm de precipitação no período de março a maio antes da coleta. Em cada área selecionada foram demarcados

quatro quadrantes equidistantes para obtenção de quatro amostras composta. Cada amostra composta foi obtida a partir de 10 pontos de coletas que foram misturados para obtenção de uma repetição em cada área. Tais amostras de solos foram coletadas nas camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente; sendo imediatamente refrigeradas e levadas para a central de laboratórios de Garanhuns (CENLAG) - UFRPE, setor de biotecnologia.



Fonte: Google mapas



Imagem: Erika Valente



Imagem: Erika Valente



Imagem: Erika Valente

**Figura 1.** Localização da área de estudo (A); área de floresta tropical seca (B); áreas com pastagens preservadas e degradadas (C) e (D) respectivamente.

As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm para a caracterização química e física. Na caracterização química, foram determinados o pH em água e os teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  e P (Tabela 1), conforme metodologia citada por EMBRAPA (2009).

**Tabela 1.** Atributos químicos de Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pastagem preservada e degradada

	<b>Atributos Químicos</b>					
	FTS	PP	PD	FTS	PP	PD
	0-10 cm			10-20 cm		
pH (1:2,5)	5,4	5,3	5,2	5,2	5,0	5,1
Ca+Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,73	1,33	1,20	1,23	1,03	1,08
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,14	0,01	0,11	0,12	0,03	0,01
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,06	0,04	0,03	0,06	0,05	0,03
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,14	0,11	0,15	0,18	0,21	0,24
P (mg kg <sup>-1</sup> )	5,47	8,62	10,84	3,53	10,84	12,79

Médias de quatro repetições. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD= pasto degradado.

Na caracterização física, foram determinadas a composição granulométrica pelo método do densímetro com modificações (RUIZ, 2005); a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, pelo extrator de Richards, bem como a densidade do solo (Ds) e a porosidade total (PT) de acordo com metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

O solo da FTS apresentou uma porcentagem de 84,49 de areia, 2,34 de argila e 13,17 % de silte, nas áreas com pastagens também verificou-se uma maior concentração de areia, com valores de 87,66, 3,53 e 8,82 % de areia, argila e silte respectivamente. Quanto a densidade do solo os valores foram de 1,50 g cm<sup>-3</sup> no solo com FTS e 1,51 g cm<sup>-3</sup> no solo com pastagens, já para porosidade total o solo com FTS e com pastagens apresentaram valores de 0,433 e 0,430 cm<sup>-3</sup> cm<sup>-3</sup> respectivamente.

### **2.3. Análises do carbono da biomassa microbiana (CBM) e do carbono orgânico total (COT) do solo**

Na determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) as amostras foram submetidas ao processo de irradiação conforme a metodologia descrita por Mendonça e Matos (2005). A extração da biomassa foi realizada de acordo com Vance, Books, Jenkinson (1987) e Tate, Ross, Feltham (1988) utilizando-se como extrator K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,5 M. O CBM foi determinado por colorimetria (BARTLETT; ROSS, 1988).

O carbono orgânico total (COT) foi realizado segundo a metodologia de Yeomans e Bremner (1988).

#### 2.4. Análise da comunidade microbiana do solo

A estrutura de micro-organismos do solo foi estimada através da análise de perfis de ácidos graxos da comunidade microbiana (FAMES), por cromatografia gasosa, segundo Schutter e Dick (2000).

A nomenclatura para os ácidos graxos foi a descrita por Frostegard et al. (1996). Os números de FAME detectados no extrato de solo são: i-C15:0; a-C15:0; i-C16:0, i-C17:0 para bactérias Gram-positivas (BRADLEY et al., 2006; BLAUD et al., 2012); C12:0 2OH; C12:0 3 OH; C14:0 2OH; C14:0 OH; C16:1(9)cis; C17:0(9,10)cis; C16:0 2OH; cisC19:0 para bactérias Gram-negativas (MERILES et al., 2009; BLAUD et al., 2012); C18:2(9,12)cis; C18:1(9)cis para fungos saprófitos (BRADLEY et al., 2006); C14:0; C15:0; C16:0; C17:0; C18:0 não específicos (BRADLEY et al., 2006; BLAUD et al., 2012).

A partir dos dados de FAMES foram calculadas as relações entre fungos e bactérias (Relação F/B) e a relação entre bactérias Gram+ e Gram- (Relação Gram+/Gram-).

#### 2.5. Análises bioquímicas do solo

Para determinação das enzimas as amostras foram mantidas sob refrigeração (4°C) e, posteriormente, quantidades específicas para cada atividade foram pesadas em balança analítica e submetidas a incubação com o substrato adequado padrão Sigma-Aldrich. Os produtos liberados após a filtragem foram quantificados por colorimetria em comprimento específico para cada enzima, a absorbância dos produtos foi mensurada por espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Cambridge, England). As atividades enzimáticas absolutas foram expressas em microgramas de produto produzido por grama de solo e por tempo específico.

Foram quantificadas cinco atividades enzimáticas absolutas: F. AC= fosfatase ácida (E.C. 3.1.3) estimada conforme Eivazi e Tabatabai (1977); a BETA= atividade  $\beta$ -glucosidade (E.C. 3.2.1.21), F. AL= fosfatase alcalina (E.C. 3.1.3), ARIL= arilsulfatase (E.C. 3.1.6.1), e URE= urease (E.C. 3.5.1.5), foram determinadas segundo a metodologia proposta por Eivazi e Tabatabai (1988), Eivazi e Tabatabai (1977), Tabatabai e Bremmer (1972) e Kandeler e Gerber (1988), respectivamente.

A estimativa da atividade microbiana foi feita pelo método de hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) (CHEN et al., 1988).

Para as atividades específicas das enzimas foram calculadas dividindo-se os valores das enzimas pelo valor de COT e de CBM, ou seja, a razão entre AE/COT e AE/CBM, onde AE= atividade enzimática, COT= carbono orgânico total e CBM= carbono da biomassa microbiana (RAIESI e BEHESHTI, 2014).

## **2.6. Análise estatística**

Devido a precisão do cromatógrafo gasoso, os dados de FAMES foram submetidos à análise descritiva de dados e os de atividades enzimáticas absoluta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade no programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2009). A análise multivariada de componentes principais (PCA) foi utilizada visando detectar quais variáveis melhor explicam a diferença entre as mudanças de uso da terra. A análise multivariada foi aplicada separadamente para os dados de cada camada (0-10 cm e 10-20 cm), utilizando o software STATISTICA 8.0.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análises do carbono da biomassa microbiana (CBM) e do carbono orgânico total (COT) de Neossolo Regolítico sob a influência de três tipos de vegetação

O CBM diferiu estatisticamente tanto na mudança no uso do solo como nas camadas analisadas. Na camada de 0 – 10 cm não foram observadas mudanças nos valores do CBM nas áreas com FTS e PP, apresentando valores estatisticamente iguais (56,24 e 68,45 mg kg<sup>-1</sup> de CBM respectivamente), diferentes destes, os valores encontrados na área com PD tanto na camada de 0 – 10 como na de 10 – 20 cm foram menores, apresentando-se maior apenas que o da área com FTS na camada de 10 – 20 cm, que foi o menor valor de CBM encontrado (32,56 mg kg<sup>-1</sup> de CBM), por outro lado, apenas na área com PP os valores de CBM se mantiveram maiores nas duas camadas avaliadas (Tabela 2.).

**Tabela 2.** Análise do CBM e COT de Neossolo Regolítico sob a influência de três tipos de vegetação: floresta tropical seca, pasto preservado e degradado

SOLO	CBM (mg kg <sup>-1</sup> )	COT (g kg <sup>-1</sup> )	CBM (mg kg <sup>-1</sup> )	COT (g kg <sup>-1</sup> )
	0 – 10 cm		10 – 20 cm	
<b>FTS</b>	56,24 ab	9,73 a	32,56 c	7,15 a
<b>PP</b>	68,45 a	7,58 a	74,98 a	6,98 a
<b>PD</b>	47,85 b	8,62 a	58,70 b	4,79 b
<b>CV%</b>	13,55	15,11	11,24	14,32

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado, PD= pasto degradado. CBM= carbono da biomassa microbiana, COT= carbono orgânico total.

Segundo Wu et al. (2014) pastagens podem armazenar mais de 10% do C da biomassa terrestre e 10 a 30% do C orgânico do solo (COS), sendo responsável por sequestrar, potencialmente, um quarto do C nos solos do mundo. Além disto, gramíneas perenes podem contribuir no aumento da quantidade da M.O. devido seu sistema radicular extenso e sua alta produtividade tanto acima e abaixo do solo (ROSENZWEIG et al, 2016). Isto explica porque os valores de CBM não diferiram estatisticamente entre FTS e PP, demonstrando que pastagens bem manejadas podem ser consideradas sumidouros de C, preservando a M.O. do solo e, conseqüentemente, influenciando beneficemente no CBM.

Wu et al. (2014) avaliando a restauração e armazenamento de CBM e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) em pastagens no semiárido do interior da Mongólia encontraram valores de CBM muito maiores que deste trabalho, e que o CBM diminuiu com o aumento da profundidade. Assim, os altos valores do CBM encontrados nas áreas com PP são explicados pelos próprios benefícios que as gramíneas trazem ao solo como pelo manejo destas.

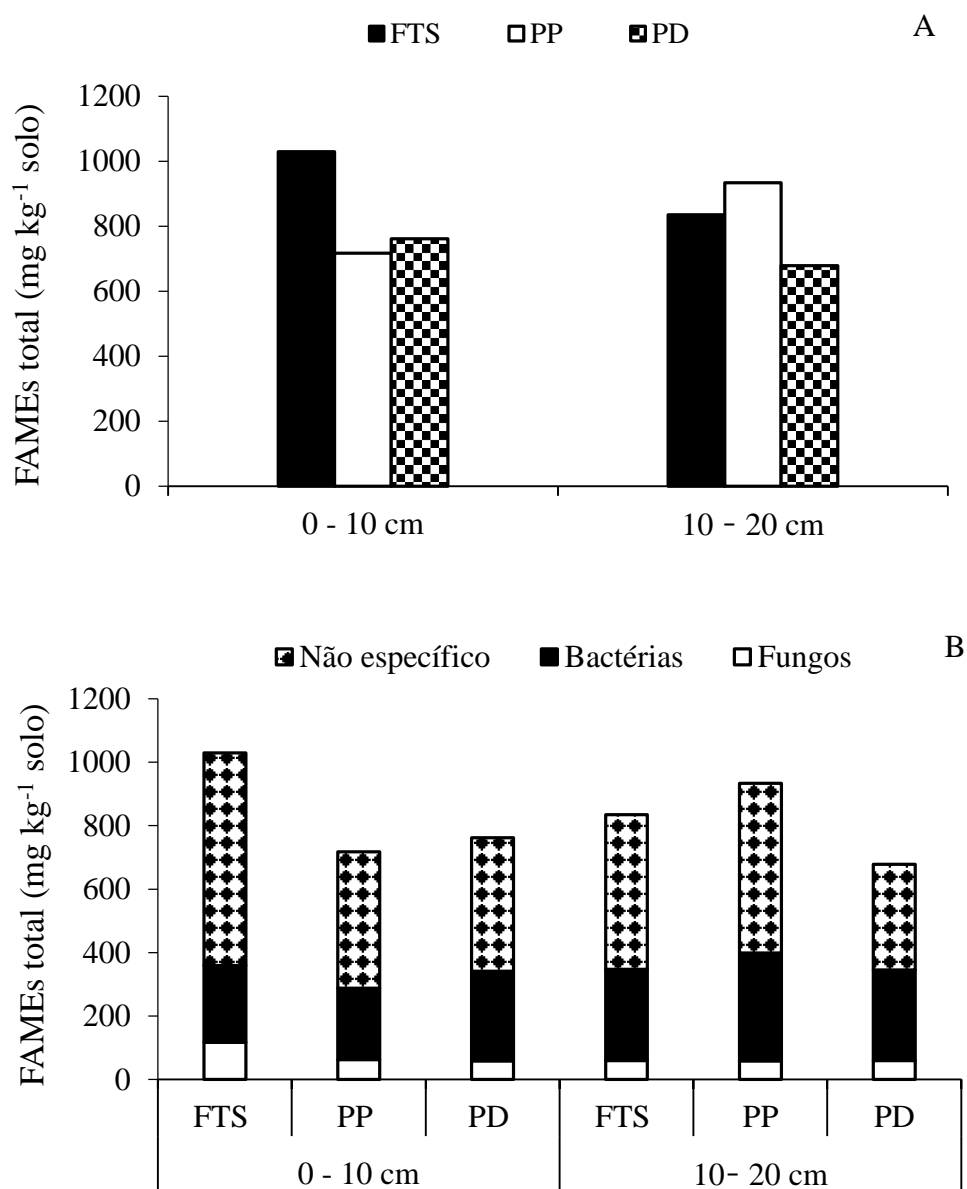
Diferente do CBM, o COT não diferiu estatisticamente entre as áreas avaliadas na camada de 0 - 10 cm, mas verificou-se o menor valor na área de PD na camada de 10 - 20 cm ( $4,79 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 2). Segundo Linsler et al. (2015) a conversão de terras aráveis em pastagens geralmente aumenta não apenas a biomassa microbiana em solos, mas também o carbono orgânico (CO), uma vez que, a acumulação de CO em solos com pastagens pode ser explicada pela alta produção de raiz.

O valor de COT na área com FTS foi baixo se comparado ao trabalho de Medeiros et al. (2015) que encontraram um valor de  $23,81 \text{ g kg}^{-1}$  quando avaliaram atividade enzimática específica e absoluta em uma área de floresta tropical seca na mesma região, essa diferença pode ter ocorrido devido as condições edafoclimáticas do período avaliado, já que avaliaram na estação seca do ano, diferente deste trabalho que foi na estação chuvosa. Já o valor de COT no PP corrobora com o valor encontrado por Wang et al. (2012) que ao avaliar mudanças nas atividades de enzimas e nutrientes em solos sob diferentes vegetações no noroeste da China encontraram um valor de  $6,6 \text{ g kg}^{-1}$  em área de Pastagem. Valores maiores ( $51,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) de COT em áreas de pastagens foram encontrados por Tischer et al. (2014), porém deve-se levar em consideração que o estudo foi realizado em uma região montanhosa de floresta tropical no sul do Equador, e este trabalho foi realizado em uma FTS, sob um solo com mais de 80 % de areia, sendo por isto pobre em M.O. e consequentemente baixo teor de COT.

### **3.2. Análise da comunidade microbiana de Neossolo Regolítico sob a influência de três tipos de vegetação**

Foram encontradas variações na comunidade microbiana de FAMES total nas diferentes áreas estudadas. Na área com FTS ocorreu uma maior concentração de FAMES total na camada de 0 – 10 que na de 10 - 20 cm ( $1029,36 \text{ mg kg}^{-1}$  solo), sendo este o maior valor encontrado das áreas avaliadas, da mesma forma no PD a concentração de FAMES diminuiu na camada mais profunda do solo, enquanto que na área com PP ocorreu um

leve aumentou da comunidade microbiana na camada de 10-20 cm (933,92 mg kg<sup>-1</sup> solo) (Figura 2. A).



**Figura 2. A) Concentração de FAMES total e B) concentração de FAMES por grupo de micro-organismos da comunidade microbiana em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD=pasto degradado.**

As comunidades microbianas podem ser afetadas por fatores bióticos e abióticos, e o tipo e estrutura da vegetação é um dos fatores bióticos altamente correlacionado com a comunidade microbiana em escala local (HU et al., 2014). Ushio et al. (2010) avaliando o efeito de espécies de árvores nas propriedades microbianas em uma floresta tropical

relataram que a qualidade da serapilheira parece ser responsável pela diferença de comunidade microbiana do solo.

Neste contexto, a serapilheira presente na área de FTS pode ter influenciado na maior concentração de FAMEs total na camada de 0 - 10 cm. E a presença de raízes na camada de 10 - 20 cm no PP pode ter sido responsável por elevar o FAMEs total nesta área, já que aproximadamente 70-75% da biomassa de raízes das pastagens se concentram nos 15 cm superior do solo e podem aumentar com a idade das pastagens (ACHARYA et al., 2012). Maiores quantidades de raízes liberam exsudatos no solo e estes por conseguinte podem causar mudanças na comunidade microbiana do solo (HU et al., 2014).

Nos três tipos de vegetação e nas duas camadas avaliadas, a concentração de FAMEs total demonstrou uma sequência Não específico > Bactérias > Fungos (Figura 2. B). Os biomarcadores de ácidos graxos são muito utilizados para revelar mudanças na estrutura e estado nutricional das comunidades microbianas. Porém, os lipídeos presentes no solo são diversificados podendo ser de plantas, animais e células microbianas (JEANNOTTE et al., 2008). Desta forma, altas concentrações dos biomarcadores da comunidade microbiana Não específicos verificados, está relacionado a uma enorme quantidade de ácidos graxos de fosfolipídios ainda não identificados por esta técnica.

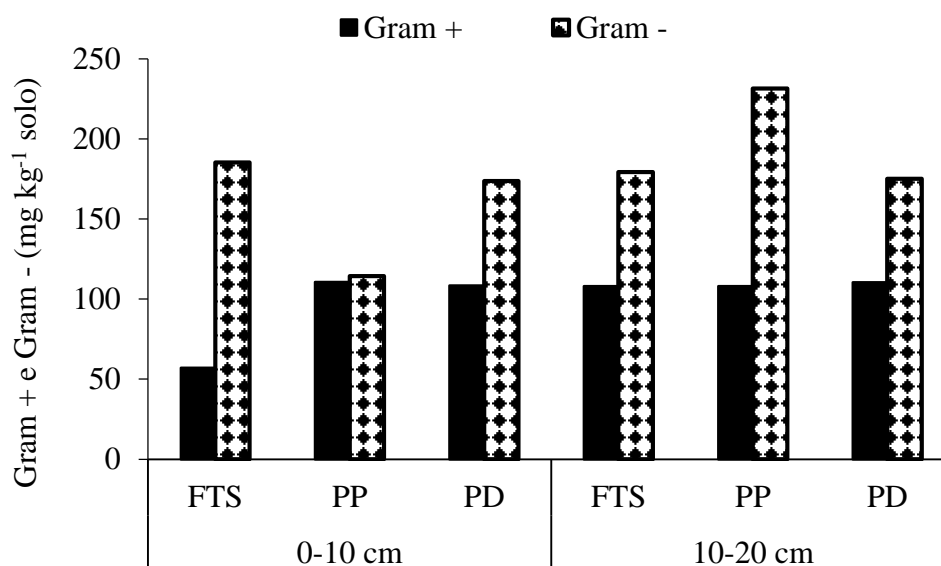
As concentrações de Bactérias total encontradas (valores entre 242,26 - 339,36 mg kg<sup>-1</sup> solo) foram maiores que as de Fungos total (valores entre 58,99 - 117,65 mg kg<sup>-1</sup> solo), tanto nos tipos de vegetações como nas camadas avaliadas. A comunidade de Fungos total apresentou uma maior concentração na área com FTS na camada de 0 - 10 cm, mantendo-se baixa nas áreas de PP e PD nas duas camadas estudadas. Por outro lado, a concentração de Bactérias total mostrou uma maior adaptação que a comunidade fúngica, apresentando uma maior concentração nas áreas de PD e PP nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm respectivamente (Figura 2. B).

Segundo Stone et al. (2014) a mudança da estrutura da comunidade microbiana com relação a profundidade reflete a dominância de organismos que podem manter o metabolismo em condições de baixa disponibilidade de energia, ocorrendo uma seleção de organismos que podem explorar melhor os recursos disponíveis. De acordo com Qian et al. (2014) a diversidade genética dos fungos é fortemente correlacionada com a idade das pastagens. Por outro lado, as bactérias utilizam uma série de estratégias para se

adaptar ao ambiente, incluindo o desenvolvimento de plasticidade morfológica, e a utilização de meios de defesa em resposta a ambientes ácidos (XUN et al., 2015).

A maior predominância de bactérias total, principalmente nas áreas de pastagens (PP e PD) deve-se por tanto, a sua maior eficiência de adaptação ao ambiente em que se encontram, principalmente a ambientes com pH baixos que é uma característica do solo estudado.

Os valores das concentrações de biomarcadores de bactérias Gram+ e Gram- também apresentaram variações, tanto nas camadas, como nos tipos de vegetações avaliadas (Figura 3).



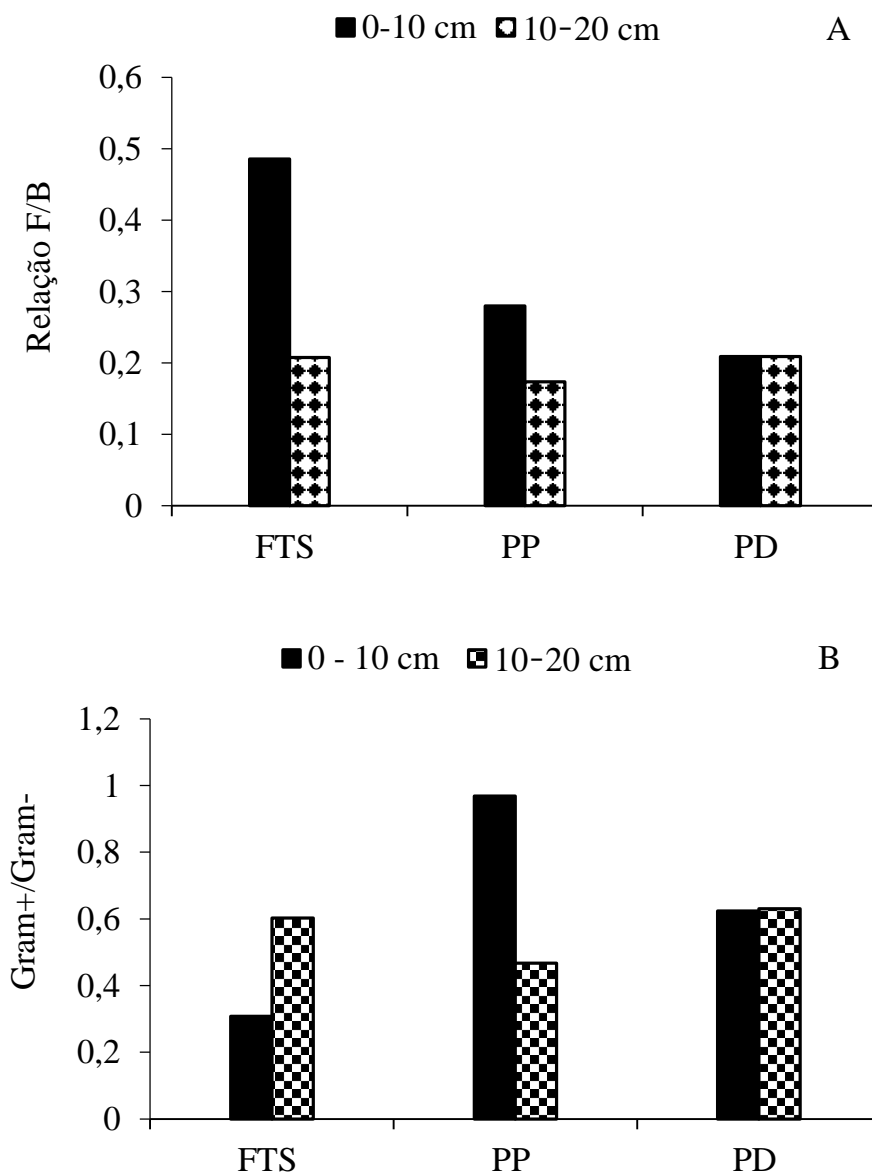
**Figura 3.** Concentração de biomarcadores de bactérias Gram + e Gram - em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD=pasto degradado.

As concentrações de bactérias Gram+ mantiveram-se iguais nas áreas com PP e PD nas duas camadas avaliadas, mas teve sua concentração reduzida na área com FTS na camada de 0 – 10 cm. Resultados diferentes foram encontrados para as concentrações de bactérias Gram-, que apresentou valores próximos nas duas camadas avaliadas na área com FTS, e o mesmo ocorreu na área com PD, no entanto, os valores encontrados foram superiores as concentrações de bactérias Gram+. Já na área com PP a concentração de bactérias Gram- foi maior (231,32 mg kg<sup>-1</sup> solo) na camada de 10 – 20 cm, sendo a maior concentração encontrada para este biomarcador (Figura 3).

Stone et al. (2014) relataram que os tipos de bactérias se concentram no perfil do solo de acordo com o conteúdo de M.O. As bactérias Gram- estão frequentemente na superfície, na rizosfera associadas ao carbono derivado de plantas e alta concentração de M.O., já as Gram+ preferem carbono derivado de matéria orgânica mais velha. Estes mesmos autores, avaliando mudanças na comunidade microbiana com a profundidade do solo observaram um deslocamento de grandes populações de bactérias Gram- na superfície do solo e Gram+ em subsolos, corroborando o presente trabalho onde a população de bactérias Gram- foi elevada principalmente no solo com PP, provavelmente devido a sua associação ao sistema radicular das pastagens.

Normalmente existe uma correlação positiva da predominância de bactérias Gram- sobre as Gram+ em solos ácidos (HU et al., 2014). A maior concentração de bactérias Gram- encontradas neste trabalho pode ter sido influenciada pelo pH ácido dos solos estudados. Tischer et al. (2015) avaliando a estrutura da comunidade microbiana e a eficiência catalítica das enzimas do solo após mudanças no uso da terra, encontraram um aumento na abundância de bactérias Gram- nos locais de pastagem ativas e esse aumento dos grupos microbianos era suscetível às mudanças induzidas pelo homem em propriedades do solo.

A relação F/B apresentou uma sequência, da maior a menor concentração, sendo a área com FTS > PP > PD na camada de 0 - 10 cm, já na camada mais profunda (10 – 20 cm) essa concentração apresentou-se menor, e com diferença nas áreas estudadas (Figura 4. A). Este comportamento, demonstrou o impacto sofrido pela comunidade de fungos e bactérias devido a degradação de pastagens, pois esta trouxe limitações para o desenvolvimento dos micro-organismos. Fazendo uma comparação entre o gráfico da figura 4. A (relação F/B) com o gráfico da figura 2. B (Fungo total e bactéria total) o valor mais elevado da relação F/B pode ter ocorrido pela maior concentração de bactérias que de fungos, ou seja, a comunidade bacteriana se adaptou melhor a mudanças no uso da terra. Confirmando o que Xun et al. (2015) relatou sobre a capacidade que as bactérias têm de se adaptar ao ambiente.



**Figura 4.** A) Relação da concentração de biomarcadores de fungos e bactérias (Relação F/B) e B) relação entre bactérias Gram+ / Gram- (B) em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD=pasto degradado.

Concentrações menores da relação F/B na camada mais profunda (10 – 20 cm) estudada neste trabalho corrobora os resultados de Stone et al. (2014) que também encontraram uma diminuição nos valores da relação F/B com o aumento da profundidade ao avaliar mudanças na comunidade microbiana com a profundidade do solo.

Solos sob PP destacou-se no que diz respeito à relação de bactérias Gram+/Gram- na camada de 0 - 10 cm (Figura 4. B). Este resultado foi proveniente da pequena diferença

entre as concentrações das bactérias Gram+ e Gram- apresentadas na figura 3, diferenciando do comportamento das demais áreas. De acordo com Hu et al. (2014) mudanças características na estrutura da comunidade microbiana estão relacionadas com a influência de exsudatos de raízes que aumentam a abundância relativa de bactérias Gram-, enquanto diminui a proporção de bactérias Gram+.

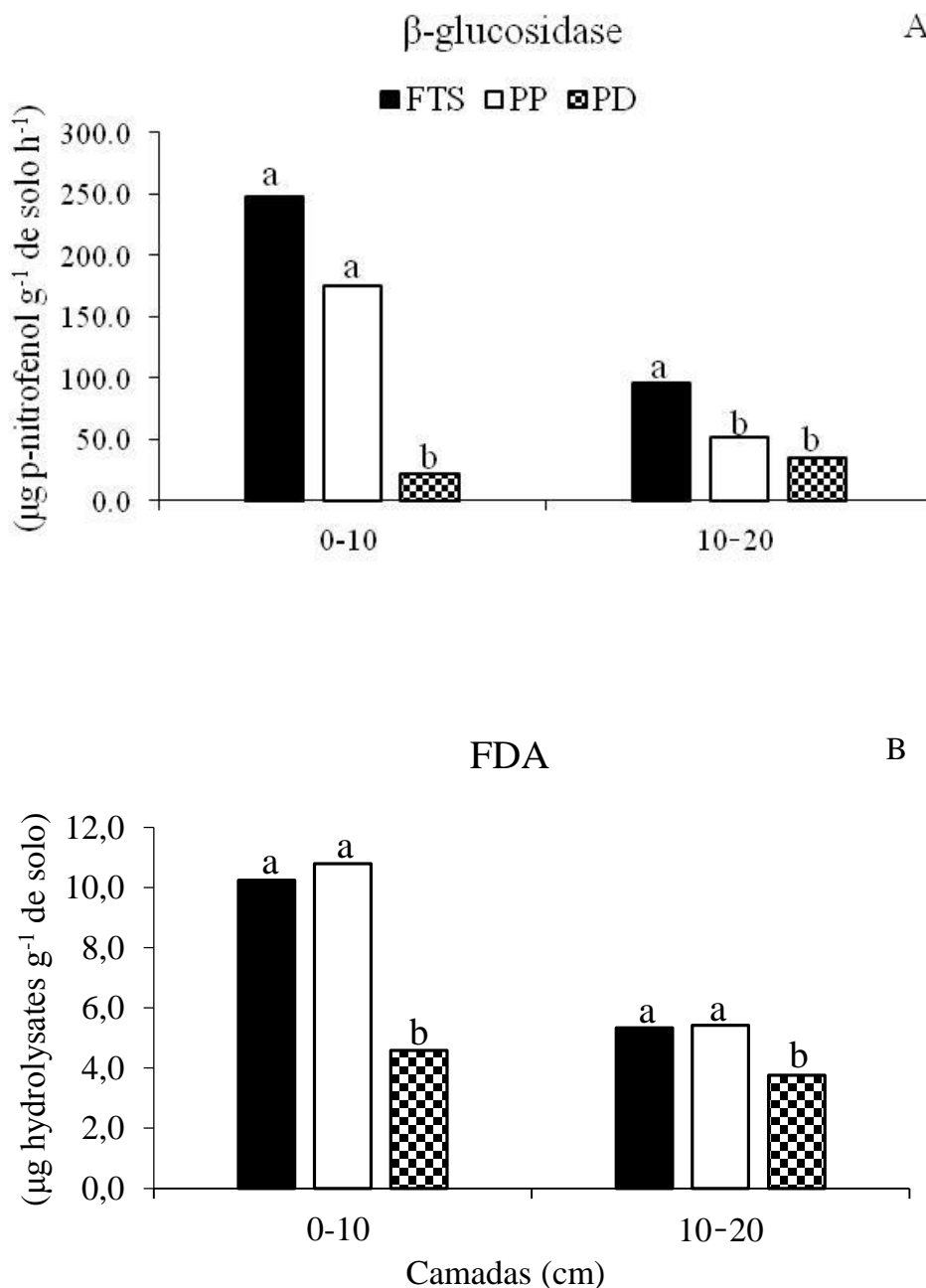
### **3.3. Análises bioquímicas de Neossolo Regolítico sob a influência da mudança no uso do solo.**

De maneira geral, as atividades enzimáticas absolutas quantificadas (BETA= $\beta$ -glucosidase, FDA= Hidrolise de diacetato de fluoresceína, F. AC= fosfatase ácida, F. AL= fosfatase alcalina, ARIL=Arilsulfatase e URE= urease,) apresentaram maiores concentrações na camada de (0 - 10 cm), exceto para a enzima da F. AL na área de FTS (Figura 5 e 6). Cui e Holden. (2015) avaliando a relação entre a atividade microbiana do solo, biomassa microbiana e estrutura do solo na gestão de pastagens, também encontram valores mais elevados de atividades enzimáticas na superfície dos solos. Segundo Panettieri et al. (2014) a resposta da atividade enzimática a mudanças nas características dos solos é mais elevada na superfície devido esse microambiente ser mais rico em oxigênio e contém uma maior quantidade de M.O. derivada da degradação de resíduos de plantas.

Na avaliação da enzima envolvida no ciclo do carbono, a atividade da BETA, apresentou diferença estatística entre as áreas estudadas, onde os valores das áreas com FTS e PP foram maiores que na área de PD (Figura 5. A). Segundo Cui e Holden. (2015) a abundância de energia e de nutrientes na superfície do solo resulta no enriquecimento da comunidade microbiana, que realizam os processos bioquímicos no solo. Estes autores avaliando a relação entre a atividade microbiana, biomassa microbiana e a estrutura do solo em gestão de pastagens, encontraram uma correlação fortemente negativa entre a idade do pasto e atividade da enzima relacionada ao ciclo do C, indicando que um pasto antigo com baixa produtividade tem um solo com teores de carbono e nitrogênio baixos e isto pode reduzir a atividade biológica. Corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho onde o PD apresentou a menor atividade da BETA, e devido a presença de M.O. rica em carbono como a serapilheira presente na área com FTS e o PP que possui uma maior quantidade de raízes e matéria verde na superfície do solo expressaram maior atividade desta enzima. Por estar envolvida na despolimerização de celulose e



hemicelulose (TISCHER et al., 2014) a baixa quantidade de resíduos ricos destes compostos pode desencadear em uma diminuição da produção desta enzima pelos microrganismos.



**Figura 5.** A) Atividade enzimática absoluta da  $\beta$ -glucosidase e B) atividade microbiana por FDA = Hidrólise de diacetato de fluoresceína em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado. FTS=floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD= pasto degradado. Letras iguais não diferem estatisticamente na mesma profundidade.

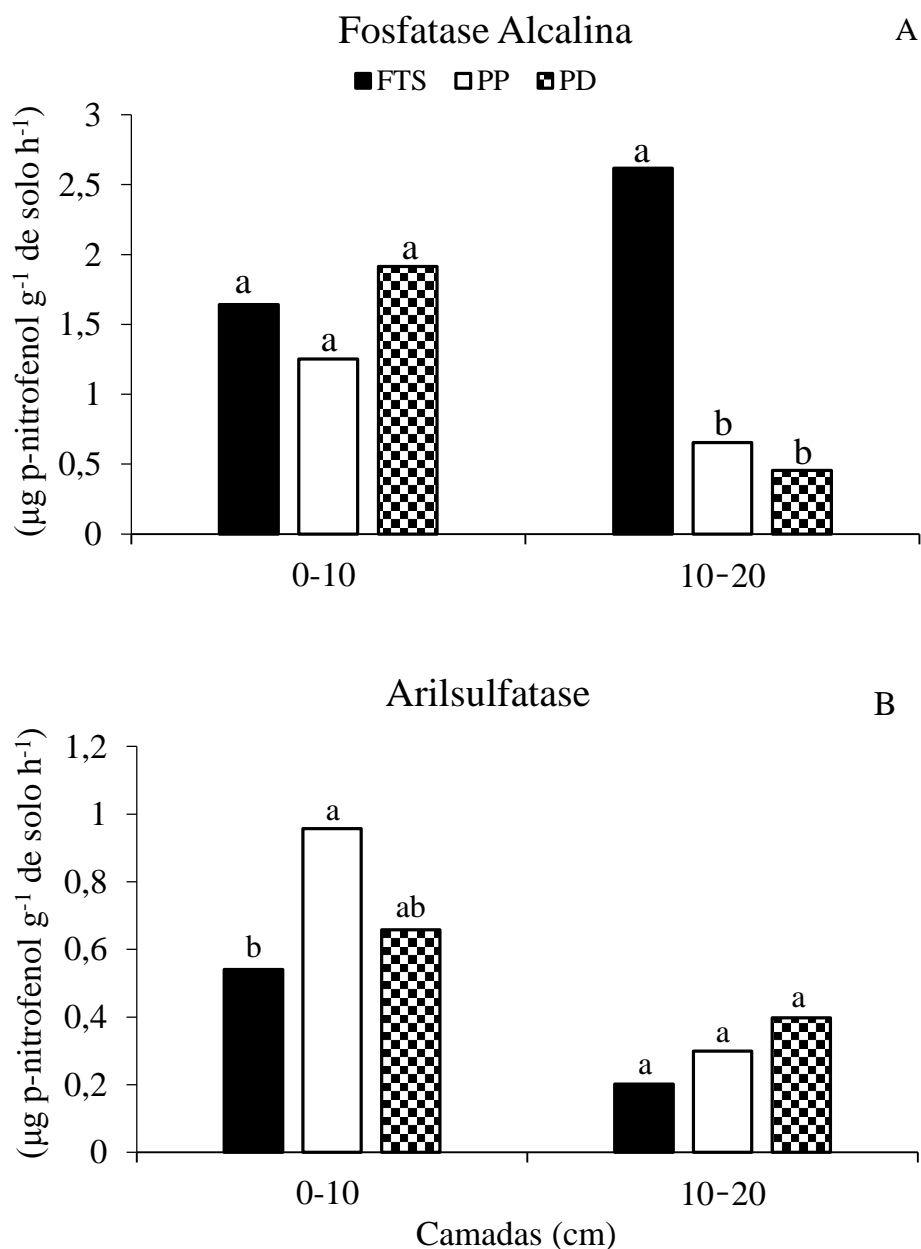
A quantificação da atividade de FDA demonstrou na camada de (0 – 10 cm) que PP não diferenciou da área com FTS, evidenciando o efeito positivo da conservação da área com pasto na atividade microbiana. Por outro lado, para PD observa-se uma redução na nesta atividade em relação a área com FTS e PP (Figura 5. B). Essa diminuição da atividade em PD pode ter ocorrido devido à baixa quantidade de M.O. presente neste solo, sendo esta, uma fonte de energia para os micro-organismos.

Diferente deste trabalho, Medeiros et al. (2015) avaliando atividades enzimáticas absolutas e específicas de Neossolo Arenoso em áreas com FTS, monocultura e consórcio, encontraram uma maior atividade da FDA nos solos com FTS que nos solos com pastagens. Como a atividade microbiana está intimamente ligada a biomassa microbiana presente no solo, e esta pode ser influenciada por vários fatores como padrões sazonais de temperatura do solo, teor de umidade, disponibilidade de substrato, estações do ano e profundidade do solo (RAVINDRAN e YANG, 2015), pode ter gerado essa diferença encontrada por estes autores, já que avaliaram no período seco e este trabalho no período chuvoso.

Para enzimas envolvidas no ciclo do fósforo (F. AC e F. AL) apenas a F. AL, na camada de 10 – 20 cm apresentou diferenças estatísticas, com maior concentração ( $2,6 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$  de solo  $\text{h}^{-1}$ ) na área sob FTS, seguida de PP e PD que foram estatisticamente iguais (Figura 6. A) (F. AC – Figura 7. A em anexo). As fosfatases são um grupo de enzimas responsáveis por catalisar a hidrólise de ésteres e anidridos liberando ortofosfato ( $\text{H}_x\text{PO}_4^{Y-}$ ) e estas enzimas são produzidas quando o solo apresenta baixo nível de fósforo que é essencial para as plantas e microrganismos (BALOTA et al., 2014), essas hidrolases são liberadas por raízes e micro-organismos dependendo do substrato disponível (WANG et al., 2012; PANDEY et al., 2014).

Wang et al. (2012) avaliando mudanças nas atividades de enzimas do solo sob diferentes vegetações no noroeste da China, encontraram valores mais elevados de F. AL em florestas mistas que em pastagens, numa profundidade de 0 - 20 cm. Segundo os mesmos autores, está maior concentração da F. AL deve-se a abundância de espécies nas florestas mistas, que formam uma camada significativa de serapilheira, aumentando o conteúdo de nutrientes no solo após sua decomposição, o que pode levar a uma maior atividade desta enzima. De acordo com Ushio et al. (2010) a serapilheira de árvores

apresentam diferentes concentrações de compostos fenólicos e de taninos condensados, que pode influenciar as atividades microbianas.



**Figura 6.** A) Atividade de enzimas absolutas da Fosfatase alcalina e B) Arilsulfatase em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD= pasto degradado. Letras iguais não diferem estatisticamente na mesma profundidade.

Na quantificação da ARIL, as áreas sob o cultivo de PP e PD foram estatisticamente diferentes da FTS na camada de (0 – 10 cm) mas, apresentaram o mesmo comportamento na camada mais profunda (10 – 20 cm) (Figura 6. B). Segundo Balota et al. (2014) a síntese das sulfatases mediadas por micro-organismos pode ser controlada pela concentração de C e S no sistema. E os processos enzimáticos microbiológicos controlam a liberação de sulfatos essenciais na nutrição das plantas através da mineralização de ésteres de sulfatos presentes nos resíduos orgânicos (PIUTTI et al., 2015). Hannachi et al. (2015) avaliando efeitos do cultivo em propriedades químicas e bioquímicas dos solos de terras secas do sul da Tunísia, encontraram que os valores da arilsulfatase em solos sem cultivos se restringiam ao horizonte superior e que nos solos cultivados sob diferentes manejos essa atividade aumentou devido a concentração da M.O., ocorrendo também em profundidade.

Também não foram encontradas diferenças estatísticas na quantificação da atividade enzimática absoluta da URE, que apresentou valores abaixo de  $3 \mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  (Figura 7. B em anexo). Este resultado corrobora com o trabalho realizado por Raiesi e Beheshti. (2014) que também não encontraram diferenças significativas na atividade da enzima absoluta da urease quando avaliaram a alteração de solos de florestas para cultivo de arroz. No entanto, em estudo realizado por Wang et al. (2012) quando avaliaram mudanças nas atividades enzimáticas do solo sob diferentes vegetações no noroeste da China, encontraram elevada atividade da urease em solos de áreas florestais restauradas e baixa concentrações desta em solo sob o cultivo pastagens.

Segundo Pandey et al. (2014) esta atividade responde ao conteúdo de matéria orgânica presente no solo, e como o solo deste trabalho é predominantemente arenoso e conseqüentemente pobre em M.O. a baixa concentração desta pode ter levado a uma menor concentração da atividade da URE. A matéria orgânica além de ser rica em C e N está diretamente relacionada a estrutura do solo e a atividade microbiano, onde qualquer alteração externa que possa reduzir a atividade microbiana afetará posteriormente a estrutura do solo, e isto leva a uma menor decomposição da matéria orgânica diminuindo assim a ciclagem de nutrientes (CUI e HOLDEN, 2015).

Na quantificação das enzimas específicas, observou-se que as enzimas expressas por unidade de CBM apresentaram concentrações maiores que as enzimas por unidade de COT, demonstrando que neste estudo as enzimas específicas foram mais influenciadas

pela concentração de CBM (Tabela 3). Solos arenosos são propensos a possuírem uma menor quantidade de COT, e este comportamento foi confirmado no solo estudado neste trabalho, no entanto nota-se também que a alteração no uso do solo influenciou ainda mais para diminuir na concentração de COT principalmente na área de PD na camada mais profunda do solo, levando assim a baixas concentrações das enzimas por unidade de COT.

**Tabela 3.** Atividades de enzimas específicas por unidade de COT e CBM nas camadas de 0-10 e 10-20 cm em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado

	0 – 10 cm			10 – 20 cm		
	FTS	PP	PD	FTS	PP	PD
<b>AE/COT (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>						
<b>FDA</b>	1,0 $10^{-3}$ a	1,0 $10^{-3}$ a	0,5 $10^{-3}$ b	0,7 $10^{-3}$ a	0,7 $10^{-3}$ a	0,7 $10^{-3}$ a
<b>BETA</b>	25 $10^{-3}$ a	23 $10^{-3}$ a	20 $10^{-3}$ b	13 $10^{-3}$ a	7 $10^{-3}$ a	7 $10^{-3}$ a
<b>ARIL</b>	5,6 $10^{-5}$ b	10 $10^{-5}$ a	7,6 $10^{-5}$ b	2,8 $10^{-5}$ b	4,2 $10^{-5}$ b	8,1 $10^{-5}$ a
<b>URE</b>	20 $10^{-5}$ a	40 $10^{-5}$ a	20 $10^{-5}$ a	7,9 $10^{-5}$ a	6,8 $10^{-5}$ a	6,7 $10^{-5}$ a
<b>F. AC</b>	20 $10^{-5}$ a	10 $10^{-5}$ a	10 $10^{-5}$ a	9,1 $10^{-5}$ b	9,1 $10^{-5}$ b	10 $10^{-5}$ a
<b>F. AL</b>	10 $10^{-5}$ a	10 $10^{-5}$ a	20 $10^{-5}$ a	30 $10^{-5}$ a	9,2 $10^{-5}$ b	9,7 $10^{-5}$ b
<b>AE/CBM (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>						
<b>FDA</b>	0,182 a	0,159 a	0,097 b	0,164 a	0,073 b	0,064 b
<b>BETA</b>	4,427 a	2,552 ab	0,460 b	2,943 a	0,658 b	0,585 b
<b>ARIL</b>	0,009 a	0,014 a	0,013 a	0,006 a	0,004 a	0,006 a
<b>URE.</b>	0,045 a	0,044 a	0,040 a	0,016 a	0,006 b	0,005 b
<b>F. AC.</b>	0,033 a	0,020 a	0,025 a	0,020 a	0,008 b	0,013 b

F. AC= fosfatase ácida, F. AL= fosfatase alcalina, ARIL=Arilsulfatase, URE= urease, BETA=β-glucosidase, FDA= Hidrolise de diacetato de fluoresceína. FO= floresta tropical seca, PP= pasto preservado, PD= pasto degradado. CBM= carbono da biomassa microbiana, COT= carbono orgânico total. As médias nas linhas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As enzimas da FDA, BETA e ARIL por unidade de COT apresentaram diferenças estatísticas nas áreas estudadas, com uma menor concentração destas na área sob PD na camada de (0 – 10 cm), mas na camada mais profunda (10 – 20 cm) as enzimas da ARIL e F. AC foram estatisticamente maiores nesta mesma área apesar da diminuição do COT (Tabela 3). Este resultado corrobora aos de Raiesi e Beheshti. (2014) que identificaram

alterações nas atividades das enzimas independente de mudanças no conteúdo de COT, quando avaliavam atividades enzimáticas após a conversão de floresta para o cultivo de arroz.

A menor atividade da BETA e FDA por unidade de COT nos solos de PD na camada de (0 – 10 cm) pode ter ocorrido pelo fato da  $\beta$ -glucosidase está ligada ao ciclo do carbono e ser responsável por hidrolisar a celulose presente nos resíduos das plantas, e como as pastagens desta área estavam degradadas a concentração de resíduos ricos em celulose era baixa, levando assim a redução da enzima. E como ocorreu uma redução na atividade enzimática a atividade microbiana consequentemente também foi reduzida, por isto os valores de FDA diminuíram.

Avaliando as enzimas específicas por unidade de CBM os solos sob FTS e PP não diferiram estatisticamente na camada de (0 – 10 cm), demonstrando que pastagens quando bem manejadas não afetam a atividade microbiana do solo. Mas na camada de (10 – 20 cm) maiores atividades enzimáticas foram observadas na área com FTS (Tabela 3). Medeiros et al. (2015) também não encontrou grandes reduções de atividades enzimáticas específicas quando estudou a conversão de FTS em áreas agrícolas na região semiárida do nordeste do Brasil, relatando que a redução depende do uso da terra e do tipo de enzima avaliada.

Solos desenvolvidos sob vegetação local (comunidade clímax) são considerados os solos de melhor qualidade e, portanto, apresentam o maior grau de equilíbrio entre todas as propriedades (WANG et al., 2012). Neste contexto, o solo da área com FTS deveria ter se sobressaído ao solo de PP mas, deve-se levar em consideração que a área estudada é de uma FTS em um Neossolo Regolítico localizado no semiárido, e que pastagens têm um papel fundamental no solo por influenciar na formação de agregados e consequentemente na abundância de micro-organismos (CUI e HOLDEN, 2015).

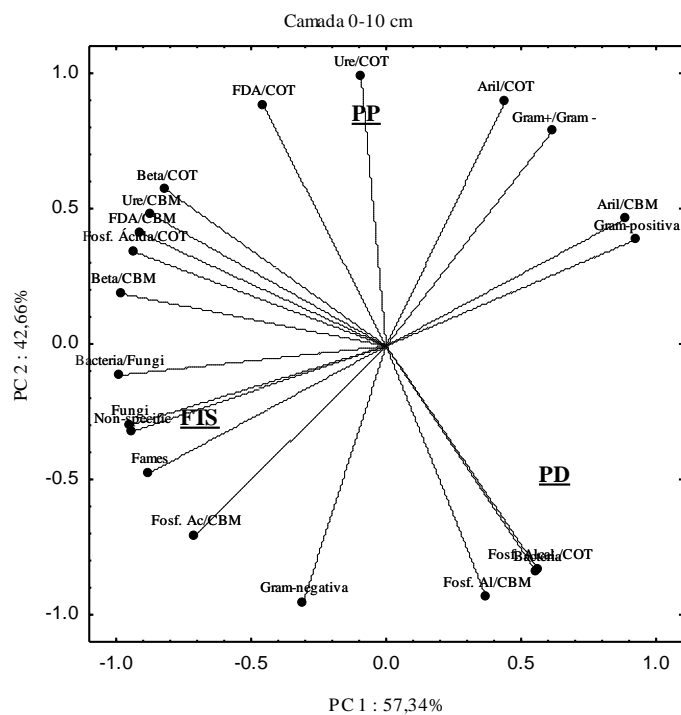
Diferente das atividades enzimáticas específicas por unidade de COT as enzimas da FDA e BETA por unidade de CBM expressaram valores elevados nas áreas com FTS e PP (Tabela 3). Corroborando com Tischer et al. (2014) que também encontram valores elevados de BETA em áreas de pastagens jovens e os resultados estavam relacionados a maior biomassa microbiana mantida pela disponibilidade de resíduos. E relata que os resultados das enzimas específicas baixas em áreas de pastagens antigas ocorrem devido à exaustão do substrato pois o C e N foram esgotados e com isto os microrganismos

investiram sua energia e nutrientes nas enzimas que produzem substratos que estão em falta.

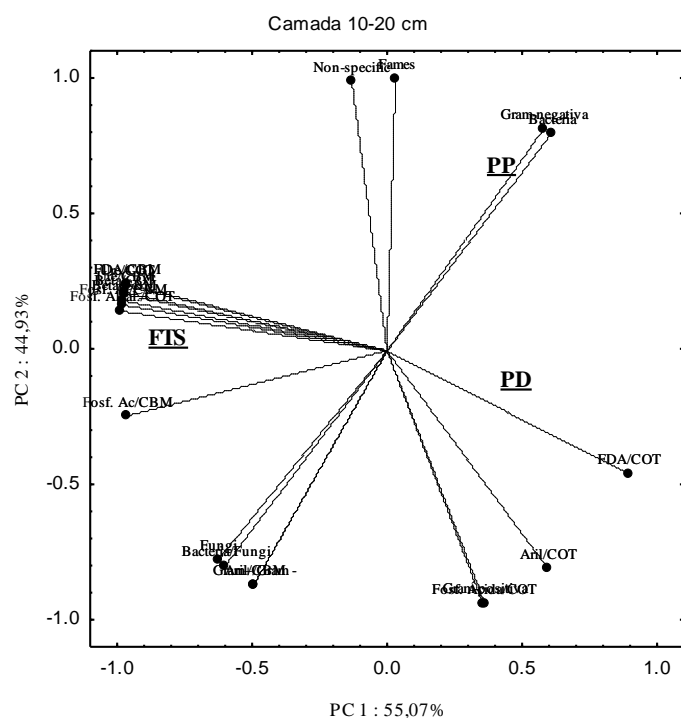
E segundo Raiesi e Beheshti. (2014) as atividades específicas das enzimas também podem ser utilizadas como um índice da capacidade fisiológica, assumindo que as atividades são devido à comunidade microbiana atualmente ou recentemente viável.

### **3.4. Análise multivariada**

A análise multivariada de componentes principais foi importante para o melhor entendimento da relação entre atributos microbianos e bioquímicos sensíveis em detectar diferenças entre as áreas com diferentes usos do solo e para visualizar nítida separação das áreas com diferentes níveis de conservação, como a floresta tropical seca (FTS) que está em quadrante diferente dos pastos preservado (PP) e pasto degradado (PD) (Figura 8). Esses resultados mostram uma clara diferença entre os parâmetros dos solos que foram selecionados. Observa-se que a FTS possui uma maior concentração de FAMES específicos, demonstrando uma alta diversidade de populações microbianas nesses solos considerados ecologicamente balanceados. Já em relação ao PP, há um grande número de vetores de atividades enzimáticas específicas, principalmente as AE por unidade de COT e mostra uma maior concentração de vetores quando comparado com o PD, demonstrando que a separação das áreas pelo uso da terra é confirmada pelos atributos microbianos do solo. As atividades enzimáticas específicas vêm sendo utilizada em diversos estudos que demonstram serem mais sensíveis que a atividade enzimática absoluta (Medeiros et al., 2015), corroborando com o presente trabalho.



A



B

**Figura 8.** Gráficos de vetores oriundos da análise de componentes principais (PCA) mostrando atividades enzimáticas específicas e concentração de FAMES de grupos específicos e clusters de áreas sob floresta tropical seca (FTS), pasto preservado (PP) e pasto degradado (PD). A) camada de 0-10 cm e B) camada de 10-20 cm. FDA= Hidrólise de diacetato de fluoresceína, BETA= $\beta$ -glucosidase, ARIL=Arilsulfatase, URE= urease, Fosf. AC= fosfatase ácida, Fosf. AL= fosfatase alcalina. FTS= floresta tropical seca, PP=



pasto preservado, PD= pasto degradado. CBM= carbono da biomassa microbiana, COT= carbono orgânico total.

As variáveis que mais se correlacionaram com a PC1 na camada de 0-10 cm foram: Relação bactéria/fungo> Beta/CBM> Fungo> Não-específico> Fosf. Ácida/COT> Gram-positiva> FDA/CBM> Aril/CBM> URE/CBM=Total FAMES> Beta/COT> Fosf. Ac/CBM, na qual foram responsáveis por 57,34% da variação dos dados, enquanto que a PC2 foi responsável por 47,66% (Figura 8 A). As variáveis que se correlacionaram com a PC2 foram: URE/COT> Gram-negativa> Fosf. Al/CBM> Aril/COT> FDA/COT> Bactéria= Fosf. Alcal/COT> Gram+/ Gram-. Tais dados aqui reunidos mostram que a distribuição espacial das áreas sob diferentes usos está mais relacionada à população microbiana e atividades enzimáticas específicas, sendo consistente com outros trabalhos (RAIESI e BEHESHTI, 2014).

Comportamento semelhante foi observado na camada de 10-20 cm na qual as áreas foram distribuídas espacialmente em diferentes quadrantes e que as áreas de FTS foram as que apresentaram maiores quantidades de vetores correlacionados (Figura 8 B). Porém, todas as atividades enzimáticas específicas foram as variáveis que se correlacionaram com a PC1, enquanto que as populações microbianas correlacionaram-se com o PC2, reafirmando a hipótese de que as atividades enzimáticas específicas por unidade de CBM e COT são os atributos mais sensíveis do solo (Medeiros et al., 2015).

#### 4. CONCLUSÕES

1. A degradação de pastagens afetou a comunidade microbiana e as atividades enzimáticas de Neossolo Regolítico no Semiárido do Brasil.
2. O tipo de vegetação se mostrou como um dos principais fatores responsável pela variação da comunidade microbiana de Neossolo Regolítico, sendo alguns microorganismos mais sensíveis a alterações no uso do solo.
3. As atividades enzimáticas se mostraram eficientes na avaliação da qualidade do solo devido mudanças em sua vegetação, e este trabalho confirmou que as atividades microbianas reduzem com o aumento da profundidade analisada.
4. A avaliação das enzimas específicas mostrou o quanto as atividades das enzimas são influenciadas pelo COT e CBM, onde as enzimas por unidade de CBM expressaram valores mais elevados, e as enzimas podem apresentar alterações independentes do conteúdo de COT.
5. A análise multivariada de componentes principais agrupou os solos em diferentes quadrantes, demonstrando uma elevada diversidade de populações microbianas em solos florestais, considerados ecologicamente equilibrado. Além disso, o pasto preservado mostrou um grande número de vetores de atividades enzimáticas específicas por unidade de COT. A proporção Fungos / Bactérias > beta / SOC > fungos totais são sensíveis para a detecção de mudanças tropical Neossolo Regolítico e pode ser utilizado para prever a degradação da pastagem.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARYA, B. S.; RASMUSSEN, J.; ERIKSEN, J. Grassland carbon sequestration and emissions following cultivation in a mixed crop rotation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 153, p. 33–39, 2012
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; HAMID, K. I. A.; YADA, I. F. U.; BARBOSA, G. M. C.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**. v. 490, p. 397-404, 2014.
- BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society American Journal**, v.52, p. 191-1192, 1988.
- 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 <sup>13</sup>C-labelled rice straw. **Applied Soil Ecology**, v. 53, p. 1-9, 2012.
- BOWLES, T. M.; MARTÍNEZ, V. A.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 68, p. 252-262, 2014.
- BRADLEY, K., DRIJBER, R. A., & KNOPS, J. Increased N availability in grassland soils modifies their microbial communities and decreases the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 38, p. 1583-1595, 2006.
- CHEN, W., HOITINIK, A.J., SCHMITTHENNER, A.F., TOUVINEN, O.H., The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**. v. 78, p. 314-322, 1988.
- CUI, J.; HOLDEN, N. M. The relationship between soil microbial activity and microbial biomass, soil structure and grassland management. **Soil & Tillage research**. v.146, p.32-38, 2015.
- CUNHA, A.P.M.; ALVALÁ, R.C.; NOBRE, C.A.; CARVALHO, M.A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214-215, p. 494-505, 2015.

- DONG, W. Y.; ZHANG, X. Y.; LIU, X. Y.; FU, X. L.; CHEN, F. S.; WANG, H. M.; SUN, X. M.; WEN, X. F. Responses of soil microbial communities and enzyme activities to nitrogen and phosphorus additions in Chinese fir plantations of subtropical China. **Biogeosciences**. v. 12, p. 5537–5546, 2015
- DORODNIKOV, M.; BLAGODATSKAYA, E.; BLAGODATSKY, S.; MARHANŞ, S.; FANGMEIER, A.; KUZYAKOV, Y. Stimulation of microbial extracellular enzyme activities by elevated CO<sub>2</sub> depends on soil aggregate size. **Global Change Biology**. v. 15, p. 1603–1614, 2009.
- EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília DF: Embrapa. 2º Ed., 2009, 627p.
- EVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Phosphatases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.9, p.167-172. 1977.
- EVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Glucosidases and Galactosidases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20 p. 601-606, 1988.
- FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 913-932, 2010.
- FRIGHETTO, R. T.S.; VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, 198p.
- FROSTEGÅRD, Å.; BÅÅTH, E. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 22, p. 59-65, 1996.
- GIACOMETTI, C.; CAVANI, L.; BALDONI, G.; CIAVATTA, C.; MARZADORI, C.; KANDELER, E. Microplate-scale fluorometric soil enzyme assays as tools to assess soil quality in a long-term agricultural field experimente. **Applied Soil Ecology**. v. 75, p. 80-85, 2014.
- GREEN, V. S.; STOTT, D.E.; DIACK, M. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 38, p. 693–701, 2006

- GRISCOM, H. P.; ASHTON, M. S. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. **Forest Ecology and Management**. v. 261, p. 1564-1579, 2011.
- HANNACHI, N.; COCCO, S.; FORNASIER, F.; AGNELLI, A.; BRECCIAROLI, G.; MASSACCESI, L.; WEINDORF, D.; CORTI, G. Effects of cultivation on chemical and biochemical properties of dryland soils from southern Tunisia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**.v. 199, p. 249-260, 2015
- HU, Y.; XIAN, D.; VERESOGLOU, S. D.; CHEN, F.; CHEN, Y.; HAO, Z.; ZHANG, X.; CHEN, B. Soil organic carbon and soil structure are driving microbial abundance and community composition across the arid and semi-arid grasslands in northern China. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 77, p. 51-57, 2014
- JEANNOTTE, R.; HAMEL, C.; JABAJI, S.; WHALEN, J. K. Comparison of solvent mixtures for pressurized solvent extraction of soil fatty acid biomarkers. **Talanta**. v. 77, p.195–199, 2008
- JEANNOTTE, R., HAMEL, C., JABAJI, S., WHALEN, J. K. Comparison of solvent mixtures for pressurized solvent extraction of soil fatty acid biomarkers. **Talanta**. v. 77, p. 195–199, 2008.
- KANDELER, E. & GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biology Fertility Soils**, v. 6, p. 68-72, 1988.
- KOTROCZÓ, Z.; VERES, Z.; FEKETE, I.; KRAKOMPERGER, Z.; TÓTH, J. A.; LAJTHA, K.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 70, p. 237-243, 2014.
- LINSLER, D.; TAUB, F.; GEISSELER, D.; JOERGENSEN, R. G.; LUDWIG, B. Temporal variations of the distribution of water-stable aggregates, microbial biomass and ergosterol in temperate grassland soils with different cultivation histories. **Geoderma**. v. 241-242, p. 221–229, 2015.
- LIPINSKA, A.; KUCHARSKI, J.; WYSZKOWSKA, J. Activity of Arylsulphatase in Soil Contaminated with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. **Water Air Soil Pollut**. v. 225, p. 2097, 2014.

- LV, Y.; WANG, C.; JIA, Y.; WANG, W.; MA, X.; DU, J.; PU, G.; TIAN, X. Effects of sulfuric, nitric, and mixed acid rain on litter decomposition, soil microbial biomass, and enzyme activities in subtropical forests of China. **Applied Soil Ecology**, v. 79, p. 1 – 9, 2014.
- MACHADO, C. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; ALVES, E. M.; SOUZA, E. S.; RIBEIRO, A. A.; FIRMINO, F. H. T. Fluxos de água no consórcio milho-pastagem na microbacia hidrográfica do Rio Mundaú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, p. 731-740, 2015.
- MARTINEZ, V. A.; KUCERA, J. M.; GARDNER, J. C. T.; WESTER, D. Soil enzyme activities during the 2011 Texas record drought/heat wave and implication to biogeochemical cycling and organic matter dynamics. **Applied Soil Ecology**. v. 75, p. 43-51, 2014.
- MECHRI, B.; ATTIA, F.; TEKAYA, M.; CHEHEB, H.; HAMMAMI, M. Agronomic application of olive mill wastewaters with rock phosphate increase the 10Me18:0 fatty acid marker of actinomycetes and change rhizosphere microbial functional groups under long-term field conditions. **Soil Biology and Biochemistry**. v.70, p. 62-65, 2014.
- MEDEIROS, E.V.; NOTARO, K.A.; BARROS, J.A.; MORAES, W.S.; SILVA, A.O.; MOREIRA, K.A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. **Soil & Tillage research**. v.145, p.208-215, 2014.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa: UFV, p.86-92, 2005.
- MERILES, J. M., VARGAS GIL, S., CONFORTO, C., FIGONI, G., LOVERA, E., MARCH, G. J., & GUZMÁN, 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 and Tillage Research**. v. 103, p. 271-281, 2009.
- NESPER, M.; BUNEMANN, E. K.; FONTE, S. J.; RAO, I. M.; VELÁSQUEZ, J. E. RAMIREZ, B.; HEGGLIN, D.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Pasture degradation decreases organic P content of tropical soils due to soil structural decline. **Geoderma**. v. 257-258, p. 123-133, 2015.

- PAGOTTO, M.A.; ROIG, F.A.; RIBEIRO, A.S.; LISI, C.S. Influence of regional rainfall and Atlantic sea surface temperature on tree-ring growth of *Poincianella pyramidalis*, semiarid forest from Brazil. *Dendrochronologia*, v. 35, p. 12-23, 2015.
- PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; BOHRA, J. S. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. **Soil & Tillage Research**. v. 136, p. 51-60, 2014.
- PANETTIERI, M.; KNICKER, H.; MURILLO, J. M.; MADEJÓN, E.; HATCHER, P. G. Soil organic matter degradation in an agricultural chronosequence under different tillage regimes evaluated by organic matter pools, enzymatic activities and CPMAS <sup>13</sup>C NMR. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 78, p. 170-181, 2014.
- PIUTTI, S.; SLEZACK-DESCHAUMES, S.; NIKNAHAD-GHARMAKHER, H.; VONG, P. C.; RECOUS, S.; BENIZRI, E. Relationships between the density and activity of microbial communities possessing arylsulfatase activity and soil sulfate dynamics during the decomposition of plant residues in soil. **European Journal of Soil Biology**. v. 70, p. 88-96, 2015.
- PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**. v. 143, p.144-155, 2010.
- QIAN, X.; GU, J.; SUN, W.; LI, Y. D.; FU, Q. X. WANG, X. J.; GAO, H. Changes in the soil nutrient levels, enzyme activities, microbial community function, and structure during apple orchard maturation. **Applied Soil Ecology**. v. 77, p. 18-25, 2014.
- RAIESI, F.; BEHESHTI, A. Soil specific enzyme activity shows more clearly soil responses to paddy rice cultivation than absolute enzyme activity in primary forests of northwest Iran. **Applied Soil Ecology**. v. 75, p. 63-70, 2014.
- RAVINDRAN, A.; YANG, S. S. Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**. v. 48, p. 362-369, 2015.
- ROSENZWEIG, S. T.; CARSON, M. A.; BAER, S. G.; BLAIR, J. M. Changes in soil properties, microbial biomass, and fluxes of C and N in soil following post-agricultural grassland restoration. **Applied Soil Ecology**. v. 100, p. 186-194, 2016.

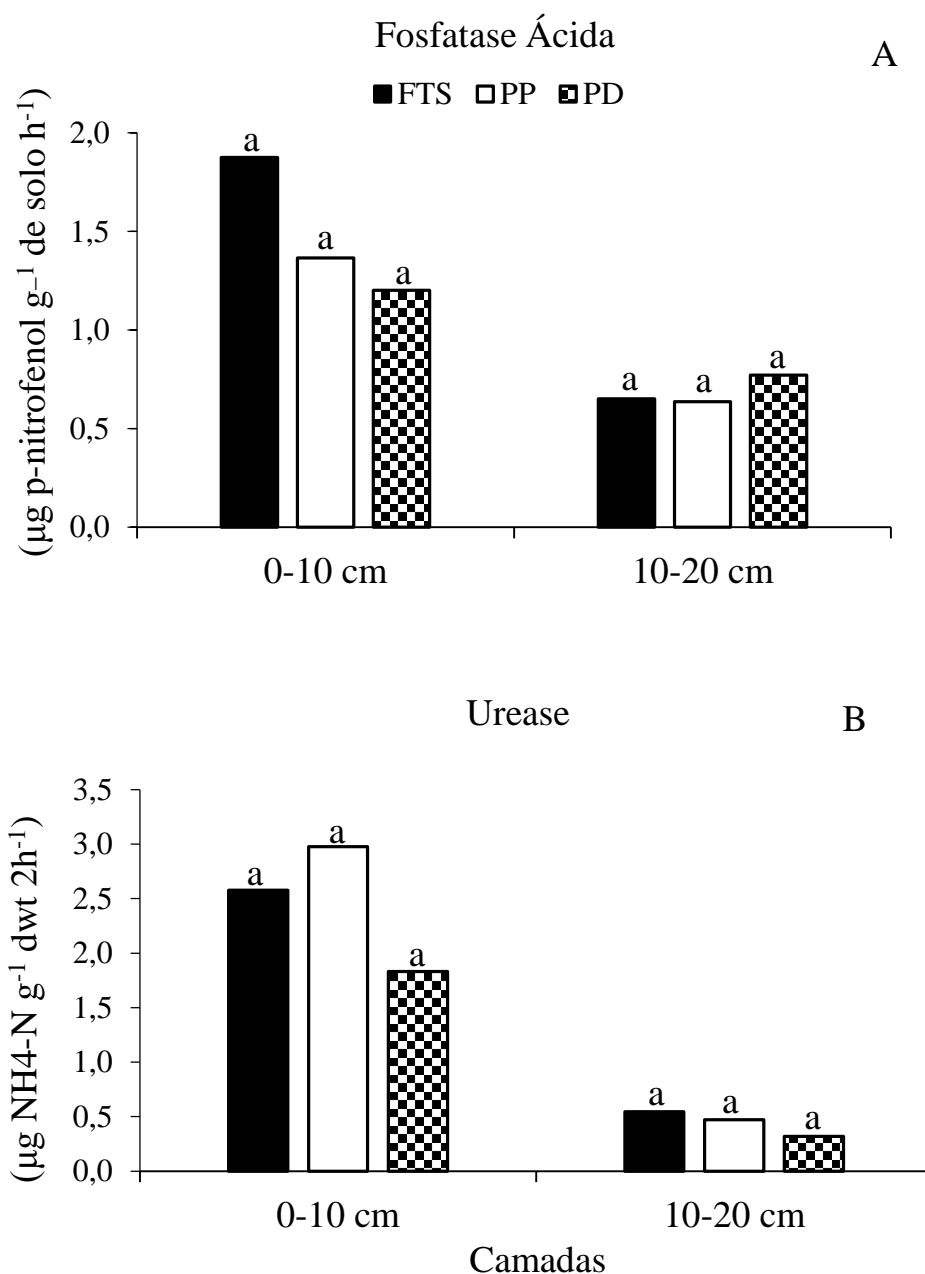
- SARUYAMA, N.; SAKAKURA, Y.; ASANO, T.; NISHIUCHI, T.; SASAMOTO, H.; KODAMA, H. Quantification of metabolic activity of cultured plant cells by vital staining with fluorescein diacetate. **Analytical Biochemistry**. v. 441, p. 58–62, 2013.
- SCHNECKER, J.; WILD, B.; FUCHSLUEGER, L.; RICHTER, A. A field method to store samples from temperate mountain grassland soils for analysis of phospholipid fatty acids. **Soil Biology and Biochemistry**. V. 51, p. 81-83, 2012.
- SCHUTTER, M. E.; DICK, R. P. Comparison of fatty acid methyl ester (FAME) methods for characterizing microbial communities. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 1659-1668, 2000.
- SILVA, F. A. S. & AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, G.L.; LIMA, H.V.; CAMPANHA, M.M.; GILKES, R.J.; OLIVEIRA, T.S. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. *Geoderma*, v. 167 - 168, p. 61 – 70, 2011.
- SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do paraíba do sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do solo** v. 36, p. 1680-1689, 2012.
- SILVA, R. A. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; GONDIM, P. S. S.; SOUZA, E. S.; JÚNIOR, G. B. Balanço hídrico em neossolo regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p.147-157, 2014.
- SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v. 34, p. 79-88, 2010.



- STONE, M. M.; DeFOREST, J. L.; PLANTE, A. F. Changes in extracellular enzyme activity and microbial community structure with soil depth at the Luquillo Critical Zone Observatory. **Soil Biology and Biochemistry**. V. 75, P. 237-247, 2014.
- TABATABAI, M. A. e BREMMER, J.M. Assay of urease activity of soils. **Soil Biology and Biochemistry**. V.4, p. 479-487. 1972.
- TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology Biochemistry**. v.20, p.329-335, 1988.
- TISCHER, A.; BLAGODATSKAYA, E.; HAMER, U. Extracellular enzyme activities in a tropical mountain rainforest region of southern Ecuador affected by low soil P status and land-use change. **Applied Soil Ecology**. v. 74, p. 1-11, 2014.
- TISCHER, A.; BLAGODATSKAYA, E.; HAMER, U. Microbial community structure and resource availability drive the catalytic efficiency of soil enzymes under land-use change conditions. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 89, p. 226-237, 2015.
- USHIO, M.; KITAYAMA, K.; BALSER, T.C. Tree species effects on soil enzyme activities through effects on soil physicochemical and microbial properties in a tropical montane forest on Mt. Kinabalu, Borneo. **Pedobiologia**. v. 53, p. 227-233, 2010.
- VANCE, E. D.; BROOKS, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology Biochemistry**. v.19, p. 703-707, 1987.
- WANG, B.; XUE, S.; LIU, G. B.; ZHANG, G. H.; LI, G.; REN, Z. P. Changes in soil nutrient and enzyme activities under different vegetations in the Loess Plateau area, Northwest China. **Catena**. v. 92, p. 186-195, 2012.
- WU, X.; LI, Z.; FU, B.; ZHOU, W.; LIU, H.; LIU, G. Restoration of ecosystem carbon and nitrogen storage and microbial biomass after grazing exclusion in semi-arid grasslands of Inner Mongolia. **Ecological Engineering**. v. 73, p. 395-403, 2014.
- XUN, W.; HUANG, T.; ZHAO, J.; RAN, W.; WANG, B.; ZHANG, R. Environmental conditions rather than microbial inoculum composition determine the bacterial composition, microbial biomass and enzymatic activity of reconstructed soil microbial communities. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 90, p. 10-18, 2015.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.

## 6. ANEXO



**Figura 7.** A) Atividades de enzimas absolutas da Fosfatase ácida e B) Urease em Neossolo Regolítico cultivado com floresta tropical seca, pasto preservado e pasto degradado. FTS= floresta tropical seca, PP= pasto preservado e PD= pasto degradado. Letras iguais não diferem estatisticamente na mesma profundidade.

## **CAPÍTULO II**

### **COMUNIDADE E ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS ARENOSOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

## RESUMO

Os processos de conversão de áreas de florestas em pastagens causam mudanças no uso da terra que trazem consequências nas propriedades desse ecossistema. A comunidade microbiana é extremamente útil no estudo de perturbações causadas no solo após alguma alteração. Este trabalho teve como objetivo a caracterização microbiológica e bioquímica dos solos da região semiárida de Pernambuco após a conversão de florestas tropicais secas em áreas de pastagens. Foram selecionadas 5 cidades do Semiárido do Estado de Pernambuco, onde foram coletadas amostras de solos em duas camadas (0-5 e 5-10 cm). Duas áreas foram selecionadas uma com vegetação natural (Floresta tropical seca-FTS) e, ao lado da mesma, uma área convertida em pastagem. Foram determinadas as análises do carbono orgânico total (COT), perfis de ácidos graxos da comunidade microbiana (FAMES) e atividades enzimáticas absolutas, fosfatase ácida (F. AC), fosfatase alcalina (F. AL), arilsulfatase (ARIL), e urease (URE). A comunidade microbiana e as atividades enzimáticas foram afetadas de diferentes formas após a conversão de FTS em áreas de pastagens. A quantificação do FAMES nas diferentes cidades analisadas demonstrou que as populações de fungos são mais sensíveis a alterações no uso do solo que as populações bacterianas. As atividades das enzimas absolutas da F. AL e ARIL diminuíram significativamente quando os solos de FTS foram convertidos em pastagens. A conversão de floresta tropical seca em pasto no Estado de Pernambuco causa mudanças na qualidade do solo, principalmente em populações de bactérias Gram + e fungos totais, além das atividades enzimáticas, demonstrando que esses atributos foram sensíveis em detectar mudanças nesses solos.

**Palavras-chave:** Pastagens, FAMES, Biomassa microbiana.

**ABSTRACT**

The conversion processes of forest to pasture areas causes changes in land use that bring consequences on the properties of this ecosystem. The microbial community is extremely useful in the study of soil disturbances after land use. The objective of this study was to the microbiological and biochemical characterization of soils from semiarid region of Pernambuco after conversion of tropical dry forests in pastures. We selected five cities from Pernambuco State and collected the soil samples in two layers (0-5 and 5-10 cm). Two areas were selected: one with natural vegetation (dry tropical forest FTS) and, next to it, an area converted to pasture. We determined the total organic carbon (TOC), fatty acid profiles of the microbial community (FAMES) and absolute enzyme activity of acid phosphatase (F AC), alkaline phosphatase (F. AL), arylsulfatase (ARIL), and urease (URE). The microbial community and enzymatic activities were affected differently after conversion of FTS in pastures. Quantification of FAMES in different cities analyzed showed that the populations of fungi are more sensitive to changes in land use than bacterial populations. The activities of F. AL and ARIL decreased significantly when the FTS soils have been converted to pasture. The conversion of tropical dry forest to pasture in the cities of Pernambuco causes changes in soil quality, especially in populations of Gram + bacteria and total fungi , besides the enzymatic activities , showing that these attributes were sensitive to detect changes in these soils.

**Keywords:** Grasslands, FAMES, microbial biomass.

## 1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, os solos das regiões semiáridas foram considerados ruins para produção agrícola, mas essas áreas são fundamentais para o sustento de grande parte da população humana. Nestas regiões, o clima é um dos principais fatores que definem a vegetação, a qual é composta por espécies xerófilas e lenhosas (CUNHA et al., 2010). Segundo Cunha et al. (2010) as principais classes de solos que compõem o semiárido brasileiro são Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Planossolos, Vertissolos, Cambissolos e Neossolos sendo esta última classe uma das que mais predominam na região semiárida do Nordeste Pernambucano.

O solo é composto por micro-organismos eucariotos e procariotos metabolicamente ativos sendo considerado um ambiente heterogêneo e dinâmico (PEZZOLLA et al., 2015). Segundo Mbutia et al. (2015) o termo “qualidade do solo” é referente a contínua capacidade do solo de funcionar como um sistema vivo vital, que sustente o desenvolvimento das plantas, animais e saúde humana, sem perder ao longo do tempo sua produtividade biológica e a qualidade ambiental.

Os micro-organismos são fundamentais no desenvolvimento do solo, pois participam da maioria das reações que ocorrem nesse ambiente, como a decomposição da MO e formação de húmus (HERNÁNDEZ et al., 2015). Estes catalisam quase todas as atividades bioquímicas do solo, sendo considerados marcadores de fertilidade devido seu papel na ciclagem dos nutrientes (PEZZOLLA et al., 2015).

As coberturas florestais da região nordeste do semiárido brasileiro, vem sendo reduzidas devido ao desmatamento e aumento da exploração agrícola (Araujo et al., 2011). O processo de conversão de áreas de florestas em pastagens se inicia com o corte da biomassa lenhosa e, posteriormente, a queima da mesma, alterando as propriedades desse ecossistema. No entanto, o grau de perturbação antrópica provocado no ambiente será expressado por fatores como, por exemplo, a prática de gestão, duração, frequência, intensidade e a magnitude das alterações que é submetido o ambiente (TRILLERAS et al., 2015).

A comunidade microbiana é extremamente útil no estudo de perturbações causadas no solo após alguma alteração, pois os micro-organismos são muito sensíveis e respondem rapidamente a mudanças no ecossistema (HERNÁNDEZ et al., 2015). Assim sendo, compreender a resposta dos micro-organismos a alterações no uso do solo e

estudar as causas que modificam as comunidades microbianas podem ser essenciais na promoção da qualidade de um solo agrícola (LI et al., 2015).

Segundo Pezzolla et al. (2015) a caracterização da microbiota do solo realizada através de técnicas de marcadores bioquímicos como atividade de enzimas do solo e ácidos graxos de fosfolípidios (PLFA) são mais eficientes que as análises tradicionais, uma vez que, estas dependem de cultura dos micro-organismos. As enzimas também são consideradas indicadores microbiológicos de qualidade em regiões úmidas e semiáridas (ACOSTA-MARTINEZ et al., 2014), pois exercem importante papel na disponibilização dos nutrientes às plantas e para os próprios micro-organismos que as catalisam, estando diretamente envolvidas na fertilidade do solo (HERNÁNDEZ et al., 2015).

As análises de biomarcadores de ácidos graxos estão sendo muito utilizados na avaliação da alteração da comunidade microbiana quando submetidas a diferentes condições ambientais (PEZZOLLA et al., 2015), já que sua presença no solo indica a existência de biomassa microbiana viável (HERNÁNDEZ et al., 2015).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização microbiológica dos solos da região semiárida de Pernambuco após a conversão de florestas tropicais secas em áreas de pastagens.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Áreas de estudo, coleta e atributos dos solos

Foram coletadas amostras de solo no período seco do ano (maio de 2014) em 5 cidades localizadas no Semiárido do Estado de Pernambuco. Duas áreas foram selecionadas uma com vegetação natural (Floresta tropical seca-FTS) e, ao lado da mesma, uma área convertida em pastagem (Tabela 1).

Em cada área foram selecionadas um quadrante de 100 m<sup>2</sup> e abertas quatro mine-trincheiras (repetições) nas dimensões de 20 x 20 cm, distribuídas aleatoriamente, distantes 10 m entre si, onde foram coletadas amostras de solo em duas camadas (0 – 5 e 5 – 10 cm) de profundidades.

**Tabela 1.** Localização e formas de utilização das áreas estudadas

Cidades	Utilização da área	Abreviação	Utilização da área	Abreviação
Canhotinho		FTS-1		P-1
Garanhuns	Floresta	FTS-2		P-2
Jucati	Tropical Seca	FTS-3	Pastagem	P-3
São Caetano		FTS-4		P-4
São João		FTS-5		P-5

As amostras de solo foram imediatamente transportadas para a central de laboratórios de Garanhuns (CENLAG) - UFRPE, setor de biotecnologia, onde foram removidas as raízes e pedras e peneirado em uma malha <2 mm. Sub-amostras foram armazenadas no congelador para análise de FAMES e atividades enzimáticas e outra parte foi secada ao ar (TFSA) para as análises dos atributos físicos e químicos dos solos.

Nas análises físicas, foram determinadas a composição granulométrica pelo método do densímetro com modificações (RUIZ, 2005); a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, pelo extrator de Richards, bem como a densidade do solo (DAS) de acordo com metodologia proposta pela EMBRAPA (1997) (Tabela 2).

O carbono orgânico do solo (COS) e conteúdo de nitrogênio total (NT) foram determinados em solos de amostras duplicadas, por combustão-seca utilizando analisador elementar (Perkin Elmer 2400 Series II) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Atributos físicos e químicos dos solos do semiárido pernambucano

	Argila		Areia		Silte		DAS		COS		NT		C/N	
	(g kg <sup>-1</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )		(g cm <sup>-1</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )			
Camadas (cm)														
	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10
Local	<b>Áreas com FTS</b>													
FTS-1	40	40	789	735	171	226	1,19	1,20	21,5	11,5	4,9	3,8	4,4	3,0
FTS-2	50	90	888	823	62	87	1,14	1,34	23,1	20,1	4,1	4,2	5,6	4,8
FTS-3	60	20	890	931	51	49	1,20	1,39	22,3	13,5	4,8	3,9	4,7	3,5
FTS-4	20	29	831	814	149	156	1,18	1,23	23,5	20,7	4,4	3,9	5,3	5,3
FTS-5	30	89	785	707	186	204	1,19	1,30	20,8	12,3	4,2	3,6	5,0	3,4
	<b>Áreas com Pastagens</b>													
P-1	29	30	833	843	138	127	1,34	1,48	16,2	10,2	4,7	4,1	3,5	2,5
P-2	79	58	852	871	68	72	1,20	1,25	14,3	18,1	3,9	4,2	3,7	4,3
P-3	20	20	885	898	95	82	1,34	1,36	11,3	13,8	3,8	4,3	3,0	3,2
P-4	20	20	848	853	133	127	1,27	1,33	11,5	13,8	3,6	3,9	3,2	3,5
P-5	40	40	813	775	147	185	1,24	1,32	14,8	14,2	4,1	4,0	3,6	3,6

FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João. DAS= densidade aparente do solo, COS= carbono orgânico do solo, NT= nitrogênio total e relação carbono e nitrogênio (C/N).

## 2.2. Análise da comunidade microbiana de solos arenosos após alteração da vegetação

A estrutura de micro-organismos do solo foi estimada através da análise de perfis de ácidos graxos da comunidade microbiana (FAMES), por cromatografia gasosa, segundo Schutter e Dick (2000).

A nomenclatura para os ácidos graxos foi a descrita por Frostegard et al. (1996). Os números de FAME detectados no extrato de solo são: i-C15:0; a-C15:0; i-C16:0, i-C17:0 para bactérias Gram-positivas (BRADLEY et al., 2006; BLAUD et al., 2012); C12:0 2OH; C12:0 3 OH; C14:0 20H; C14:0 OH; C16:1(9)cis; C17:0(9,10)cis; C16:0 2OH; cisC19:0 para bactérias Gram-negativas (MERILES et al., 2009; BLAUD et al., 2012); C18:2(9,12)cis; C18:1(9)cis para fungos saprófitos (BRADLEY et al., 2006); C14:0; C15:0; C16:0; C17:0; C18:0 não específicos (BRADLEY et al., 2006; BLAUD et al., 2012).

A partir dos dados de FAMES foram calculadas as relações entre fungos e bactérias (Relação F/B) e a relação entre bactérias Gram+ e Gram- (Relação Gram+/Gram-).

### **2.3. Atividade enzimáticas absolutas de solos arenosos após alteração da vegetação**

Para determinação das enzimas as amostras foram mantidas sob refrigeração (4°C) e, posteriormente, quantidades específicas para cada atividade foram pesadas em balança analítica e submetidas a incubação com o substrato adequado padrão Sigma-Aldrich. Os produtos liberados após a filtragem foram quantificados por colorimetria em comprimento específico para cada enzima, a absorbância dos produtos foi mensurada por espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Cambridge, England). As atividades enzimáticas absolutas foram expressas em microgramas de produto produzido por grama de solo e por tempo específico.

Foram quantificadas 4 atividades enzimáticas absolutas: F. AC= fosfatase ácida (E.C. 3.1.3) estimada conforme Eivazi e Tabatabai (1977); F. AL= fosfatase alcalina (E.C. 3.1.3), ARIL= arilsulfatase (E.C. 3.1.6.1), e URE= urease (E.C. 3.5.1.5), determinadas segundo a metodologia proposta por Eivazi e Tabatabai (1988), Eivazi e Tabatabai (1977), Tabatabai e Bremmer (1972) e Kandeler e Gerber (1988), respectivamente.

### **2.4. Análise estatística**

Devido a precisão do cromatógrafo gasoso, os dados de FAMES foram submetidos à análise descritiva de dados e os de atividades enzimáticas absoluta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade no programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2009).

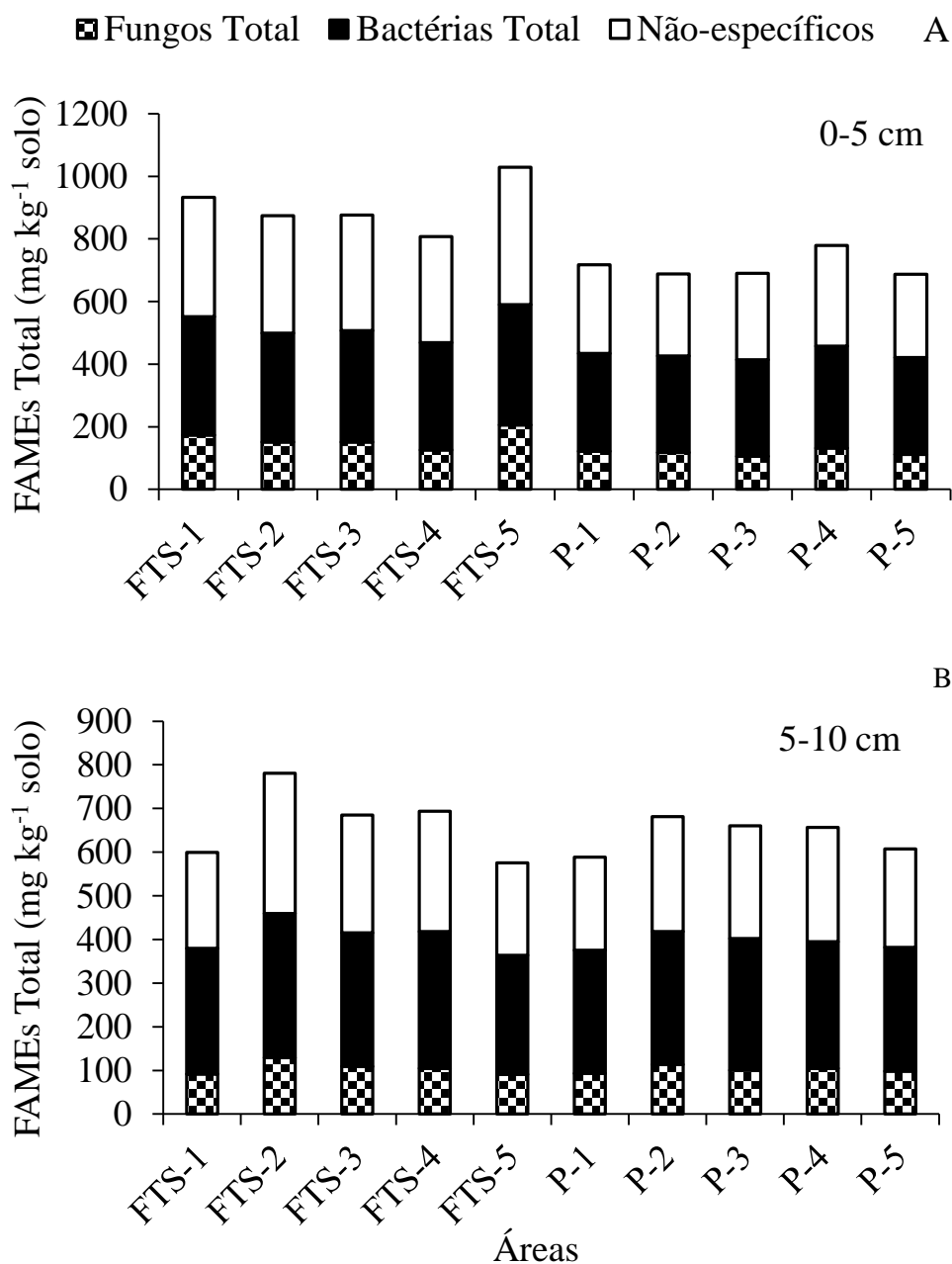
### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Estrutura e comunidade microbiana de solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS em áreas de pastagem**

A conversão de FTS em áreas agrícolas foi capaz de influenciar de diferentes formas a concentração de FAMES totais em solos arenosos do semiárido pernambucano (Figura 1. A e B). Com exceção da área P-4 (Figura 1. A) que apresentou um leve aumento na concentração da população de fungos totais após a conversão, em todas as outras áreas tanto a população de Bactérias totais, Fungos totais como a de Não-específico foram diminuídas com a alteração no uso do solo. No entanto, a população de Bactérias totais apresentou maior concentração se comparada a população de Fungos totais e a população de Não-específicos.

Segundo Nazaries et al. (2015) mudanças no uso da terra pode ter impactos diretos significativos nas comunidades microbianas do solo, pois podem ocorrer alterações na qualidade e quantidade de fotossintatos e serapilheira liberados pelas vegetações. Maiores concentrações de bactérias que de fungos também foram observadas por Hernandez et al. (2015) ao avaliarem uma estratégia para a regeneração dos solos degradados no semiárido do Sudeste da Espanha, e atribuíram isto ao fato de existir concorrência entre as comunidades de fungos e bactérias.

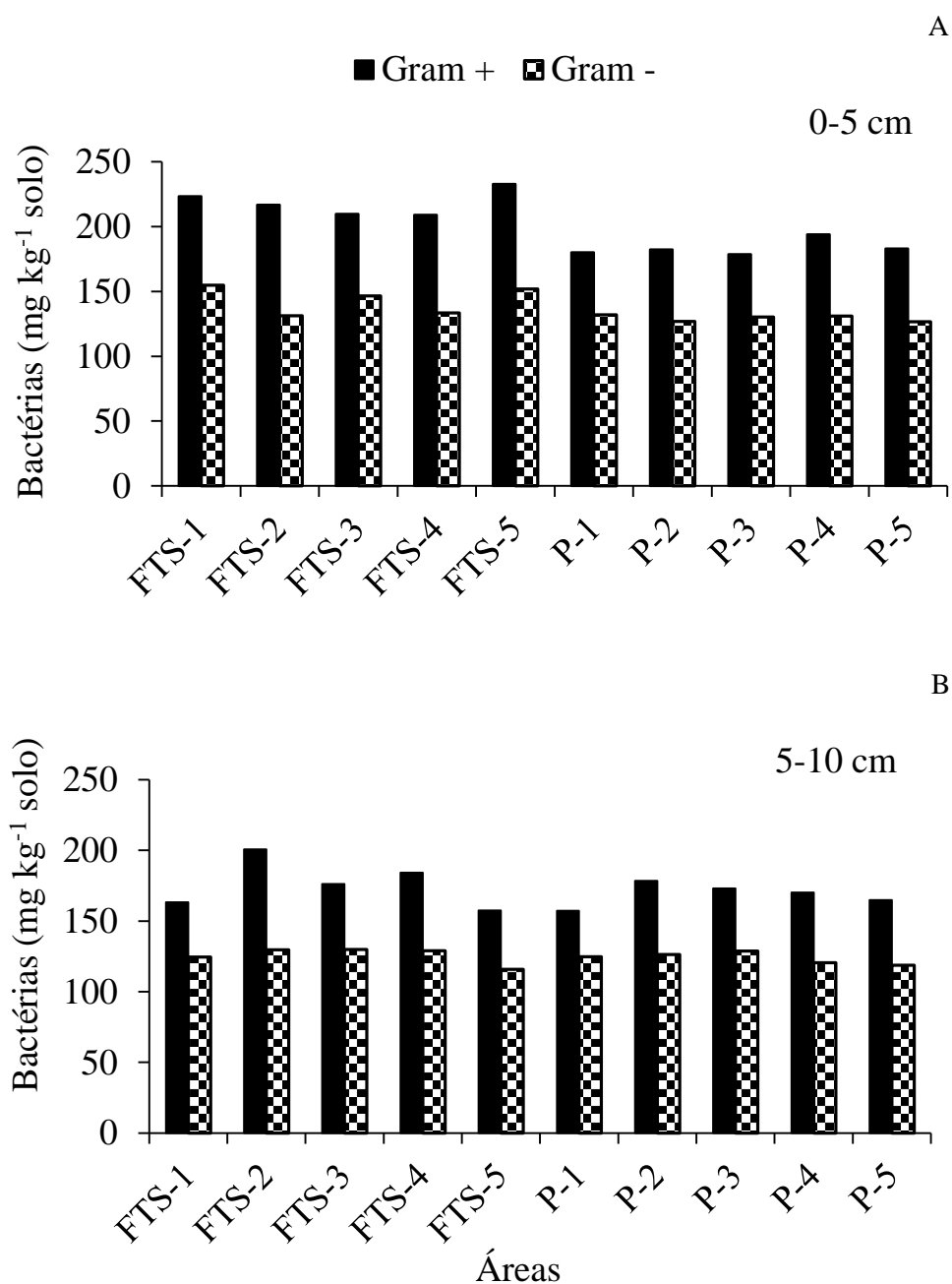
Os micro-organismos possuem taxas específicas de metabolização de substratos diferentes, bactérias possuem um metabolismo muito mais rápido que os fungos após a adição de substratos mais facilmente disponíveis, com isto a biomassa bacteriana apresenta um volume de crescimento mais rápido, sobressaindo assim às populações fúngicas (PEZZOLLA et al., 2015). Além disso, existem relatos de trabalhos que maiores concentrações da comunidade bacteriana produzem um efeito inibitório sobre o crescimento da população fúngica, quando se adiciona uma fonte de carbono disponível, pois bactérias podem produzir compostos antifúngicos (HERNANDEZ et al., 2015).



**Figura 1.** Concentração de FAMES Total em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João.

Na avaliação da comunidade de bactérias Gram+ e Gram- foram observadas leves diminuições nas concentrações destas populações (Figura 2. A e B) após a conversão de FTS em pastagens, o que era de se esperar, devido a diminuição observada na população

de Bactérias totais. Entretanto, a população de bactérias Gram+ apresentou maior concentração que a população de bactérias Gram- (Figura 2. A e B).



**Figura 2.** Concentração de bactérias Gram + e Gram - em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João.

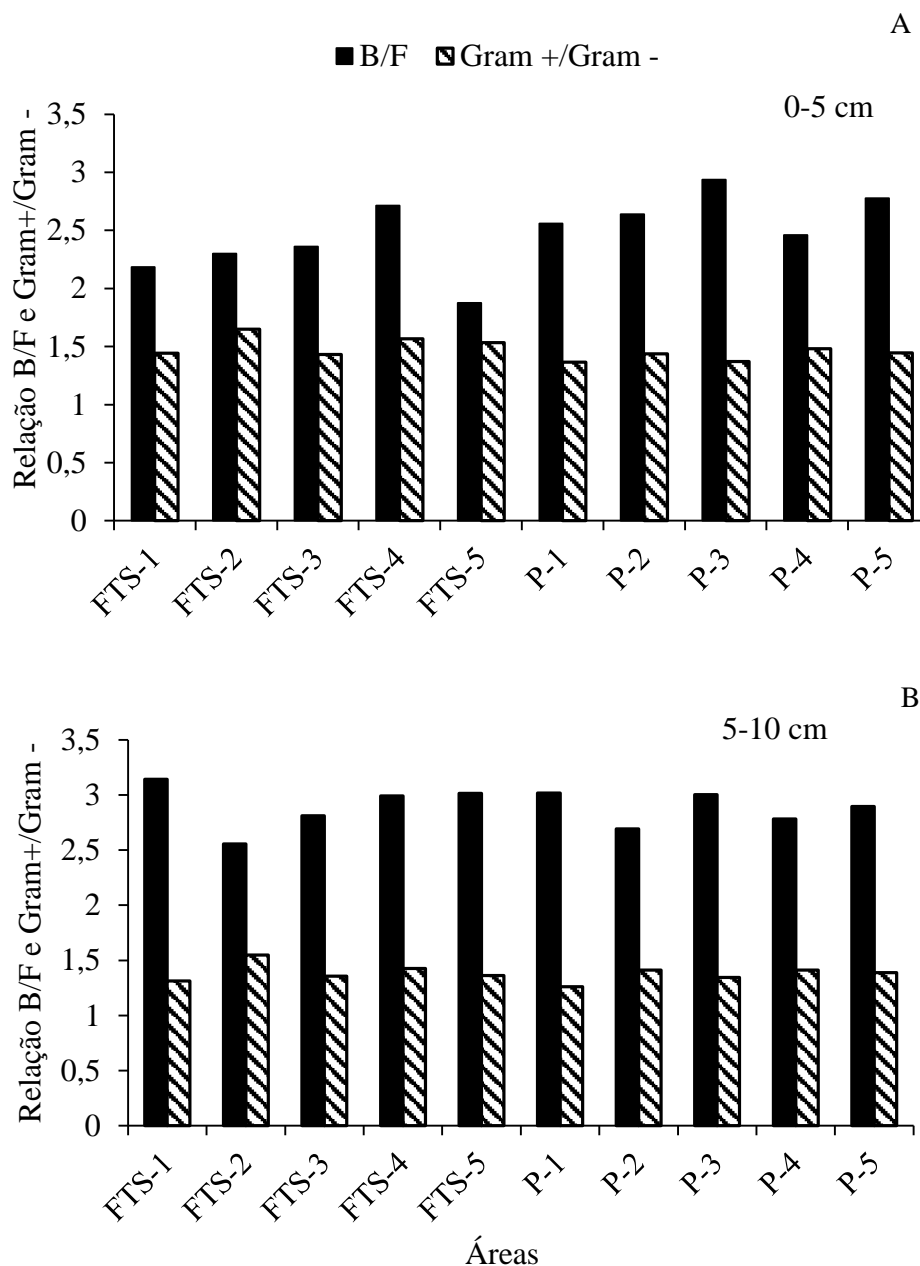
Diferentes sistemas de uso do solo possuem substratos com diferentes níveis de qualidade (polímeros, lignocelulose e lignina) e isto pode alterar a composição da comunidade microbiana (SHINGH et al., 2012). Nazaries et al. (2015) relatam o fato de que espécies de árvores podem influenciar a composição da comunidade microbiana de forma diferente devido suas próprias características. Neste contexto, a conversão de FTS em pastagens pode ter influenciado na qualidade do substrato disponibilizado, levando a alterações na comunidade de bactérias Gram+ e Gram- já que estas possuem preferências no tipo e concentrações de MO, e seu estado de degradação (STONE et al., 2014).

Resultados iguais a estes, foram encontrados por Tischer et al. (2015) ao avaliaram a estrutura da comunidade microbiana e a eficiência catalítica de enzimas no solo após mudança de uso da terra, pois relataram que a biomassa microbiana diminuiu significativamente na área de pasto abandonado.

Ao analisar as relações B/F e Gram+/Gram- observa-se que a relação B/F apresentou uma maior concentração após a conversão de FTS em pastagens (Figura 3. A), já a relação Gram+/Gram- se manteve estável, não sendo afetada pela conversão (Figura 3). Esse comportamento deve ter ocorrido devido à alta capacidade que as bactérias têm de se adaptarem ao ambiente em que se encontram, ou devido o sistema radicular das pastagens propiciar benefícios a microbiota do solo quando estas se encontram em bom estado de conservação, por isso que a relação Gram+/Gram – não demonstrou mudanças drásticas após a conversão.

O crescimento da relação entre Bactérias/Fungos é muito utilizado como indicador da qualidade do solo (PEZZOLLA et al., 2015). Já que esses são sensíveis a alterações no uso do solo, principalmente os fungos saprófitos que são fortemente afetados por perturbações no solo como a aração (BOWLES et al., 2014).

Os organismos apresentam diferentes estratégias de vida, que influenciaram na taxa de crescimento dos mesmos (TISCHER et al., 2015). E segundo Xun et al. (2015) cada solo tem seu próprio "espaço biológico" e por isto pode manter a biomassa microbiana em condições de equilíbrio, e que o requisito mais importante das bactérias ao migrar para um novo habitat é sua capacidade de adaptação fundamental para sua sobrevivência e posterior estabilização em uma nova comunidade.



**Figura 3.** Concentração da relação de Bactérias/Fungos (B/F) e relação Gram+/Gram- em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João.

Assim, as alterações no uso do solo afetaram de forma diferente as populações de bactérias e fungos, e como as concentrações de Bactérias totais não foram tão afetadas na avaliação deste trabalho, ao quantificar a relação entre B/F a maior concentração de bactérias totais sobressaiu a de fungos e compensou no valor da relação entre eles, ficando



a relação B/F com uma maior concentração após a conversão das áreas com FTS em pastagens.

### **3.2. Análises de atividades enzimáticas absolutas em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS em áreas de pastagens**

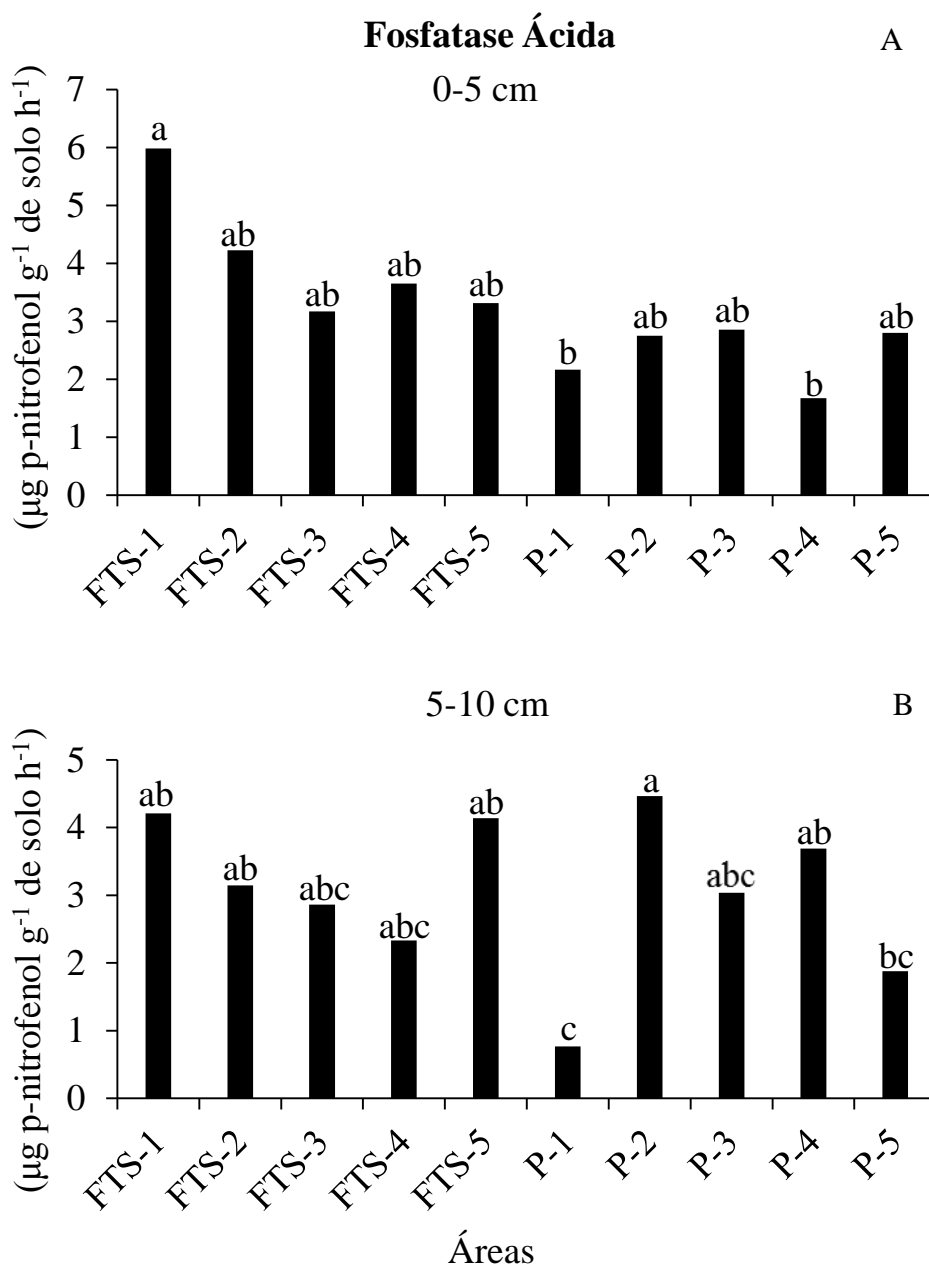
Foram encontradas diferenças estatísticas na avaliação das atividades enzimáticas absolutas (F. AC= fosfatase ácida, F. AL= fosfatase alcalina, ARIL=Arilsulfatase e URE= urease) de solos após a conversão de FTS em áreas de pastagens (Figura 4, 5, 6 e 7).

Na quantificação da F. AC as áreas de P-1 e P-2 apresentaram os menores valores (2,1 e 1,6  $\mu\text{g}$  de p-nitrofenol  $\text{g}^{-1}$  de solo) respectivamente, na camada de (0 – 5 cm) diferindo estatisticamente da área FTS-1 que o apresentaram uma maior concentração (Figura 4. A). No entanto, na camada de 5 – 10 cm, com exceção do P-1 foram encontradas as maiores concentrações para esta atividade, com valor mais elevado na área P-2 (Figura 4. B).

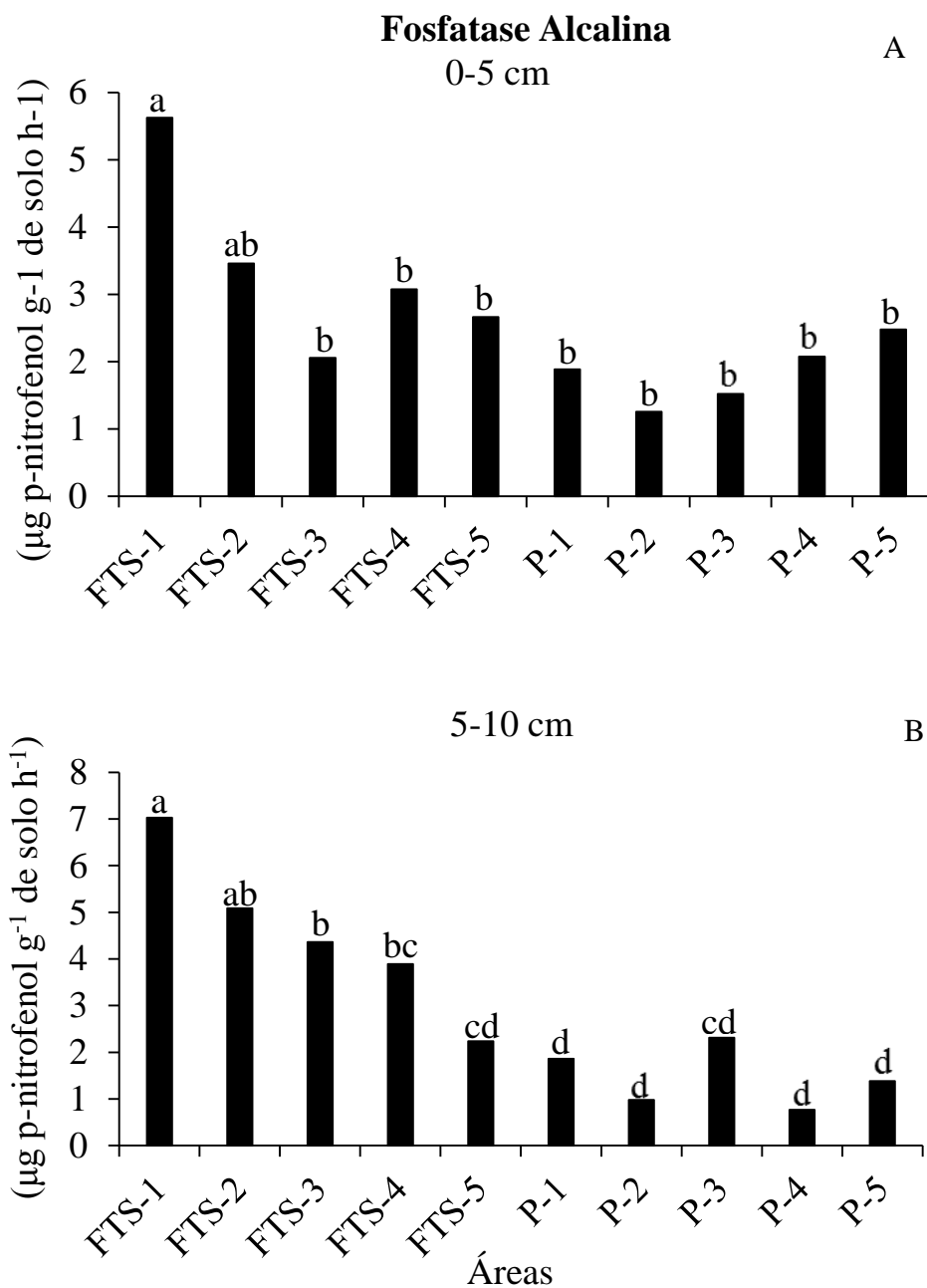
Alterações no solo que afetem a comunidade microbiana irão consequentemente reduzir ou aumentar a atividades da F. AC, pois segundo Balota et al. (2014) os microorganismos são as fontes mais importante das fosfatases presentes no solo. E estas enzimas são bons indicadores de atividades biológicas, como a mineralização do fósforo orgânico, e estão fortemente relacionadas com o tipo de vegetação e as condições do solo, podendo responder a alterações ocorrida no mesmo (KOTROCZÓ et al., 2014). A maior atividade da F. AC na área com pastagens (P-2) demonstra que, pastagens quando bem manejadas não afetam a atividade microbiana e podem melhorar a atividade microbiana devido uma maior liberação de exsudatos pelas raízes.

Deferente da F. AC, a F. AL diminuiu drasticamente após a conversão de FTS em áreas de pastagens nas duas camadas avaliadas, a maior alteração foi observada na área de FTS-1 que apresentou valores elevados nas duas camadas (0 – 5 e 5 – 10 cm) com valores de (5,6 e 7,0  $\mu\text{g}$  de p-nitrofenol  $\text{g}^{-1}$  de solo) respectivamente, e após a conversão em pastagens esses valores reduziram para (1,8  $\mu\text{g}$  de p-nitrofenol  $\text{g}^{-1}$  de solo) nas duas camadas avaliadas (Figura 5. A e B).

A atividade da F. AL é uma hidrolase que tem o papel de regenerar o fósforo inorgânico a partir de fontes orgânicas (PANETTIERI et al., 2014) e esta atividade também pode ser dependente da disponibilidade de fósforo lábil presente no solo (SINGH et al., 2012).



**Figura 4.** Atividade da fosfatase ácida de solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si em cada camada (0-5 e 5-10 cm).



**Figura 5.** Atividade da fosfatase alcalina de solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si em cada camada (0-5 e 5-10 cm).

Nesper et al. (2015), ao avaliar o efeito da degradação de pastagens na diminuição do teor de P orgânico de solos tropicais encontraram que menores atividades microbianas em solos de pastagens degradadas que em pastagens produtivas é resultado de uma menor

síntese de fósforo orgânico. E esses mesmos autores relatam que diferentes teores de fósforo orgânico nos solos de pastagens produtivas e degradadas pode estar relacionado com diferenças na estrutura do solo.

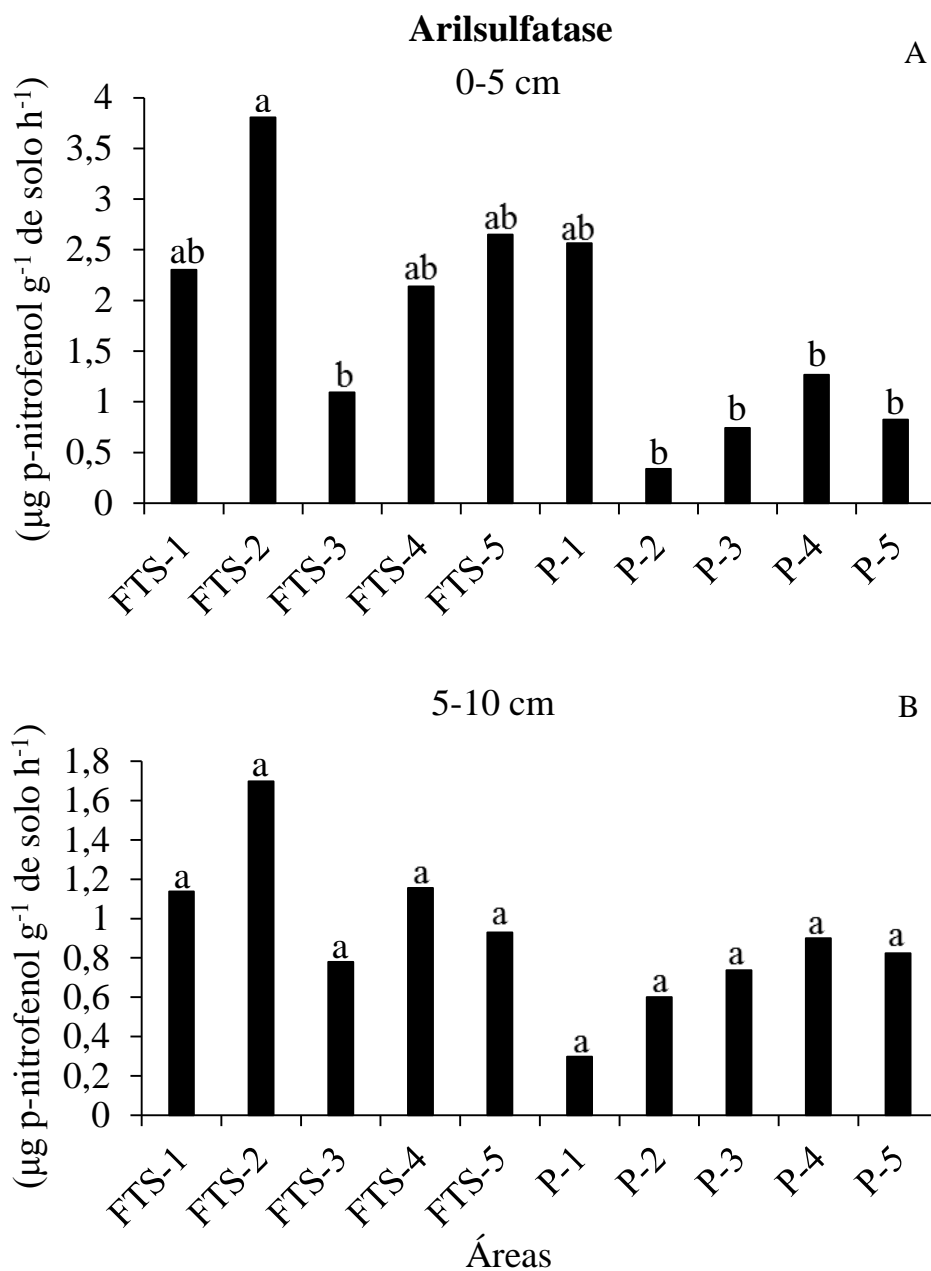
Com exceção da área FTS-1, todas as outras áreas estudadas também tiveram uma diminuição da atividade da ARIL após a alteração no uso do solo, com destaque para FTS-2 que apresentou um valor de 3,8  $\mu\text{g}$  de p-nitrofenol  $\text{g}^{-1}$  de solo na profundidade de 0-5 cm e após a conversão em P-2 o valor desta atividade diminuiu para 0,33  $\mu\text{g}$  de p-nitrofenol  $\text{g}^{-1}$  de solo (Figura 6. A). Na camada de 5 – 10 cm não ocorreu nenhuma diferença estatística entre as áreas avaliadas, mas o valor desta atividade foi reduzido nesta camada (Figura 6. B).

A atividade da arilsulfatase catalisa a hidrólise de ésteres de sulfato, transformando sulfatos orgânicos em inorgânicos, ou seja, liberam  $\text{SO}_4^{2-}$  (PANETTIERI et al., 2014), possuindo papel importante no ciclo do enxofre, e podem ser encontradas intra e extracelular (LIPINSKA et al., 2014), além de serem consideradas um marcador funcional do ciclo de enxofre (CREGUT et al., 2009).

Segundo Rosenzweig et al. (2016) o cultivo de pastagens pode levar ao esgotamento da MO do solo causando assim alterações na comunidade microbiana, acelerando a ciclagem de nutrientes e reduzindo a retenção destes no solo. O esgotamento da MO afeta a atividade microbiana por que ela suporta diversidade dos microorganismos do solo, além de ter papel importante na ciclagem de nutrientes (ROSENZWEIG et al., 2016).

Não foram encontradas diferenças estatísticas na quantificação da atividade da URE na camada de 0 – 5 cm de profundidade nas áreas estudadas (Figura 7. A). Já na camada de 5 – 10 cm de profundidade após a conversão de FTS em áreas de pastagens, ocorreram diminuições desta atividade nas áreas de P-1 e P-5 (Figura 7. B).

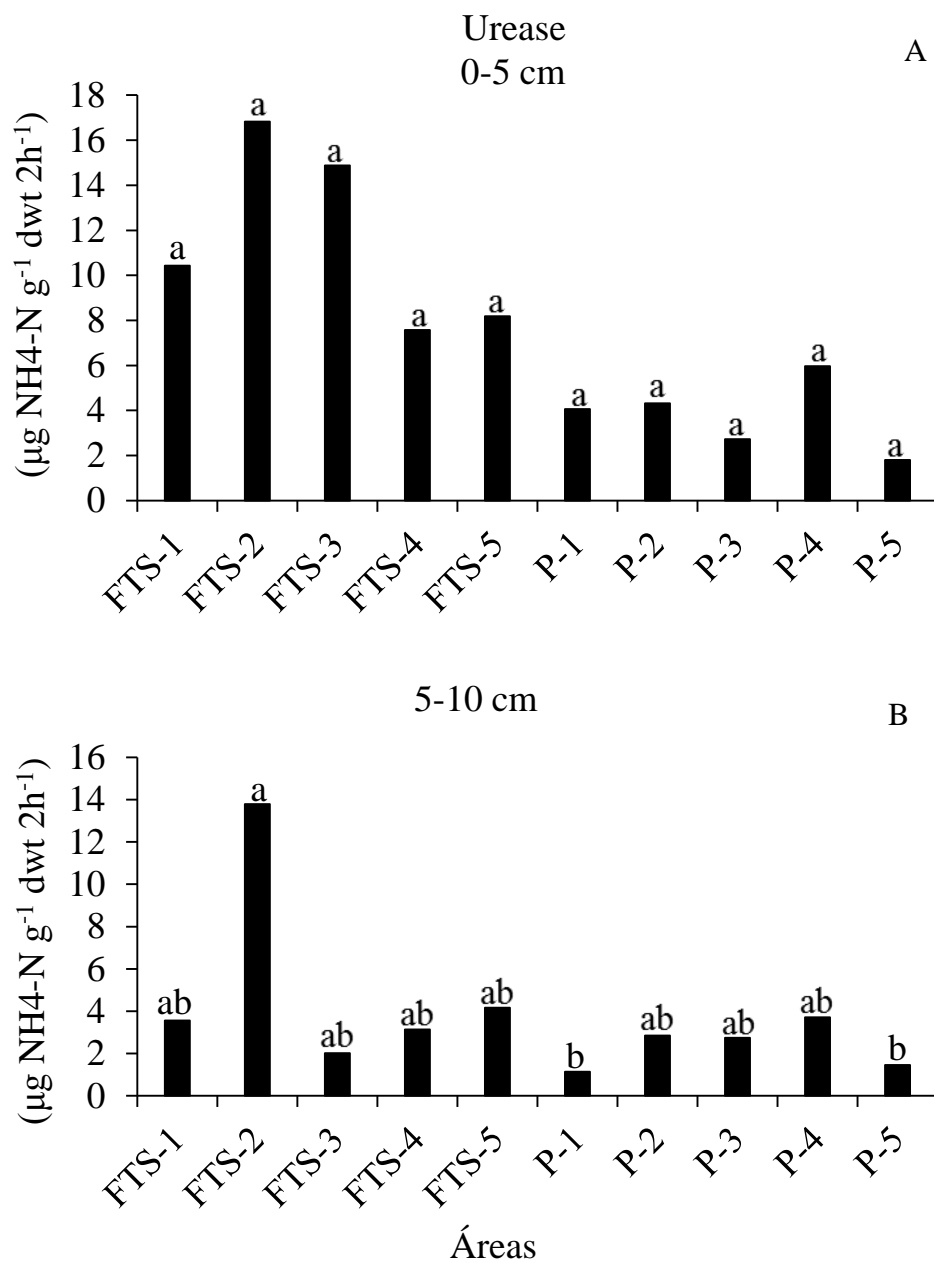
A urease está ligada ao ciclo do N na qual hidrolisa a ureia em N-amoniacal (WANG et al., 2012), sendo a ureia o fertilizante mais utilizado como fonte de N. A resposta desta enzima está relacionada a aplicações de fertilizantes, a quantidade de MO e a temperatura no solo (PANDEY et al., 2014).



**Figura 6.** Atividade da Arilsulfatase em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si em cada camada (0-5 e 5-10 cm).

E a menor atividade da URE nas áreas convertidas em pastagens pode ser devido os impactos que ocorreram no solo devido o preparo do mesmo, pois segundo Linsler et al. (2015) nutrientes importantes como o N é frequentemente perdido devido o preparo

de pastagens, resultando na diminuição da biomassa microbiana que é a precursora das atividades enzimáticas.



**Figura 7.** Atividade da Urease em solos do semiárido pernambucano após a conversão de FTS= floresta tropical seca em áreas de P=pastagens. FTS-1= Canhotinho, FTS-2= Garanhuns, FTS-3= Jucati, FTS-4= São Caetano, FTS-5= São João, P-1= Canhotinho, P-2= Garanhuns, P-3= Jucati, P-4= São Caetano e P-5= São João. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si em cada camada (0-5 e 5-10 cm).

Kotroczó et al. (2014) relatam que o aumento na concentração de enzimas degradantes de N só ocorre quando o crescimento das raízes é permitido, pois estas podem ser responsável pelo transporte ativo de carbono lábil das raízes para as comunidades microbianas associadas.

A vegetação de florestas pode afetar o ciclo do N e do C realizado pelos microorganismos devido cada árvore liberar serapilheira e exsudatos no solo em quantidade e qualidade diferentes (RAVINDRAN; YANG, 2015) e o N pode ser o elemento limitante do crescimento, sendo responsável por controlar a composição de espécies, a produtividade e a diversidade dos ecossistemas florestais (DONG et al., 2015).

#### 4. CONCLUSÕES

1. A comunidade microbiana e as atividades enzimáticas foram afetadas de formas diferentes após a conversão de FTS em áreas de pastagens em solos arenosos do Semiárido de Pernambuco.
2. As populações de fungos são mais sensíveis a alterações no uso dos solos arenosos de áreas tropicais secas comparadas às populações bacterianas, devido estas apresentarem um metabolismo mais rápido e conseguirem se adaptar a perturbações no ecossistema.
3. As atividades das enzimas absolutas da F. AL e ARIL se mostraram sensíveis a alterações no uso do solo.
4. As atividades enzimáticas e as comunidades microbianas dos solos são sensíveis a mudanças no uso do solo.



## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACOSTA-MARTINEZ, V.; MOORE-KUCERA, J.; COTTON, J.; GARDNER, T.; WESTER, D. Soil enzyme activities during the 2011 Texas record drought/heat wave and implications to biogeochemical cycling and organic matter dynamics. **Applied Soil Ecology**, v.75, P. 43-51, 2014.
- ARAÚJO, E. R.; SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; SAMPAIO, E. V.S.B. Biomassa e nutrição mineral de forrageiras cultivadas em solos do semiárido adubados com esterco. **Agriambi**, v. 15, p. 890-895, 2011.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; HAMID, K. I. A.; YADA, I. F. U.; BARBOSA, G. M. C.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 490, p. 397-404, 2014.
- BOWLES, T. M.; MARTÍNEZ, V. A.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 68, p. 252-262, 2014.
- CREGUT, M.; PIUTTI, S.; VONG, P. C.; SLEZACK-DESCHAUMES, S.; CROVISIER, I.; BENIZRI, E. Density, structure, and diversity of the cultivable arylsulfatase-producing bacterial community in the rhizosphere of field-grown rape and barley. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 704–710, 2009.
- CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SILVA, M. S. L.; ALVAREZ, I. A. ed. **Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo**. Petrolina, PE. EMBRAPA Semiárido, 2010. p. 49-87.
- DONG, W. Y.; ZHANG, X. Y.; LIU, X. Y.; FU, X. L.; CHEN, F. S.; WANG, H. M.; SUN, X. M.; WEN, X. F. Responses of soil microbial communities and enzyme activities to nitrogen and phosphorus additions in Chinese fir plantations of subtropical China. **Biogeosciences**, v. 12, p. 5537–5546, 2015.
- HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, E.; GARCÍA, C. A strategy for marginal semiarid degraded soil restoration: A sole addition of compost at a high rate. A five-year field experiment. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 61-71, 2015.

- KOTROCZÓ, Z.; VERES, Z.; FEKETE, I.; KRAKOMPERGER, Z.; TÓTH, J. A.; LAJTHA, K.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 70, p. 237-243, 2014.
- LI, J.; LI, Y.; YANG, X.; ZHANG, J.; LIN, Z.; ZHAO, B. Microbial community structure and functional metabolic diversity are associated with organic carbon availability in an agricultural soil. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, p. 2500–2511, 2015.
- LINSLER, D.; TAUB, F.; GEISSELER, D.; JOERGENSEN, R. G.; LUDWIG, B. Temporal variations of the distribution of water-stable aggregates, microbial biomass and ergosterol in temperate grassland soils with different cultivation histories. **Geoderma**, v. 241-242, p. 221-229, 2015.
- LIPINSKA, A.; KUCHARSKI, J.; WYSZKOWSKA, J. Activity of Arylsulphatase in Soil Contaminated with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. **Water Air Soil Pollut**, v. 225, p. 2097, 2014.
- MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 24-34, 2015.
- NAZARIES, L.; TOTTEY, W.; ROBINSON, L.; KHACHANE, A.; AL-SOUD, W. A.; SORENSEN, S.; SINGH, B. K. Shifts in the microbial community structure explain the response of soil respiration to land-use change but not to climate warming. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 123-134, 2015.
- NESPER, M.; BUNEMANN, E. K.; FONTE, S. J.; RAO, I. M.; VELÁSQUEZ, J. E. RAMIREZ, B.; HEGGLIN, D.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Pasture degradation decreases organic P content of tropical soils due to soil structural decline. **Geoderma**, v. 257 - 258, p. 123 - 133, 2015.
- PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; BOHRA, J. S. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. **Soil & Tillage Research**, v. 136, p. 51-60, 2014.

- PANETTIERI, M.; KNICKER, H.; MURILLO, J. M.; MADEJÓN, E.; HATCHER, P. G. Soil organic matter degradation in an agricultural chronosequence under different tillage regimes evaluated by organic matter pools, enzymatic activities and CPMAS <sup>13</sup>C NMR. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 78, p. 170-181, 2014.
- PEZZOLLA, D.; MARCONI, G.; TURCHETTI, B.; AGNELLI, A.; VERONESI, F.; ONOFRI, A.; ZADRA, C.; BENUCCI, G. M. N.; BUZZINI, P.; ALBERTINI, E.; GIGLIOTTI, G. Influence of exogenous organic matter on prokaryotic and eukaryotic microbiota in an agricultural soil. A multidisciplinary approach. **Soil Biology & Biochemistry**, v.82, p. 9 – 20, 2015.
- RAVINDRAN, A.; YANG, S. S. Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v. 48, p. 362-369, 2015.
- ROSENZWEIG, S. T.; CARSON, M. A.; BAER, S. G.; BLAIR, J. M. Changes in soil properties, microbial biomass, and fluxes of C and N in soil following post-agricultural grassland restoration. **Applied Soil Ecology**, v. 100, p. 186-194, 2016.
- SILVA, F. A. S. & AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SINGH, K.; SINGH, B.; SINGH, R.R. Changes in physico-chemical, microbial and enzymatic activities during restoration of degraded sodic land: Ecological suitability of mixed forest over monoculture plantation. **Catena**, v. 96 p. 57–67, 2012.
- TISCHER, A.; BLAGODATSKAYA, E.; HAMER, U. Microbial community structure and resource availability drive the catalytic efficiency of soil enzymes under land-use change conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 226-237, 2015.
- TRILLERAS, J. M.; JARAMILLO, V. J.; VEGA, E. V.; BALVANERA, P. Effects of livestock management on the supply of ecosystem services in pastures in a tropical dry region of western Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 211p. 133-144, 2015.
- XUN, W.; HUANG, T.; ZHAO, J.; RAN, W.; WANG, B.; ZHANG, R. Environmental conditions rather than microbial inoculum composition determine the bacterial

composition, microbial biomass and enzymatic activity of reconstructed soil microbial communities. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 90, p. 10-18, 2015.

WANG, B.; XUE, S.; LIU, G. B.; ZHANG, G. H.; LI, G.; REN, Z. P. Changes in soil nutrient and enzyme activities under different vegetations in the Loess Plateau area, Northwest China. **Catena**, v. 92, p. 186-195, 2012.