

DIVERSIDADE MICROBIANA EM SOLOS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA

Cristine Bastos do Amarante*; Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo; Maria de Lourdes Soares Oliveira; Richeli Ruivo Leoncio; Quêzia Leandro de Moura

*Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia.
Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP: 66077-830 - Belém - PA – Brasil. Tel/Fax:
(55) 91-32740423. E-mail: cbamarante@museu-goeldi.br

RESUMO

Os solos TPA também são chamados de ‘Terra Preta de Índio’ e são altamente férteis e estáveis sendo comumente encontrados na paisagem amazônica. Estudos indicam que os solos TPA apresentam população e diversidade microbiana maior que os demais solos naturais ou alterados. Sabe-se que estes organismos exsudam substâncias orgânicas que contribuem para a sanidade e fertilidade do solo, aumentando sua qualidade. Neste trabalho foram analisadas amostras de solo do sítio de terra preta da Ilha de Terra (IT) da área de Caxuanã, Pará. Os resultados indicaram que nestes solos os fungos estão em maior quantidade que as bactérias, sendo predominantes os do gênero *Aspergillus*, *Penicillium*, e *Sclerotium*. Com relação às bactérias, as do tipo cocos Gram-negativas representam a maior ocorrência da população bacteriana total, superior a 80% das ocorrências. As evidências também indicam que estas bactérias são provavelmente do tipo aeróbias por apresentarem uma tendência de diminuição no número de unidades formadoras de colônias (UFC) à medida que a profundidade do solo aumenta, condição ambiente em que a concentração de oxigênio é menor.

PALAVRAS CHAVES: terra preta, solo, população microbiana, matéria orgânica.

MICROBIAL DIVERSITY IN ARCHAEOLOGICAL BLACK EARTH SOILS

ABSTRACT

The ABE soils, also called ‘Indian Black Earth’, are highly fertile and stable being commonly found in the landscape of the Amazon region. Studies indicate that ABE soils showed population and microbial diversity greater than all nature soils or changed. It is known that these organisms exude organic substances that contribute to health and fertility of the soil, increasing their quality. In this study were analyzed soil samples from the site of black earth’s Ilha de Terra (IT) in the area of Caxuanã, Pará. The results indicate that in these soil the fungi are in the greatest quantity than the bacteria, and the prevailing of the genus *Aspergillus*, *Penicillium* and *Sclerotium*. With regard to bacteria, the type of Gram-negative cocci represents a higher occurrence of total bacterial population, more than 80% of occurrences. The evidences also indicate that these bacteria are probably the of the aerobe type due show a tendency of decrease in the number of colony forming units (CFU) as soil depth increase, environment condition in which the concentration of oxygen is lower.

KEY WORDS: black earth, soil, microbial population, organic matter.

INTRODUÇÃO

Os solos Terra Preta Arqueológica (TPA) também são chamados de ‘Terra Preta de Índio’ e são comumente encontrados na paisagem amazônica (COSTA *et al.*, 2004). A Terra Preta Arqueológica tem essa denominação porque é encontrada em sítios arqueológicos, onde viveram grupos pré-históricos. Por isso, há grande quantidade de material deixado por esses grupos indígenas como fragmentos cerâmicos, carvão e artefatos líticos (de pedra). Normalmente, o material arqueológico é bem diversificado, o que leva a crer que grupos culturais distintos habitaram um mesmo local.

Acredita-se que estes solos têm sua origem não intencional a partir do depósito e compostagem de material de origem vegetal e animal, descartados no solo pelo homem pré-histórico (KERN & KÄMPF, 1989; KERN, 1996), segundo a hipótese de que estas áreas foram utilizadas como uma espécie de ‘lixeira’, favorecendo o surgimento de uma população e diversidade microbiana maior que os demais solos naturais ou alterados, ao passo que, teve sua qualidade elevada, pois os organismos exsudam substâncias orgânicas que contribuem para a sanidade e fertilidade do solo.

De fato, Valarini *et al.* (2002), em seu estudo sobre a avaliação integrada da qualidade do solo após a incorporação de matéria orgânica e microrganismos, verificou que o solo tratado com microrganismos eficazes apresentou intensa atividade biológica, sendo assim um catalisador do processo de humificação da matéria orgânica fresca.

As áreas com Terra Preta Arqueológica são encontradas sobre os mais diversos tipos de solos e normalmente se localizam em terra firme, próximas às margens de rios, em locais bem drenados. A TPA pode ser identificada por sua cor escura, resultado da concentração de substâncias orgânicas depositadas no solo que apresentam altos teores de cálcio, carbono, magnésio, manganês, fósforo e zinco, elementos que tornam a terra fértil. Estudos realizados nos solos de TPA comprovam que eles são férteis e apresentam matéria orgânica estável, formando micro-ecossistemas próprios, que se auto-sustentam e não conseguem se decompor, por isso, não exaurem facilmente (KERN & KÄMPF, 1989; KERN, 1996).

A partir da compreensão do processo de formação e atributos dos solos TPA, foi desenvolvido um experimento com a intenção de desenvolver tecnologia para replicação desse solo, o qual foi denominado ‘Experimento Terra Preta Nova’ (TPN), em andamento no Município de Tailândia, nordeste do Pará, utilizando a adição ao solo de resíduos orgânicos encontrados em grande escala nesta região, isto é, os resíduos de serraria associados aos resíduos de abatedouros e carvão (MONTEIRO, 2004); também foram utilizados microrganismos celulolíticos para a aceleração da decomposição destes resíduos orgânicos. Tal experimento propõe uma alternativa sustentável para o acondicionamento e destinação final destes resíduos que são gerados em grande quantidade.

A aplicação de resíduos orgânicos permite que o solo seja biologicamente mais ativo, principalmente em relação à atividade da população microbiana (WARDLE, 1993). Além da decomposição de resíduos orgânicos, a população de fungos e bactérias atua em muitos processos vitais, como na ciclagem de nutrientes no solo (JUMA & MCGILL, 1986; WHITMAN *et al.*, 1998), o que torna a quantificação desses microrganismos importantes na indicação de como tais processos estão ocorrendo (TSAI *et al.*, 1992).

É importante conhecer o perfil da população microbiana dos solos TPA, tanto em termos quantitativos como também na identificação de espécimes de

fungos e bactérias presentes nos mesmos e, posteriormente, utilizar este conhecimento como parâmetro de comparação e avaliação de resultados do experimento Terra Preta Nova. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento do perfil microbiológico de amostras de solo TPA provenientes do sítio Ilha de Terra (IT), Caxiuanã, nordeste do Pará, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, sítio Arqueológico Ilha de Terra está localizado na Reserva Florestal de Caxiuanã na Estação Científica “Ferrera Penna (ECFPn), que ocupa uma área física de 33.000 ha dentro dos 330.000 ha da floresta nacional de Caxiuanã (1° 42'S, 51° 31' W) (Lisboa, 2002). Esta área está situada no município de Melgaço, Pará 400 km da cidade de Belém e Nordeste da Amazônia.

As amostras de solos foram coletadas em quatro parcelas codificadas da seguinte maneira: IT1, IT2, IT3 e IT4, com três repetições em quatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm). Após a coleta, as amostras foram conservadas sob refrigeração em frascos estéreis de polietileno e foram analisadas no Laboratório de Microbiologia da Universidade do Estado do Pará e foram analisadas quanto à sua população microbiana (fungos e bactérias) e codificadas da seguinte maneira: IT1, IT2, IT3 e IT4.

Para cada amostra de solo foi obtida uma suspensão líquida de microrganismos. As suspensões foram preparadas em erlenmeyers de 250 mL onde amostras de 10 g de solo foram diluídas em 90 mL de água estéril. Em seguida foram realizadas diluições sucessivas onde alíquotas de um mL desta suspensão foram transferidas para tubos de ensaio contendo nove mL de água estéril. Foram realizadas três diluições para fungos e cinco diluições para bactérias, com três repetições por diluição. Para a inoculação de bactérias e fungos foi utilizada a técnica “Pour Plate” que consiste na mistura da suspensão diluída com o Agar fundido (aproximadamente 45°C) contido em um frasco, que é então derramado no interior da parte basal de uma placa de Petri estéril.

Após solidificação do meio, as placas são incubadas por 48 horas para bactérias e cinco dias para fungos. Como meios de crescimento foram usados Agar batata (PDA) para fungos e Agar padrão para bactérias totais, no meio Agar batata foi adicionado o ácido tartárico na proporção 0,5 mL/ 100 mL de meio para evitar o crescimento bacteriano. Após os períodos de incubação definidos, foram observadas as placas de Petri com as colônias de fungos e bactérias, respectivamente desenvolvidas. A contagem das colônias foi realizada através da contagem do número de unidades formadoras de colônias (UFC), com o auxílio do contador de colônias modelo CP-602, em contraste com o meio opaco de cultura, sendo expressos em 10^{-3} UFC/g de solo para fungos e 10^{-5} UFC/g de solo para bactérias.

As bactérias foram classificadas quanto ao tipo, gram-positiva e gram-negativa, por meio de microscopia óptica utilizando-se o método da coloração de Gram onde uma pequena amostra da colônia sofreu um esfregaço em lâmina com água destilada. Esta lâmina foi flambada até a evaporação da água e, em seguida, foi adicionada a seguinte seqüência de reagentes: cristal-violeta (um minuto), lugol (um minuto), álcool, safranina (30 segundos) e, após a secagem, foi feita a observação ao microscópio óptico.

As colônias dos fungos predominantes foram isoladas para a obtenção da cultura pura, onde uma amostra da colônia foi transferida, separadamente, para uma nova placa de Petri contendo o meio de cultura PDA e novamente incubada por mais cinco dias. A identificação dos isolados foi feita através de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) onde pequenas amostras das colônias

foram coradas e fotomicrografadas. Para a observação em microscopia óptica foram retiradas pequenas amostras das colônias e, em seguida, colocadas entre a lâmina e a lamínula com o corante azul de lactofenol, onde através da análise dos caracteres morfológicos foram identificados os gêneros de fungos. Para a análise em MEV as amostras foram desidratadas em estufa à 60°C e submetidas ao ponto crítico, metalizadas com ouro. As imagens dos caracteres morfológicos dos fungos foram obtidas no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi, através de um microscópio eletrônico LEO modelo 1450 VP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da quantificação e identificação da população de fungos das amostras de solo do sítio Ilha de Terra (IT) estão expostos na Tabela 1. Verificou-se que os fungos predominantes foram os do gênero *Aspergillus*, *Penicillium* e *Sclerotium*, porém em menor ocorrência foram também identificados os gêneros *Geotrichum*, *Paecilomices*, *Helminthosporium*, *Sporothrix*, *Emmonsia*, *Epicoccum*, *Trichoderma*, *Plectomicete* e *Eurotium*.

TABELA 1: População de fungos das amostras de terra preta de Ilha de Terra (IT).

Amostra	Nº Colônias (10 ⁻³ UFC/g de Solo)	Identificação de Fungos
IT1		
0-10 cm	26	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Sporothrix</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Emmonsia</i> , <i>Sclerotium</i>
10-20 cm	70	
20-30 cm	21	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>
30-40 cm	6	<i>Aspergillus</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Plectomicete</i> ,
IT2		
0-10 cm	16	<i>Sclerotium</i>
10-20 cm	30	<i>Helminthosporium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Paecilomices</i>
20-30 cm	12	<i>Penicillium</i> , <i>Sclerotium</i>
30-40 cm	20	<i>Plectomicete</i> , <i>Eurotium</i>
IT3		
0-10 cm	43	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>
10-20 cm	29	<i>Geotrichum</i> , <i>Penicillium</i>
20-30 cm	45	<i>Aspergillus</i> , <i>Plectomicete</i>
IT4		
0-10 cm	107	<i>Aspergillus</i>
10-20 cm	23	<i>Aspergillus</i>
20-30 cm	4	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Sclerotium</i>
30-40 cm	18	<i>Penicillium</i>

Através das imagens obtidas em microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram observados os caracteres morfológicos dos principais fungos isolados das amostras de solo TPA, os quais foram comparados com os da literatura. A Figura 1 mostra duas microfotografias da estrutura morfológica de um dos isolados predominantes, a qual foi compatível com a estrutura morfológica do gênero *Aspergillus*.

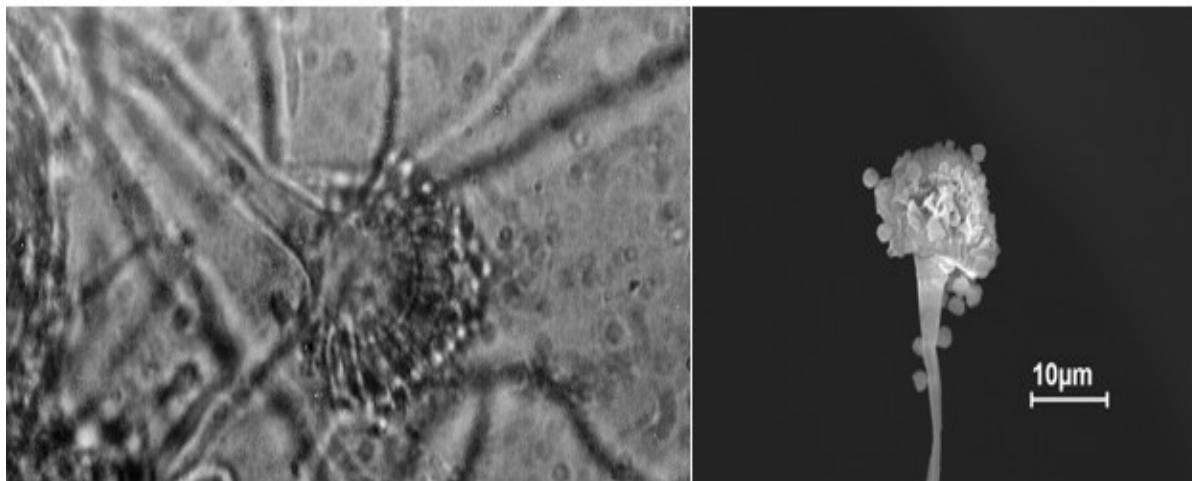


FIGURA 1 – Estrutura morfológica de um dos isolados predominantes encontrados em TPA (IT). A mesma é compatível com a do gênero *Aspergillus*. A esquerda, microfotografia em microscopia óptica e a direita, microfotografia em microscopia eletrônica de varredura (MEV). As imagens foram capturadas no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi.

O *Aspergillus* é caracterizado por possuir conidióforo apresentando vesícula (extremo apical inchado) e estipe (seção cilíndrica situada abaixo da vesícula) sendo um gênero mitospórico, isto é, possui reprodução assexuada, e que se caracteriza pela produção de hifas especializadas, denominadas conidióforos, sobre os quais se encontram as células conidiógenas que originarão os esporos assexuados ou conídios (ABARCA, 2000).

As espécies deste gênero se encontram amplamente distribuídas na natureza podendo ser isoladas de uma grande variedade de substratos e, devido à facilidade de dispersão de seus conídios e a seu pequeno tamanho, elas podem permanecer em suspensão no ambiente durante um longo período de tempo (ABARCA, 2000) além de serem levadas a grandes distâncias pelo vento (SILVEIRA, 1981), o que justifica este gênero ter sido encontrado em quase todas as parcelas estudadas. Em geral, as espécies de *Aspergillus*, apresentam como características macroscópicas colônias com micélio inicialmente branco, o micélio estéril. Após quatro dias, o micélio fértil ('relva' de conídios) adquire uma coloração verde-cinzenha (MACKINNON, 1938).

O *Penicillium* difere-se do *Aspergillus* apenas pela ausência da vesícula, apresentando também conidióforo e estipe (Figura 2), no entanto, sua macromorfologia, ou seja, o aspecto de suas colônias é idêntica a do *Aspergillus* e só é possível a sua diferenciação com auxílio de microscopia. Já a estrutura morfológica do *Sclerotium* (Figura 3) é composta por um emaranhado de micélios que contribuem para a agregação do solo, aumentando sua qualidade. A sua

estrutura macromorfológica é caracterizada por colônias de cor branca e textura algodonosa.

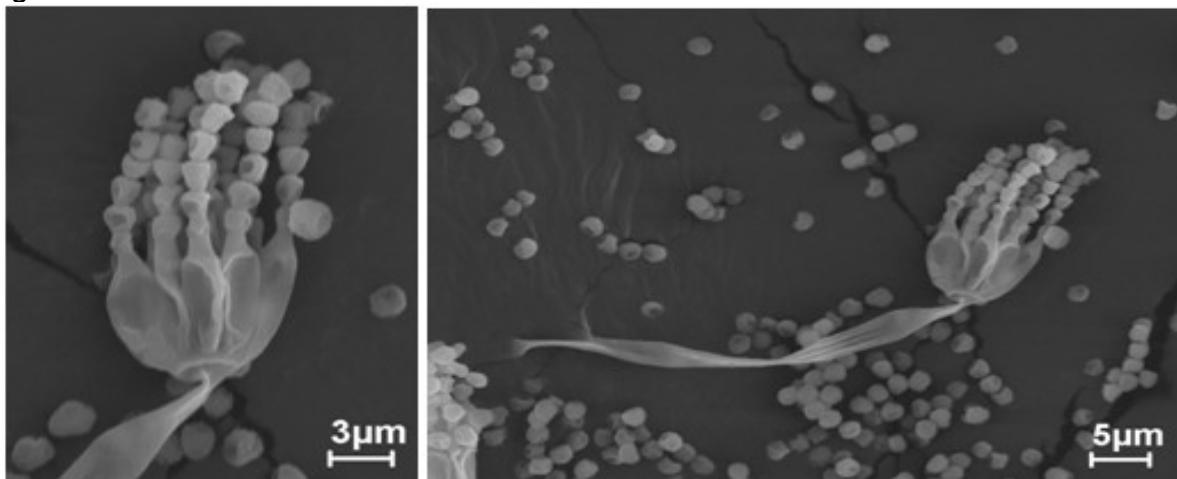


FIGURA 2 – Estrutura morfológica do gênero *Penicillium*, semelhante à do *Aspergillus*, porém com ausência da vesícula. Microfotografia em MEV. Imagens capturadas no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi.

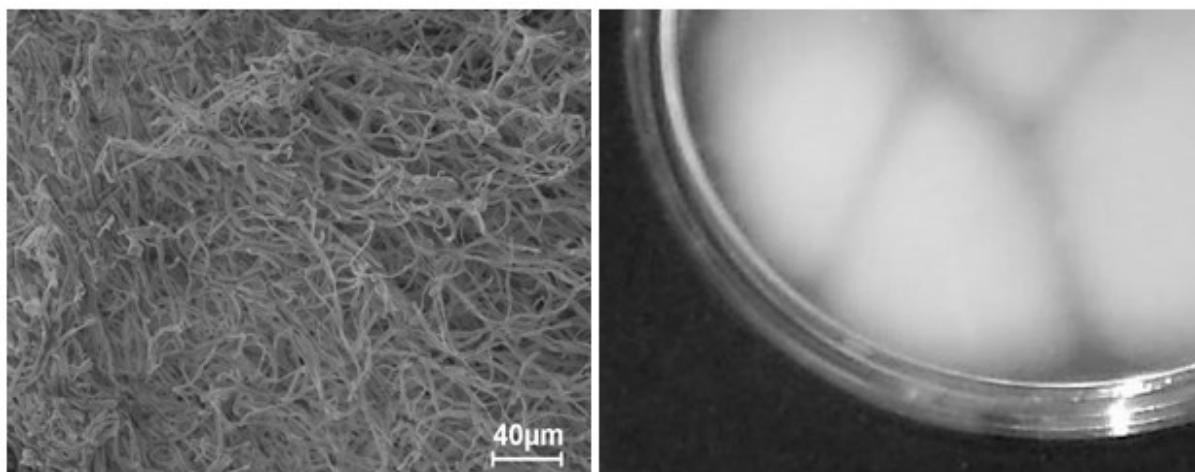


FIGURA 3 – À esquerda, microfotografia em MEV mostrando a estrutura morfológica do *Sclerotium*, caracterizada por um emaranhado de micélios que contribuem para a agregação do solo e, à direita, detalhe de suas colônias brancas e algodonosas. Imagens capturadas no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi.

O perfil da população de fungos em relação à profundidade não apresenta grandes variações na sua densidade até aos 30 cm, a partir do qual já se observa uma discreta diminuição. Um destaque para a parcela IT4 que apresentou mais de 100 UFC/ g de solo, onde se encontrou apenas os três gêneros predominantes: *Aspergillus*, *Penicillium* e *Sclerotium* (ver Tabela 1).

Na Tabela 2 estão mostrados os resultados da quantificação e identificação da população bacteriana das amostras, a análise qualitativa destes resultados mostraram que a maior ocorrência (81,25%) é de bactérias cocos gram-negativas.

As parcelas IT1 e IT3 apresentaram somente este tipo de bactérias enquanto que as parcelas IT2 e IT4, além destas, mostraram também bactérias do tipo bacilo gram-positiva, vibrio gram-negativa e também cocos gram-positivas.

TABELA 2: População bacteriana das amostras de terra preta de Ilha de Terra (IT).

Amostras	Nº Colônias	Identificação de
IT1		
0-10 cm	7	Cocos (Gram-negativa)
10-20 cm	5	Cocos (Gram-negativa)
20-30 cm	21	Cocos (Gram-negativa)
30-40 cm	8	Cocos (Gram-negativa)
IT2		
0-10 cm	15	Vibrio (Gram-negativa), Cocos (Gram-negativa)
10-20 cm	10	Cocos (Gram-negativa)
20-30 cm	13	Cocos (Gram-positiva)
30-40 cm	1	Cocos (Gram-negativa)
IT3		
0-10 cm	50	Cocos (Gram-negativa)
10-20 cm	4	Cocos (Gram-negativa)
20-30 cm	3	Cocos (Gram-negativa)
30-40 cm	2	Cocos (Gram-negativa)
IT4		
0-10 cm	12	Cocos (Gram-negativa)
10-20 cm	17	Cocos (Gram-negativa)
20-30 cm	0	-----
30-40 cm	3	Cocos (Gram-neg.),

Ruivo et al, (2006) comparando a população de fungos e bactérias em alguns Latossolos e terras preta arqueológica na Amazônia mostram que o teor de umidade do solo influencia diretamente na proporção de bactérias e fungos no solo, além das propriedades físicas e químicas do substrato. Em Latossolos Amarelo da região de Caxiuanã, Ruivo et al (2002) encontraram a população de bactérias predominando em todas as parcelas amostradas, já no solo TPA Sítio Arqueológico Ilha de Terra os resultados mostram que, os fungos estão em maior quantidade que as bactérias. Para esses autores os teores de umidade e de argila podem estar influenciando a proporção de fungos e bactérias na superfície do solo.

Os dados da Tabela 3 mostram que a população microbiana em cada sitio tem sua distribuição de população diferenciada não havendo homogeneidade na distribuição da população microbiana solo. A natureza da comunidade vegetal regula a fonte de nutrientes para a biomassa e contribui quantitativamente e qualitativamente para o acúmulo de matéria orgânica (WARDLE & HUNGRY 1994). Porém, o manejo e as características físico-químicas de cada solo, como, por

exemplo, a temperatura e a umidade do solo provocam diferenças marcantes na sua comunidade microbiana (MACIEL, 1991).

TABELA 3: Valores médios da população microbiana no sítio Ilha de Terra (IT), em Substrato de Cascalho (SC), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho Amarelho (LVA) e Terra Preta Arqueológica (TPA).

Substrato	Bactéria	Fungo
¹ *SC sem vegetação	32×10^4	17×10^4
¹ *SC com vegetação	89×10^4	4×10^4
² *LA Recém queimada	2×10^6	7×10^3
³ *LA capoeira	121×10^4	$20,9 \times 10^4$
⁴ *LVA Floresta	12×10^4	$4,7 \times 10^4$
⁵ **TPA Sant	32×10^4	38×10^4
⁶ **TPA Cax	54 a 213×10^4	6 a 42×10^4

*Experimento situado em Roraima; **Experimento situado no Pará; ¹Área alterada por mineração; ²Área recém queimada; ³Capoeira de 15 anos; ⁴Floresta Primária; ⁵Terra Preta Arqueológica localizada na FLONA de Caxiuanã; ⁶Terra Preta Arqueológica situada no município de Santarém-PA.

Em geral, os solos TPA apresentaram população e diversidade microbiana maior que os demais solos naturais e alterados. Estudos feitos por Andrade et al. (2003) em Caxiuanã no sítio de Manduquinha e Latossolo adjacente evidenciam que ocorre, também, maior diversidade e estrutura vegetal sobre TPA. Segundo estes autores, a composição florística apresenta-se também maior no TPA.

A natureza do material em decomposição, as condições de clima e a ocorrência de tipos microbianos específicos podem também induzir a dominância de certas formas sobre outras, exemplo disto, é o material rico em proteínas que favorece o desenvolvimento, principalmente de bactérias, enquanto as substâncias ricas em celulose estimulam, principalmente o crescimento de fungos.

CONCLUSÃO

O perfil microbiológico do solo TPA do sítio Ilha de Terra, localizado na área de Caxiuanã-PA, até o presente momento, é caracterizado pelo predomínio dos fungos do gênero *Aspergillus*, *Penicillium* e *Sclerotium* e da bactéria do tipo *Cocos* gram-negativa, representando 81,25% das ocorrências da população bacteriana total. Além disso, apresentou uma população de fungos maior do que a de bactérias nas quatro parcelas estudadas.

O número de unidades formadoras de colônias em relação à profundidade do solo tende a diminuir a partir dos 30 cm de profundidade o que leva a crer que a maioria das bactérias do sítio Ilha de Terra é do tipo aeróbio, isto é, necessitam de oxigênio para seu metabolismo.

Os dados elencados neste trabalho servirão como base para comparações com os perfis de outros sítios arqueológicos em estudos posteriores para

verificação, ou não, de um possível padrão e com isto obterem-se parâmetros de comparação para os estudos de avaliação do Experimento Terra Preta Nova.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Dr. Hilton Túlio Costi, Coordenador do Lab. Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi e seu aluno, Doutorando Rolf Junior Ferreira Silva, pelo auxílio na captura das imagens dos microrganismos e também à Drª Dirse Clara Kern (Museu Paraense Emílio Goeldi) pelo auxílio com recursos de seu projeto de pesquisa com a Terra Preta Arqueológica e Terra Preta Nova.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARCA, M. L. Taxonomía e identificación de espécies implicadas en la aspergilosis nosomical. **Rev. Iberoam. Micol.**, Barcelona, v. 17, p. S79 – S84, 2000.

ANDRADE, M.; CRUZ, R.; SERRÃO, G.; TEIXEIRA, E.; VANESSA, P.; ALMEIDA, S. S. Fitossociologia do sitio arqueológico Manduquinha, Caxiuanã, Município de Melgaço –Pará. IN: **Resumos expandidos: Estação Científica Ferreira Penna - Dez anos de pesquisa na Amazônia**. Belém, MPEG:2003.

COSTA et al. The ceramic artifacts in archaeological black earth (terra preta) from Lower Amazon Region, Brazil: chemistry and geochemical evolution. **Acta Amazonica**. Manaus. v. 34, n. 3, p. 375-386, 2004.

JUMA, R.A.; MCGILL, W.B. Community-level interactions control proliferation of *Azospirillum brasiliense* Cd in microcosms. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 27, p. 189-196, 1986.

LISBOA, P.L.B. (org.) 2002. **Caxiuanã: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi.

KERN, D.C. **Geoquímica e pedogegeoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)**, 1996. 124 p. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém, Pará.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **R. Bras. Cien. Solo**, v. 13, p. 219-225, 1989.

MACIEL, U. N. (1991). **Influência do Sistema de Manejo na Microbiologia do Solo em Área de Cultura de Milho no Nordeste do Pará**. Tese de Mestrado, FCAP. Belém – Pará , 60 p.

MACKINNON, J. E. Identificación de algunos hongos del género *Aspergillus*; aislados em Montevideo. In: REUNIÃO SUL-AMERICANA DE BOTÂNICA, 1., 1938, Rio de Janeiro. **Anais...Rio de Janeiro**: Ministério da Agricultura, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1938. p. 215 – 231.

MONTEIRO, K.F.G. **Utilização de resíduos de madeira como cobertura no solo: o estudo de caso de um sistema agroflorestal no estado do Pará**, 2004 . 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará.

RUIVO, M. L. P; OLIVEIRA, M. L; BATISTA, E. B; KERN, D. M ; SELES, M. E. C. População Microbiana em Solo de Terra Preta Arqueológica: um indicativo da qualidade do solo? **Resumos expandidos do Congresso Brasileiro de Geoquímica**, Belém, 2002, p. 232 – 233.

RUIVO, M. L. P; OLIVEIRA, M. L; LOPES , E.L.N.; AMARANTE, C. B.; GONÇALVES, M.F.; COSTA; R.R.; GUIMARÃES, B. Population and biodiversity in amazon dark earths soils. In : Rios , G. M and Camargo , S. M (eds) Pueblos y Paisajes antiguos de la. **Selva Tropical Amazónica**, Colombiana, Universidade Nacional da Colombia, Bogotá – Tara – Xacum / Washington, 2006. Pgs. 284 – 291.

SILVEIRA, V. D. **Micologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981. 332 p.

TSAI, S.M. et al. **Efeitos de fatores físicos e químicos sobre os microrganismos do solo**. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (eds). Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.59-72.

VALARINI, P. J. et al. Integrated evaluation of soil quality after the incorporation of organic matter and microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**. São Paulo. v. 33, p. 35-40, 2002.

WARDLE, D.A. Changes in the microbial biomass and metabolic quotient during leaf litter succession in some New Zealand Forest and scrubland ecosystem. **Functional Ecology**, v. 7, p. 346-355, 1993.

WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M. (1994). A Biomassa Microbiana do Solo e sua Importância nos Ecossistemas Terrestres. In : **Microrganismos em Importância Agrícola**. EMBRAPA – SP. Brasilia - DF, 226 P.

WHITMAN, W.B. et al. Prokaryotes: The unseen majority. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v. 95, p. 6578-6583, 1998.