

Indicadores biológicos de qualidade do solo no assentamento Abril Vermelho, Santa Bárbara do Pará – PA

Biological indicators of soil quality in the Abril Vermelho settlement, Santa Bárbara do Pará – PA

Erika da Silva Alves^{1*}, Vânia Silva de Melo¹, Jonathan Dias Marques¹, Luiz Felipe Monteiro Coelho¹, Orivan Maria Marques Teixeira², Leandro Frederico Ferraz Meyer¹

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar por meio dos indicadores biológicos de qualidade do solo, diferentes sistemas de cobertura vegetal no Assentamento Abril Vermelho, Santa Bárbara do Pará – PA. Foram selecionadas cinco áreas: pastagem, monocultura de açaí, monocultura de mandioca, sistema agroflorestral (SAFs) e capoeira. As amostras de solo foram coletadas em agosto de 2014, em transecto de 5m x 8m, nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em trincheiras. Para cada área selecionada foram coletadas 5 amostras simples, para formar 1 amostra composta, com 4 repetições. No trabalho as variáveis avaliadas foram o carbono orgânico, e os atributos biológicos, respiração basal (RB), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente microbiano (CBM:C) e quociente metabólico (qCO_2). Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias através do teste de Tukey a 5%. Os resultados indicaram que o SAFs e a pastagem apresentaram sinais de tendências à regeneração. As variáveis biológicas, CBM, RB e relação CBM:C, se apresentaram sensíveis, as mudanças no uso do solo, porém o qCO_2 não apresentou a mesma resposta, demonstrando que o uso de mais de uma variável é indicado.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; Indicadores biológicos; Qualidade do solo; Biomassa microbiana.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate, through biological indicators of soil quality, different vegetation cover systems in the Abril Vermelho settlement, Santa Bárbara do Pará, PA. Five areas were selected: pasture, açaí monoculture, cassava monoculture, agroforestry system (SAFs) and capoeira. Soil samples were collected in August 2014, in a 5m x 8m transect, at depths 0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm, in trenches. For each selected area, 5 simple samples were collected, to form 1 composite sample, with 4 replications. In the work, the variables evaluated were the organic carbon, and the biological attributes, basal respiration (RB), microbial biomass carbon (CBM), microbial quotient (CBM:C) and metabolic quotient (qCO_2). The results were submitted to analysis of variance and the comparison of means using the Tukey test at 5%. The results indicated that SAFs and pasture showed signs of regeneration trends. The biological variables, CBM, RB and CBM:C ratio, were sensitive to changes in land use, but qCO_2 did not show the same response, showing that the use of more than one variable is indicated.

Keywords: Vegetation cover; Biological indicators; Soil quality; Microbial biomass.

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia.

*E-mail: eryk.ambiental@yahoo.com.br

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental.

INTRODUÇÃO

A utilização indiscriminada de determinadas técnicas agrícolas no Pará, provocou taxas significativas de perda de eficiência do solo ao longo dos anos (MATOS, et al., 2012). Com o manejo aplicado a determinados solos, as suas propriedades são potencialmente alteradas, modificando as características iniciais e a produtividade, fato que pode ser observado em áreas de pastagem manejadas de forma inadequadas, onde os componentes físicos, químicos e biológicos são alterados quebrando os processos funcionais (TARRÁ, et al., 2010).

Em contrapartida encontramos nos Sistemas Agroflorestais (SAFs) bem manejados uma alternativa agroecológica, onde diferentes culturas e animais conseguem suprir as suas necessidades ecofisiológicas (JUNQUEIRA, et al., 2013). Observa-se nestes sistemas maior ciclagem de nutrientes, elevado fluxo de energia, maior fixação de carbono e um número elevado de população microbiana (SILVA, et., 2012; JUNQUEIRA, et al., 2013).

Além dos benefícios ambientais dos SAFs, é importante destacar os seus benefícios sociais para os agricultores, pois visa uma produção diversificada, reduzindo os riscos de prejuízo, eleva a produção e conseqüentemente a renda do agricultor (JUNQUEIRA, et al., 2013). Os sistemas agroflorestais são uma prática indicada para a agricultura familiar, perfil de produção da maioria dos Assentamentos de Reforma Agrária do INCRA.

Sistemas de uso do solo que visam a conservação, são importantes para evitar a sua degradação (MIRANDA et al., 2020), promovendo assim, a qualidade do solo. Segundo Silva et al. (2020), os atributos que permitem conhecer a qualidade do solo são chamados de indicadores de qualidade do solo, sendo classificados como indicadores químicos, físicos e biológicos. Os atributos biológicos são considerados indicadores de rápida resposta e com potencial para ser inseridos em programas de monitoramento da sustentabilidade do solo, pois são mais sensíveis as alterações no ambiente (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A determinação dos percentuais de matéria orgânica do solo tem sido considerada um indicador de qualidade uma vez que consiste em fonte primária de nutrientes as plantas, influencia na infiltração, na retenção de água, dentre outras funções (CONCEIÇÃO et al., 2005). Entretanto a biomassa microbiana que consiste no compartimento da matéria orgânica diretamente afetada por fatores bióticos e abióticos, apresenta respostas mais rápidas as modificações de uso do solo (SOUZA, et al., 2010).

Esta tem sido utilizada como bioindicadores para estudos de fluxo de carbono e nitrogênio, produtividade do solo, ciclagem de nutrientes e estudos sobre a regulação da transformação da matéria orgânica (D'ANDRÉA, et al., 2002). A estimativa dessa microbiota deve ser realizada em conjunto com outros indicadores para oferecer índices mais confiáveis. Sua determinação é dada pela avaliação de determinadas enzimas, da respiração basal e de sua biomassa (TÓTOLA; CHAER, 2002; SILVA, et al., 2010).

Diante desta problemática o estudo busca verificar os atributos biológicos do solo de propriedades rurais no Assentamento Abril Vermelho em Santa Bárbara do Pará – PA, analisando as interações das práticas agrícolas com os impactos ambientais por meio dos indicadores biológicos de qualidade do solo.

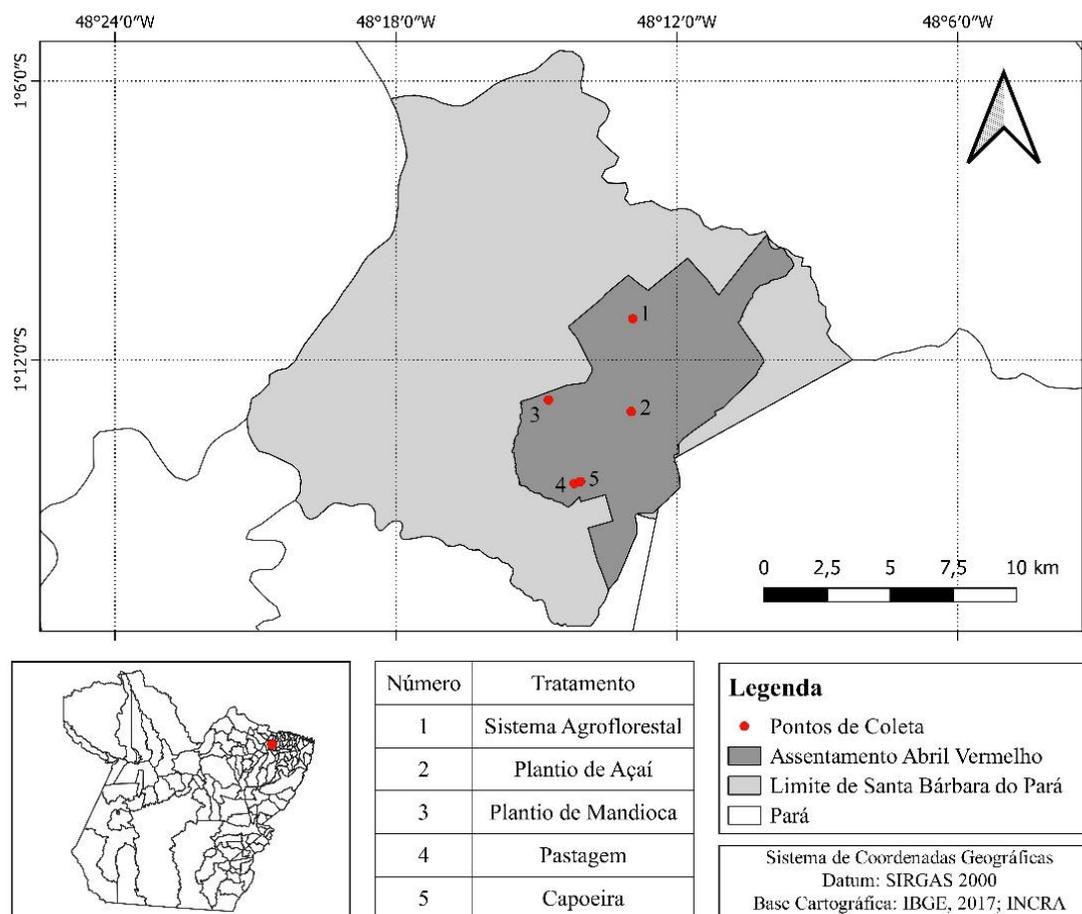
MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Assentamento Abril Vermelho situado no município de Santa Bárbara do Pará (PA), nas coordenadas 01° 10' 48.1" S e 048° 10' 40.2" W. As margens da PA-391, região metropolitana de Belém, distante 40 Km da capital do Estado (Figura 1). O Município de Santa Bárbara do Pará apresenta uma área total de 278,154 Km² e uma população estimada de 21.811 habitantes (IBGE, 2021).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região metropolitana de Belém é do tipo Af, caracterizado como clima equatorial quente úmido, com sazonalidade da estação chuvosa, nos meses de dezembro a maio. Ela está situada em uma das zonas de maior precipitação pluviométrica anual, com uma média de igual ou superior a 2000 mm ao ano (TAVARES; MOTA, 2012).

Foram selecionadas cinco áreas de cobertura vegetal e manejos distintos, as quais consistem em área de pastagem localizada nas coordenadas geográficas 1° 14' 39.7" S e 48° 14' 11.5" W, monocultura de açaí localizada nas coordenadas de 1° 13' 06.8" S e 48° 12' 58.4" W, monocultura de mandioca localizada nas coordenadas geográficas de 1° 12' 51.8" S e 48° 14' 44.6" W, sistema agroflorestal (SAFs) nas coordenadas geográficas de 1° 11' 07.1" S e 48° 12' 56.4" S e capoeira localizada nas coordenadas geográficas 1° 14' 37.2" S e 48° 14' 03.5" W, utilizada como a área de testemunha.

Figura 1 – Localização da área de estudo, assentamento Abril Vermelho, Santa Bárbara do Pará, PA.



Fonte: Melo et al. (2022)

As amostras de solo foram coletadas em agosto de 2014, em transecto de 5m x 8m. Em cada uma das cinco áreas selecionadas foram coletadas 5 amostras simples, para formar 1 amostra composta, realizando 4 repetições por área. A coleta de solo foi realizada nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em trincheiras de 20 cm de profundidade. As amostras para a determinação biológica foram acondicionadas em caixas térmicas durante o transporte ao laboratório, onde foram armazenadas, conservadas em refrigerador e passadas em peneiras de 2 mm de abertura. No trabalho as variáveis avaliadas foram o carbono orgânico, e os atributos biológicos, carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB), quociente microbiano (CBM:C) e quociente metabólico (qCO_2).

A determinação do carbono orgânico foi realizada no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal Rural da Amazônia de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1997).

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) e respiração basal (RB) foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal

Rural da Amazônia. Utilizou-se o método da irradiação-extração para estimar o carbono da biomassa microbiana por meio da técnica de irradiação com determinadas adaptações da metodologia de Islam e Weil (1998) e Brookes, et al. (1982). As determinações foram realizadas em triplicata onde cada amostra geravam seis, três amostras foram irradiadas e três não foram expostas à radiação.

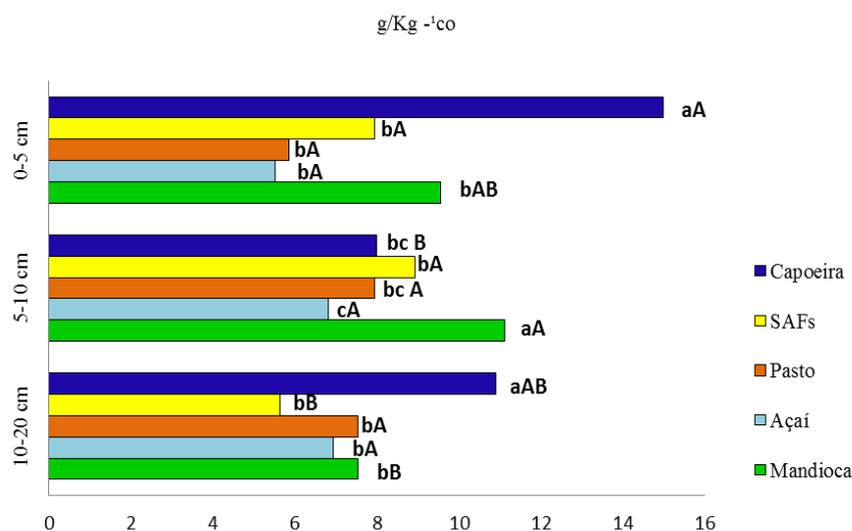
A determinação de RB foi mensurada por meio do CO₂ produzido pela respiração dos microrganismos como sugere a metodologia de Gregorich, et al. (1994). As amostras foram submetidas a incubação por 10 dias isenta de luz. A determinação do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi mensurado pela relação da respiração basal e a biomassa microbiana por meio da metodologia proposta por Anderson e Domsch (1993) e os resultados foram expressos em $\mu\text{g CO}_2 \mu\text{g CBM}^{-1} \text{h}^{-1}$.

Os dados foram trabalhados na plataforma ASSISTAT versão 7.1 beta, da Universidade Federal de Campina Grande-PB. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, gerando 5 tratamentos, onde foram avaliados os tratamentos e posteriormente as profundidades. Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias através do teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra que o teor de C nos diferentes tipos de cobertura vegetal foi semelhante nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm, apresentando diferenças estatísticas significativas ($p < 0.01$), sendo os maiores valores encontrados na capoeira (14.98 g.kg^{-1}) e o menor valor em monocultura de açaí ($5,53 \text{ g.kg}^{-1}$). Na profundidade de 5-10 cm houve também diferença estatística significativa, sendo os maiores valores encontrados em solos sob monocultivo de mandioca.

Figura 2 – Valores de carbono orgânico (C) do solo nas coberturas vegetais de SAFs, açaí, mandioca, pastagem e capoeira, em diferentes profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.



Fonte: Autores (2014)

Médias seguidas da mesma letra, minúscula, não diferem entre os tratamentos, médias seguida da mesma letra, maiúscula, não diferem entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na capoeira os valores de C variaram de 8,01 g.kg⁻¹ a 14,98 g.kg⁻¹. Neste ambiente o tempo de pousio, cerca de 10 anos, e a presença de diversas espécies vegetais que fornecem uma quantidade de resíduos orgânicos maiores ao solo, pode ter influenciado de forma direta os percentuais de C. Comparando capoeiras de diversas idades Vasconcelos (2010) encontrou valores próximos para áreas de capoeira (de 5,33 a 13,03 g.kg⁻¹) em Igarapé-Açu (PA).

O C variou de 5,64 g.kg⁻¹ a 8,94 g.kg⁻¹ na área de SAFs. O menor valor foi encontrado na camada de solo de 10-20 cm, o qual deve estar associado ao maior aporte de material orgânico sobre a superfície do solo, e decréscimo nas camadas inferiores

Na monocultura de mandioca o C variou de 7,53 g.kg⁻¹ a 11,12 g.kg⁻¹. Considerando os diversos tratamentos foi possível identificar que a monocultura de açai apresenta em média menores valores de C cerca de 6,43 g.kg⁻¹. Solos submetidos à atividade agrícola tendem a apresentar condições adversas, ligadas à quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos, que fornecem ao solo e aos tratos culturais aplicados nestas áreas (PEREZ et al., 2004; SILVA, 2010).

Analisando a variável de acordo com a profundidade foi identificado que os valores mais elevados estão situados na camada de solo de 0-5 cm. Associado provavelmente a formação da camada de serapilheira na superfície. O C influencia na fertilidade dos solos e no desenvolvimento de microrganismos, sua redução ou elevação

pode evidenciar mudanças negativas ou positivas, assim um manejo que consegue manter valores considerados estáveis de C pode se apresenta menos agressivo a qualidade do solo (MENDES; REIS JUNIOR, 2010).

A variável carbono da biomassa microbiana (CBM) apresentou diferenças estatísticas significativas de acordo com a cobertura vegetal e com a profundidade (Figura 3). Os valores mais elevados foram encontrados na área de pastagem (194,01 $\mu\text{g. g}^{-1}$) e capoeira (163,23 $\mu\text{g. g}^{-1}$), o menor valor foi evidenciado na monocultura de açaí (58,22 $\mu\text{g. g}^{-1}$).

Em áreas de pastagem ocorre o elevado conteúdo de matéria orgânica e densa massa radicular, favorecendo a existência de grande biomassa microbiana na rizosfera (ALVES, et al., 2011), fato que pode explicar o valor de CBM encontrado, entretanto pontos de alagamentos foram identificados distribuídos em parte da área amostrada, este evento pode ter influenciado também nos valores de CBM, pois ambientes mais úmidos, fornecem melhores condições para o desenvolvimento da população microbiana.

Valores elevados de CBM em áreas de pastagem com *Brachiaria* sp., também foram encontrados por Alves, et al. (2011), que atribui este fato ao sistema seu radicular abundante e volumoso, com contínua renovação, gerando aporte de resíduos orgânicos elevados e influenciando conseqüentemente no CBM.

Na camada superficial do solo 0-5 cm, na capoeira o valor de CBM (163,23 $\mu\text{g. g}^{-1}$) foi superior as monoculturas (açaí e mandioca) (Figura 10). Estudos de Vasconcelos (2002) verificou em Castanhal (PA) que o aporte maior de resíduos orgânicos na capoeira de até 15 anos evidencia o aumento do conteúdo de CBM. Ruivo, et al. (2006) ressalta que dentre outros fatores, a existência de um substrato orgânico proveniente de um aporte constante de matéria orgânica é indispensável para a manutenção e elevação da comunidade microbiana.

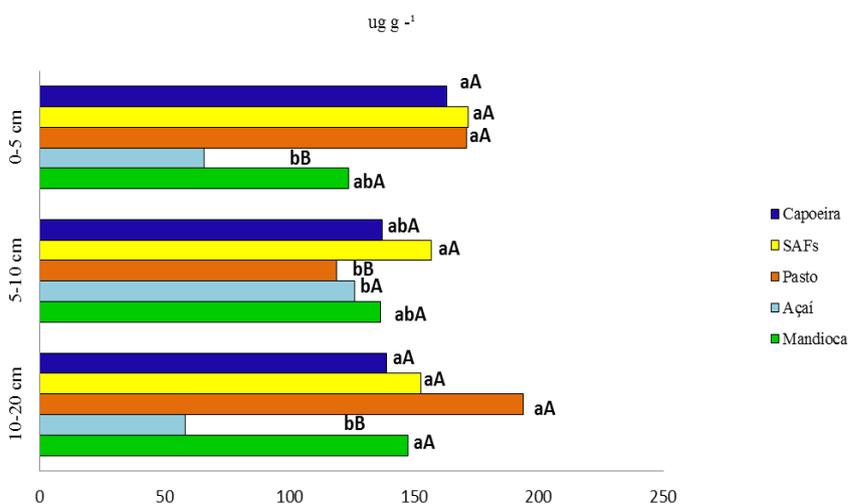
Na monocultura de açaí em média o valor de CBM foi o menor em relação a todos os tratamentos (83,41 $\mu\text{g. g}^{-1}$) (Figura 3). Solos sob cultivos agrícolas não apresentam um aporte significativo de material orgânico, pois as práticas agrícolas como sistema de corte e queima, capinas, uso de pesticidas, afetam diretamente a biomassa (MATIAS et al., 2009; SILVA, 2012).

Os valores de CBM em capoeira, SAFs e pastagem nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm foram diferentes significativamente da monocultura de açaí (Figura 3). Valores mais elevados de CBM em pastagem em relação às de culturas anuais também foram encontrados por D'Andréa, et al. (2002). Estudos de Alves, et al. (2011)

observaram que práticas agrícolas como a pecuária a e integração lavoura-pecuária, também provocando inúmeros desequilíbrios na população microbiana assim como nos processos biogeoquímicos.

Analisando as tendências desta variável por profundidade, percebe-se que em média na profundidade de 0-5 cm se encontram os valores mais elevados, a única exceção foi na área de pastagem, onde os maiores valores foram encontrados na profundidade de 10-20 cm. Neves (2009) também encontrou maior quantidade de CBM nas camadas superficiais, e explica que a biomassa microbiana encontra nestas camadas melhores condições de desenvolvimento. Vasconcelos (2010) destaca que nas camadas mais profundas há condições desfavoráveis, como a diminuição da aeração do solo e a menor disponibilidade de matéria orgânica de fácil decomposição que influenciam nos valores de CBM.

Figura 3 – Valores de carbono da biomassa microbiana (CBM) nas coberturas vegetais de SAFs, açaí, mandioca, pastagem e capoeira, em diferentes profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.



Fonte: Autores (2014)

Médias seguidas da mesma letra, minúscula, não diferem entre os tratamentos, médias seguida da mesma letra, maiúscula, não diferem entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

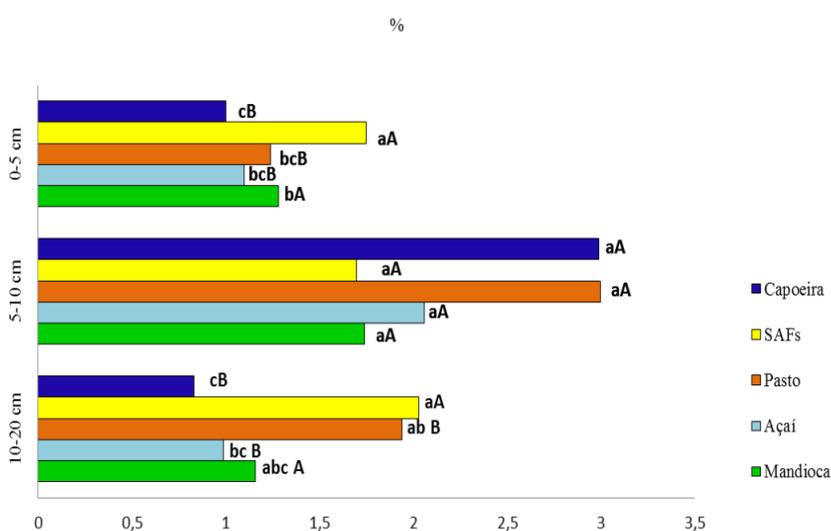
Foi possível identificar no trabalho ao analisar os tratamentos e as profundidades, que mudanças no uso do solo alteram as condições para o desenvolvimento da microbiota, modificando assim os valores de CBM.

Estas mudanças estão associadas à remoção da vegetação, intensidade de manejo do solo, e aporte de matéria orgânica, que refletem conseqüentemente em alterações associadas à quantidade e à qualidade dos resíduos vegetais disponíveis à microbiota, mostrando, portanto, que o CBM é susceptível as mudanças na cobertura vegetal, logo o seu uso em sistema de monitoramento de qualidade do solo é indicado.

Os valores da relação carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico (CBM:C) apresentaram a mesma tendência do carbono da biomassa microbiana em relação aos tratamentos (Figura 4). Com diferenças estatísticas significativas ($p < 0.01$) nas profundidades 0-5 cm, 10-20 cm e nos tratamentos de cobertura vegetal de capoeira, pastagem e monocultura de açaí. Os percentuais mais elevados de imobilização do carbono orgânico pela biomassa foram evidenciados na pastagem 3% e na capoeira 2,99%.

A média dos percentuais gerais de CBM:C na capoeira e no SAFs se apresentam próximos, 1,6 % e 1,7 % respectivamente, valor semelhante foi encontrado por Oliveira (2009) em sistema agroflorestal, contento a espécie florestal de paricá (1,7%) em Aurora do Pará (PA). Indicando que este manejo exibe sinais de regeneração, pois, provavelmente está fornecendo melhores condições para o desenvolvimento da biomassa, refletindo na redução do desequilíbrio neste sistema.

Figura 4 – Relação carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico (CBM:C) nas coberturas vegetais de SAFs, açaí, mandioca, pastagem e capoeira, em diferentes profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.



Fonte: Autores (2014)

Médias seguidas da mesma letra, minúscula, não diferem entre os tratamentos, médias seguida da mesma letra, maiúscula, não diferem entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As monoculturas (açai e mandioca) exibiram os menores percentuais entre os tratamentos, com destaque para a monocultura de açai 1,38% em média. Valores baixos de CBM:C estão relacionados com as circunstâncias em que se encontra a microbiota, a qual pode está sobre algum fator de estresse (SILVA, et al., 2010), ou a baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, de forma que a biomassa não consiga utilizar totalmente o carbono orgânico (SILVA et al. 2010).

Em todos os tratamentos com exceção do SAFs os valores mais elevados de CBM:C foi encontrado na profundidade de 5-10 cm de solo. Neves (2009) também encontrou tendência na elevação dos valores da relação CBM:C com a profundidade.

As mudanças nos percentuais CBM:C entre os tratamentos e nas profundidades foram evidenciadas, pois os valores variam de 0,99% a 3 %. Valores semelhantes foram encontrados por Oliveira (2009) (1,3 % a 2,3 %) ao comparar solos sobre diferentes manejos em Aurora do Pará (PA).

No estudo da variável respiração basal em todas as profundidades foi encontrado na análise de variância diferenças estatísticas significativas ($p < 0.01$). Nos tratamentos foram evidenciadas alterações nos valores de respiração de acordo com a cobertura vegetal (Figura 5).

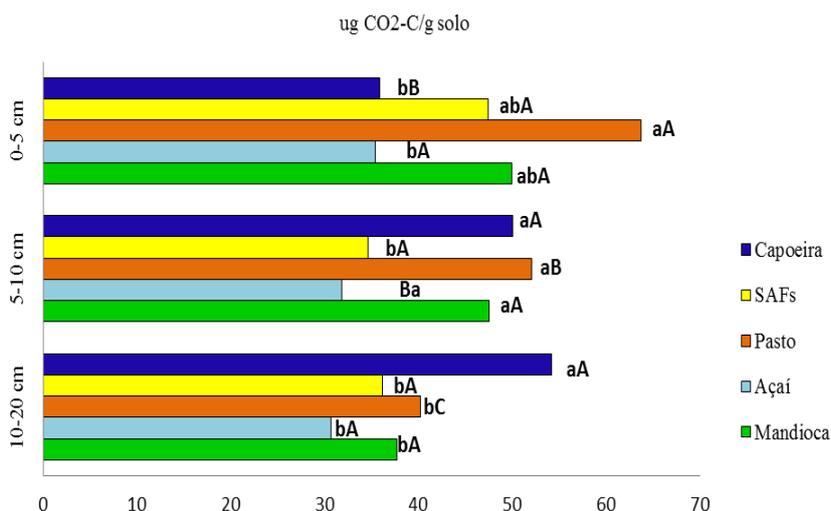
A respiração basal do solo consiste na soma total de todas as funções metabólicas das quais o CO_2 é produzido (SILVA, et al., 2007). É considerada a principal medida para avaliar sua atividade microbiana (ALEF, 1995). As maiores perdas de C- CO_2 por atividade microbiana ocorreram na área de pastagem ($63,51 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ solo) (Figura 5).

Entre os tratamentos a monocultura de açai apresentou em média o menor valor de respiração basal em todas as profundidades ($31,28 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ solo) (Figura 5). D' Andrea, et al., (2002) ressalta que em sistemas convencionais de produção agrícola o constante revolvimento do solo, durante o preparo e manutenção, provoca perturbações que ocasionam em estresse na população microbiana afetando os valores de respiração basal.

Ao observar as médias por profundidades nos diversos tratamentos é evidenciado que o menor valor se encontra na profundidade de 10-20 cm. Mudanças nos valores de

respiração basal ao longo dos perfis estão associadas a alterações na disponibilidade de carbono orgânico, a maior deposição de resíduos na superfície (VARGAS; SCHOLLES, 2000) ou influenciadas pela qualidade e quantidade de matéria orgânica (PEÑA, et al., 2005).

Figura 5 – Valores de Respiração Basal (RB) nas coberturas vegetais de SAFs, açai, mandioca, pastagem e capoeira, em diferentes profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.



Fonte: Autores (2014)

Médias seguidas da mesma letra, minúscula, não diferem entre os tratamentos, médias seguida da mesma letra, maiúscula, não diferem entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

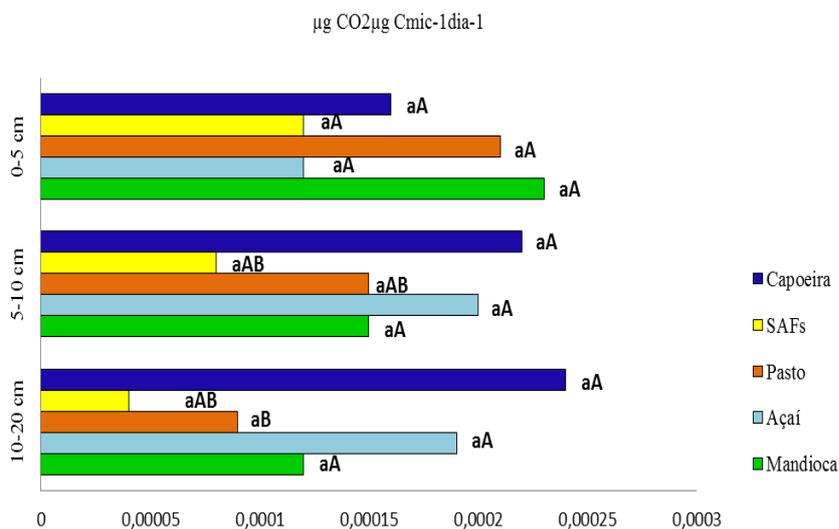
Os valores de qCO_2 não apresentaram diferenças estatísticas significativas com relação aos tratamentos, apenas com a profundidade, porém foi possível perceber mudanças nos valores desta variável de acordo com o uso do solo (Figura 6).

Foram encontrados na camada de 0-5 cm, os valores mais elevados de quociente metabólico na pastagem e no mococulturo de mandioca. Valores maiores de qCO_2 em um sistema podem indicar perdas de carbono na forma de respiração, assim como a maior necessidade de energia para os microrganismos (HUNGRIA, et al., 2009). Evidenciando um desequilíbrio ecológico, como um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM; WEIL, 2000; CARDOSO, et al., 2009). O rápido fluxo de matéria orgânica no ecossistema também ocasiona perturbações no ambiente (OLIVEIRA, 2009).

Na pastagem, como citado anteriormente ocorre um aporte rápido de resíduos orgânicos, que possivelmente influenciaram no valor de CBM nesta cobertura vegetal e

consequentemente no qCO_2 . Valores mais elevados de qCO_2 neste tratamento indica que a biomassa microbiana está sendo menos eficiente nesta cobertura vegetal.

Figura 6 – Valores do Quociente metabólico (qCO_2) nas coberturas vegetais de SAFs, açaí, mandioca, pastagem e capoeira, em diferentes profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm.



Fonte: Autores (2014)

Médias seguidas da mesma letra, minúscula, não diferem entre os tratamentos, médias seguida da mesma letra, maiúscula, não diferem entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O SAFs apresentou uma tendência a redução qCO_2 de acordo com a profundidade, neste tratamento foi encontrado o menor valor de qCO_2 na profundidade de 10-20 cm. Menores valores de qCO_2 indicam menores perdas de C no sistema na forma de CO_2 por unidade de CBM, portanto as menores perdas ocorreram na camada de 10-20 cm, no SAFs. Oliveira (2009) encontrou valor mais baixo de qCO_2 em SAFs com espécie florestal de paricá. Índices de respiração menores refletem ambientes mais próximos do seu estado de equilíbrio (TÓTOLA; CHAER, 2002; SILVA, et al., 2010).

Neste sistema de uso do solo se percebe sinais de regeneração, atribuído possivelmente ao intenso aporte de resíduo orgânico, pela espécie florestal e as culturas perenes que o constituem, propocionando uma maior cobertura do solo, e assim melhores condições para o desenvolvimento dos microrganismos, tendência observada na maioria da variáveis.

CONCLUSÃO

O SAFs e a pastagem exibiram sinais de tendências à regeneração, uma vez que apresentaram valores muito próximos à área de referência (capoeira), indicando que estes ambientes estão tendendo ao reequilíbrio ecológico.

O monocultivo de açaí, foi o sistema de uso do solo que apresentou menores valores dos indicativos de qualidade do solo, evidenciando fortes modificações no seu funcionamento, e menor eficiência na imobilização de nutrientes.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Estima of soil respiration. In: ALEF, K.; NAIPER. (ds) **Methods Inlmicrobigy and Biochemistry**. NewYork: Academi, 1995.p46-70.
- ALVES, T.S, et al. Biomassa e Atividade Microbiana de Solo Sob Vegetação Nativa e Diferentes Sistemas de Manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, n.2, p. 341-347, 2011.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The Metabolic Quotient for CO₂ (Q_{co2}) s A Especific Activity Parameter to Assess The Effects of Environmetal Conditions, Such as Ph, on the Microbial Biomass of Forest Soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.
- ARAÚJO, A. S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, v.23, n.3, p. 66-75, 2007.
- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S. & JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biol. Biochem.**, 14:319-329, 1982.
- CARDOSO, E.L., et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p. 631-637, 2009.
- CONCEIÇÃO, P.C., et al. Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo Avaliada pela Dinâmica da Matéria Orgânica e Atributos Relacionados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.29, p.777-778, 2005.
- D'ANDREA, A. F., et al. Atributos Biológicos Indicadores da Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo na Região do Cerrado no Sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 913-923, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo/ CNPS**. 2 ed. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- HUNGRIA, M., et al. Soil Microbial Activity and Crop Sustainability in a Long-Term Experiment With Three Soil Tillage and Two Crop-Rotation Systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, p.288–296, 2009.
- GREGORICH, E. G., et al. Towards a Minimum Data Set to Assess Soil Organic-Matter Quality in Agricultural Soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Montreal, v. 74, p. 367-385, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Dados por Cidades**. Disponível:<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150635&search=para|santa-barbara-do-para>. Acesso 21 fev 2022.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fertil. Soils**, v. 27, p. 408-416. 1998.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil Quality Indicator Properties in Mid-Atlantic Soils as Influenced by Conservation Management. **J. Soil Water Conserv.**, 55:69-79, 2000.

JUNQUEIRA, A.C. Sistemas Agroflorestais e Mudanças na Qualidade do Solo em Assentamento de Reforma Agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p. 102-115, 2013.

MATIAS, C. B. S., et al. Biomassa Microbiana e Estoques de C N Do Solo em Diferentes Sistemas de Manejo, no Cerrado Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, p.517-521, 2009.

MATOS, F.O., et al. Teores de Nutrientes do Solo sob Sistema Agroflorestal Manejado com e sem Queima no Estado do Pará. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.3, p. 257-266,2012.

MELO, V. S., et al. Atributos físicos e químicos de solos sob diferentes tipos de uso e manejo no assentamento Abril Vermelho, Amazônia Oriental. **Conjecturas**, v. 22, n. 1, p. 79-97, 2022.

MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e seu Uso como Bioindicadores em Sistemas de Plantio Direto e Convencional**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/191/>>. > Acesso em: 30 nov. 2014.

MIRANDA, P. H. C., et al. Atributos biológicos em diferentes sistemas de manejo do solo no município de Paragominas, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72858-72870, 2020.

NEVES, C.M.N., et al. Indicadores Biológicos da Qualidade do Solo em Sistema Agrossilvopastoril no Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agroecologia**, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2009.

OLIVEIRA, M.L.S. **Indicadores de Qualidade do Solo Sob Diferentes Sistemas de Cultivo com as Espécies Paricá (*Schizolobium Parahyba* Var. *Amazonicum* Huber Ex Ducke) e Curauá (*Ananas Comosus* Var. *Erectifolius* [L. B. Smith] Coppens & Leal) no Município de Aurora do Pará (Pa)**. (Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia) - Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa – Amazônia Oriental, Belém, PA. 2009.

PEÑA, M. L., et al. A. Respiração Microbiana Como Indicador da Qualidade do Solo em Ecossistema Florestal. **Floresta**, v. 35, n.1, p. 117-127, 2005.

PEREZ, K.S., et al.. Carbono da Biomassa Microbiana em Solo Cultivado com Soja Sob Diferentes Sistemas de Manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.6, p.567-573, 2004.

RUIVO, M.L., et al. **Relações da Biomassa Microbiana do Solo com Características Químicas de Frações Orgânicas e Minerais do Solo Após Exploração Mineral Na Amazônia Oriental**. Belém, v. 1, n. 2, p. 121-131, 2006. (Boletim do Museu Emílio Goeldi. Ciências Naturais).

SILVA, E.V, et al. Determinação da Respiração Basal (RBS) e Quociente Metabólico (qCO₂). Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2007, 4p. (Comunicado Técnico, 99)

SILVA, R.R., et al. Biomassa e Atividade Microbiana em Solo Sob Diferentes Sistemas de Manejo na Região Fisiográfica Campos das Vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, C.F., et al. 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, M. O., et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

SOUZA, E.D., et al. 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.

TARRÁ, I.L., et al. Tempo de Uso em Pastagens e Volume dos Macroporos do Solo na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.678–683, 2010.

TAVARES, J.P.N.; Mota, M.A.S. Condições Termodinâmicas de Eventos de Precipitação Extrema em Belém-PA Durante a Estação Chuvosa. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, p.207-218, 2012.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e Processos Microbiológicos como Indicadores da Qualidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.195-276.2002.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa Microbiana e Produção de C-CO₂ e N Mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro Submetido a Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.1, p. 35-42, 2000.

VASCONCELOS, J. M. **Indicadores Químicos e Biológicos de Latossolo Amarelo Submetido aos Sistemas de Preparo de Área Usando a Queima e a Trituração da Vegetação no Nordeste Paraense**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. 2010.

VASCONCELOS, L. G. T. R. Biomassa Microbiana de um Solo Sob Vegetação Secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 44, p. 44-63, 2002.

Recebido em: 15/02/2022

Aprovado em: 21/03/2022

Publicado em: 23/03/2022