

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ADEQUABILIDADE DE PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Bolsista: Jonas Onis Pessoa, CNPq

HUMAITÁ - AM

Julho – 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO PARCIAL  
PIB-A 0071/2010-2011  
ADEQUABILIDADE DE PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Bolsista: Jonas Onis Pessoa, CNPq  
Orientador: Heron Salazar Costa

HUMAITÁ – AM  
Julho – 2011

## RESUMO

A avaliação da qualidade do solo (QS) se constitui em uma ferramenta de grande importância à sua conservação, visto que a partir disto podem-se realizar inferências tanto do potencial quanto das suas limitações. Os atributos biológicos apresentam grande potencial para avaliar a QS do solo, porém os estudos em áreas tropicais e em escalas detalhadas são bastante incipientes. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar os atributos microbiológicos (densidade total de bactérias e de fungos cultiváveis, atividade de solubilizadores de fosfato, biomassa microbiana e atividade de microrganismos heterotróficos) e bioquímicos entre as áreas de campo natural (CN), áreas de campo cultivado (CC) e área de pastagem (P) na profundidade 0-10 cm em Humaitá-AM a fim de verificar sua capacidade de indicar a QS. Para isso coletou-se amostras de solos ao acaso nos três ambientes. As análises biológicas do solo foram feitas adotando-se procedimentos específicos para cada variável, e executadas no laboratório de solos do Instituto Agricultura e Ambiente (IAA), em Humaitá. Foram calculados os valores médios de cada variável para as análises de correlação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições. Não foram observadas alterações significativas do número total de bactérias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, apenas numericamente. A elevada população bacteriana do CC em relação ao CN pode estar relacionada à aplicação de calcário e, conseqüente aumento do pH, verificada neste ambiente. Já o pronunciado número de bactérias na pastagem em relação ao CN deve-se, possivelmente, em razão da incorporação de nutrientes ao solo via excrementos e urina animal que agrega ao sistema quantidades essenciais de nutrientes para as plantas promoverem o aumento significativo da biomassa de microrganismos. A execução das demais análises será realizada no Instituto de Educação de Agricultura e Ambiente, em Humaitá e no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e apresentadas oralmente no CONIC 2011, em agosto.

Palavras-chave: sustentabilidade, pastagem, cultivo.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	5
2.	REVISÃO DE LITERATURA .....	6
3.	METODOLOGIA .....	8
3.1	Áreas de estudo.....	8
3.2	Coleta das amostras .....	8
3.3	Análises bioquímicas e microbiológicas .....	8
3.4	Análises dos resultados .....	8
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5.	CONCLUSÃO .....	11
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
7.	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES .....	16

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos no planeta aumentou de modo significativo nas últimas décadas, principalmente, em virtude do singular crescimento populacional observado neste período. Assim, para atender as atuais exigências nutricionais da população, a agricultura e a pecuária passaram por um processo de intensificação e modernização. Na agricultura, o uso de defensivos agrícolas e fertilizantes, o incremento de máquinas de grande porte, por exemplo, tornaram-se mais triviais. Além disso, consideráveis porções de terras foram ocupadas para a implementação de ambas as atividades.

No entanto, a aplicação dessas estratégias que buscam maximizar a produção agrícola e a prática da pastagem, somada à disposição inadequada de resíduos urbanos e industriais, têm proporcionado efeitos adversos às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Em vista deste cenário, diversos autores passaram a pesquisar indicadores para mensurar a qualidade do solo (QS), auxiliar na medição das diversas alterações dos processos pedológicos e no funcionamento ou limitações dos ecossistemas terrestres.

Neste sentido, COSTA et al. (2006) e ARAUJO & MONTEIRO (2007) têm debatido amplamente os atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores de qualidade, e segundo DORAN et al. (1994) tais discussões abrem novas possibilidades de estudo acerca da QS que outrora era relacionada, principalmente, à utilização de indicadores físicos e químicos.

De acordo com SILVEIRA et. al. (2004), entre os atributos microbiológicos e bioquímicos que apresentam grande potencial de utilização como indicadores sensíveis do estresse ecológico destacam-se a densidade total de bactérias, fungos, solubilizadores de fosfato, biomassa microbiana e atividade de microorganismos heterotróficos, pois respondem rapidamente à mudança no ambiente de solo derivadas das alterações no manejo.

São poucos e incipientes os estudos avaliando a adequabilidade dos parâmetros microbiológicos e bioquímicos como indicadores da qualidade do solo sob diferentes manejos nas regiões tropicais. Sendo que, até o presente momento, não constatou--se tais estudos em escala detalhada, em solos da região sul do Amazonas. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar e comparar os atributos microbiológicos e bioquímicos citados acima entre as áreas de campo natural preservado, áreas de campo cultivado e área de pastagem, em Humaitá-AM, a fim de constatar a adequabilidade dos mesmos em indicar a qualidade do solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

No âmbito científico, o conceito de qualidade do solo (QS) não possui uma definição unanimemente aceita, sendo caracterizada por diversas controvérsias (PIERZYNSKI *et. al.*, 2000). Tal discordância decorre, principalmente, em virtude das diferentes percepções dos profissionais e estudiosos do solo em relação ao tema. Desta forma, este conceito deve ainda ser amplamente discutido.

DORAN & PARKIN (1994) definiram a qualidade do solo como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas. Já para LARSON & PIERCE (1994) a qualidade está ligada especificamente à habilidade de funcionar como meio para crescimento das plantas, regular o fluxo e o armazenamento da água no meio ambiente e como tampão ambiental.

Segundo SEYBOLD *et. al.* (1997), a complexa interação entre as propriedades químicas, biológicas e físicas do solo determina sua qualidade e capacidade de uso. Portanto, ainda que sua qualidade não possa ser medida diretamente, pode ser inferida a partir das mudanças avaliadas nos seus atributos ou nos atributos do ecossistema conhecidos como indicadores.

FACCI (2008) afirma que os indicadores da qualidade de um solo devem fornecer algumas medidas da sua capacidade de funcionar, sendo adequados às diferentes condições de vegetação, de produtividade biológica, e, que possam expressar a qualidade ambiental e a salubridade humana e animal residente, além disso, devem auxiliar na medição das mudanças de funcionamento do solo ou limitações do ecossistema, ser compreensíveis. Ademais, DORAN & ZEISS (2000) afirmam que estes devem ser úteis para o agricultor e, preferencialmente, de fácil e barata mensuração.

Neste sentido, diversos autores (CARDOSO & FORTES NETO, 2000; D'ANDREA *et. al.*, 2002; MOREIRA & MALAVOLTA, 2004; SANTOS, 2004; ARAÚJO & MONTEIRO, 2006; ARAÚJO *et. al.*, 2007; ARAÚJO & MONTEIRO, 2007), relatam o potencial de utilização dos atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da qualidade de solos.

FACCI (2008) corroborando com os autores acima, ainda afirma que os microrganismos do solo e suas comunidades estão continuamente mudando e se adaptando às alterações ambientais. A dinâmica natural desse grupo faz deles indicadores potencialmente sensíveis para se avaliar as mudanças no solo resultantes de diferentes práticas e sistemas de manejo. O desafio é identificar parâmetros do solo

mensuráveis que possam ser usados para avaliar impactos das práticas de manejo em um dado local.

Para MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a biomassa microbiana é a fração viva da matéria orgânica do solo, contendo de 1% a 4% de C e de 3% a 5% de N, representando um reservatório de nutrientes e atuando no processo de decomposição dos resíduos vegetais, na ciclagem de nutrientes e na sustentabilidade biológica do solo. Por isso, conforme ANDERSON & DOMSCH (1993) podem servir como indicador biológico ou índice de adequação de sustentabilidade de sistemas de produção.

Nos agroecossistemas, a biomassa microbiana pode imobilizar entre 100 kg ha<sup>-1</sup> e 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 ha<sup>-1</sup> e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P, até a profundidade de 30 cm, e essas quantidades excedem a aplicação anual de fertilizantes e a necessidade nutricional da maioria das plantas cultivadas (MARTENS, 1995). A liberação ou imobilização desses nutrientes depende da dinâmica dos microrganismos, da quantidade de resíduos vegetais, da eficiência de utilização de carbono pela microbiota e da atividade enzimática do solo (BAUDOIN *et al.*, 2003).

Os microrganismos estão diretamente envolvidos nos ciclos dos nutrientes no solo. Aliada à quantificação de bactérias e fungos totais, a avaliação de determinados grupos microbianos pode fornecer uma boa indicação de como tais processos bioquímicos estão ocorrendo. Para BROOKES (1995), a contagem de microrganismos no solo, apesar de ser vista com ressalvas, ajuda a entender os processos que nele ocorrem e pode servir como indicador do impacto de diferentes atividades antrópicas.

Embora nem sempre ocorra correlação entre biomassa e atividade microbianas e entre biomassa e a comunidade microbiana, resultados obtidos por CATTEELAN & VIDOR (1990), estudando solos degradados, e por KUPERMAN & CARREIRO (1997) e DIAS-JÚNIOR *et al.* (1998), avaliando solos contaminados com metais pesados, mostraram correlações significativas entre biomassa e atividade microbianas e entre biomassa e populações de fungos e bactérias cultiváveis.

A degradação da matéria orgânica resulta da atividade dos microrganismos heterotróficos e seu grau de transformação é comumente utilizado para indicar a atividade microbiana do solo. Segundo NANNIPIERI (1984), a atividade microbiana é utilizada para elucidar o processo de mineralização e visualizar mais profundamente a intensidade dos fluxos de energia no solo. A respiração microbiana apresenta grande potencial de utilização como indicador da qualidade de solos em áreas degradadas, relacionando-se com a perda de carbono orgânico do sistema solo-planta para a atmosfera, reciclagem de nutrientes, resposta a diferentes estratégias de manejo do solo (PARKIN *et al.*, 1996).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Áreas de estudo

As amostras de solos foram obtidas em propriedades de agricultores do Município de Humaitá. As análises serão realizadas no Campus Vale do Rio Madeira - CVRM, no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM em Humaitá- AM. Avaliou-se três tipos de ambientes. São eles: área de campo natural preservado, área de campo cultivado e área de pastagem.

#### 3.2 Coleta das amostras

Para a coleta das amostras de solo será demarcada, em cada ambiente, uma área de um hectare, subdividida em dezesseis subáreas. Em cada subárea retirou-se ao acaso amostras de aproximadamente 300g de solo das camadas de 0 a 10 cm. As coletas foram realizadas no mesmo dia nas três áreas para cada análise (parâmetro).

#### 3.3 Análises bioquímicas e microbiológicas

Todas as amostras coletadas em cada ecossistema foram subdivididas em três subamostras visando diminuir as variações causadas pelos procedimentos de análises em laboratório. O número mais provável (NMP) de fungos do solo será determinado pelo método do plaqueamento por gotas, após diluição sucessiva de amostras de solo e cultivo em placas de Petri com o meio de cultura Martin, conforme WOLLUM II (1982). Para as bactérias, utilizou-se o método das diluições com o meio de cultura Ágar Nutriente, conforme (NEDER, 1992).

A determinação do número total de microorganismos solubilizadores de fosfato presentes nos solos será realizada por meio de unidades formadoras de colônias (UFC), utilizando-se o método adaptado de KATZNELSON & BOSE (1959), descrito em (CATTELAN,1999). O meio utilizado nesta análise será a caseína de soja ágar. O carbono da biomassa será determinado pelo método da fumigação-extração, conforme VANCE et. al. (1987) e a atividade de microorganismos heterotróficos pelo método da quantificação de CO<sub>2</sub>, de acordo com Hungria & Araújo (1994).

#### 3.4 Análises dos resultados

Os resultados das análises foram tabulados em uma planilha eletrônica e calculadas as médias para cada variável analisada. Submeteu-se os valores médios de todas as variáveis de cada parcela ao teste F de Snedecor para análise de variância ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de bactérias totais das três áreas (campo natural, campo cultivado e pastagem) de estudos são apresentados na Tabela 1. De acordo Velasco (1968), a mudança na vegetação causa um desequilíbrio no ecossistema, alterando seus atributos físicos, químicos e biológicos. Essa mudança depende, dentre outras variáveis, da estrutura e cobertura vegetal.

No entanto, neste estudo, não foram observadas alterações significativas do número total de bactérias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, apenas numericamente (Tabela 1).

**Tabela 1** – Valores médios de bactérias totais em área de campo natural, campo cultivado e pastagem na profundidade de 0-10 cm do solo.

Tratamento	Nº bactéria $\times$ 10 <sup>6</sup> /ml da cultura
Campo Natural	10.25a
Campo Cultivado	8.5a
Pastagem	3.75a

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Alves (2011), quando se estuda a comunidade microbiana em solos de mata ou vegetação nativa, já se espera encontrar valores relativamente maiores quando comparados a solos com outros tipos de vegetação como os solos cultivados, já que essa microbiota é favorecida pela cobertura vegetal que propicia maior acúmulo de material orgânico, fornecendo maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana, o que não foi observado na presente pesquisa, visto que as duas outras áreas apresentaram valor de bactérias totais superiores à área de referência (campo natural).

Cattlelan & Vidor (1990) ao avaliar as flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo em função de variações ambientais, evidenciaram que o manejo do solo para cultivo geralmente provoca consideráveis desequilíbrios nas populações da comunidade microbiana. Nesta perspectiva, Pereira et al. (2000), ao realizar estudos sobre quantificações das populações de bactérias em geral, de bactérias resistentes a antibióticos e de actinomicetos em solos, afirmam que as práticas agrícolas alteram as características físicas, químicas e biológicas do solo, influenciando as diversas populações da comunidade microbiana tal qual observado neste projeto.

Para Siqueira et al. (1994), a aração, a adição de adubos minerais e a modificação do pH do solo por meio a calagem têm sido considerados como os principais fatores determinantes da dinâmica dos microrganismos no solo.

Assim, a elevada população bacteriana do campo cultivado em relação ao campo natural pode está relacionada à aplicação de calcário e, conseqüente aumento do pH, verificada nesta área. Diversos estudos que avaliam a correlação entre pH e números de bactérias totais corroboram estes com os resultados obtidos. Dentre eles, destaca-se o trabalho de IVARSON (1977), cujo número de bactérias também aumentou com o aumento do pH, em decorrência de calagem. HIGASHIDA & TAKAO (1986) notou correlação positiva entre as duas variáveis e consideraram que o pH do solo é um fator que controla o número de bactérias.

Semelhantemente ao cultivo, o pastejo contribui no tamanho e atividade da população microbiana (KIRCHNER et al., 1993). O pronunciado número de bactérias na pastagem em relação ao campo natural, pelo ao menos em valor absoluto, deve-se, possivelmente, em razão da incorporação de nutrientes ao solo via excrementos e urina animal que agrega ao sistema quantidades essencial de nutrientes para as plantas promoverem o aumento significativo da biomassa de microrganismos (GARCIA, 2007).

Em relação às análises de biomassa microbiana e atividade microbiana, ressalta-se que as mesmas estão sendo realizadas no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), em Manaus. Já a execução das demais análises será realizada no Instituto de Educação de Agricultura e Ambiente, em Humaitá e apresentadas oralmente no CONIC 2011, em agosto.

## 5. CONCLUSÃO

1. Não foram observadas alterações significativas do número total de bactérias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, apenas numericamente.
2. Os maiores valores da densidade populacional de bactérias, em termos absolutos, foram constatados na área de pastagem e os menores no campo natural.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. S. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient ( $qCO_2$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. ***Soil Biology and Biochemistry***, Oxford, v. 25, n.3, p. 393-395, 1993.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. ***Chemosphere***, Oxford, v. 64, p. 1043-1046, 2006.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARVALHO, E. M. S. Effect of composted textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. ***Bioresource Technology***, Londres, v. 97, p. 1028-1032, 2007.

ARAÚJO, A. S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. ***Bioscience Journal***, v.23, n.3, p.66-75, 2007.

BAUDOIN, E.; BENIZRI, E.; GUCKERT, A. Impact of artificial root exudates on the bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere. ***Soil Biology and Biochemistry***, Oxford, v. 35, n. 9, p. 1183-1192, set. 2003.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

CARDOSO, E. J. B. N.; FORTES NETO, P. Aplicabilidade do bio-sólido em plantações florestais: alterações microbianas no solo. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Org.) *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 197-202.

CATTELAN, A.J. Métodos quantitativos para determinação de características bioquímicas e fisiológicas associadas a bactérias promotoras do crescimento vegetal. Londrina: Embrapa Soja, 1999.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na Biomassa, Atividade e População Microbiana do Solo em Função de Variações Ambientais. *Rev. Bras. de Ci. do Solo*, v.14, p.133-142, 1990.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, Campinas, v. 14, n. 2, p. 125-132, 1990.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; DE SOUZA, D.M.G. Qualidade do solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.7, p.1185-1191, 2006.

D'ANDREA, A. F. D.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. 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***, Viçosa, v. 26, p. 913-923, 2002.

DIAS-JÚNIOR, H.E. et al. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 631-640, 1998.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Soil Health and sustainability; managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, v.15, p.3-11, 2000.

DORAN, J.W. et al. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Wisconsin American Society of Agronomy, 1994.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWARD, B.A. (eds.). Defining soil quality for sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, p.3-21. (SSSA. Special Publication, 35), 1994.

FACCI, Luisa Ditzel. Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Pós-graduação – IAC.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 991-996, 1999.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 2, p. 269-276, 2007.

GIANFREDA, L.; BOLLAG, J.M. Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. In: STOTZKY, G. & BOLLAG, J.M. (eds). *Soil Biochemistry*, New York, v. 9, p. 123-193, 1996.

GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. *Revista Nordestina de Biologia*, João Pessoa, v. 10, n 1, p. 1-22, 1995.

HIGASHIDA, S.; TAKAO, K. Relations between soil microbial activity and soil properties in grassland. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v.32, n.4, p.587-597, 1986.

IVARSON, K.C. Changes in decomposition rate, microbial population and carbohydrate content of an acid peat bag after liming and reclamation. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.57, p. 129-137, 1977.

JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E.J.B.N.; DIAS, C.T.S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 553-559, 1999.

KATZNELSON, H.; BOSE, B. Metabolic activity and phosphatedissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere, and non-rhizosphere soil. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, v.5, p. 70-85, 1959.

KIRCHNER, M.J.; WOLLUM, A.G.; KING, L.D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.57, n.5, p.1289-1295, 1993. Madison, v.57, n.5, p.1289-1295, 1993.

KUPERMAN, R.G.; CARREIRO, M.M. Soil heavy metal concentrations, microbial biomass and enzyme activities in a contaminated grassland ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 179-190, 1997.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWARD, B.A. (eds.). Defining soil quality for sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, p.3-21. (SSSA. Special Publication, 35), 1994.

MARTENS, R. Current methods for measuring microbial biomass-C in soil: potentials and limitations. **Biology and Fertility of Soils, Berlin**, v. 19, n. 2/3, p. 87-99, 1995.

MELLONI, R. et al. Densidade e diversidade de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em solos de mineração de bauxita. Lavras 2001c. 173f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Lavras, UFLA, 2001c.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1103-1110, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002.

NANNIPIERI, P. Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance. In:\_\_\_KLUG, M.J.; REDDY, C.A. Current perspectives in microbial ecology. Washington: American Society for Microbiology, 1984. p. 515-521.

NEDER, R. N. Microbiologia: manual de laboratório. São Paulo: Nobel, 1992.

NIELSEN, M.N. & WINDING, A. Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute, Denmark. Technical Report No. 388, 2002.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 231-245.

PEREIRA, J.C.; NEVES, M.C.P.; DROZDOWICZ, A. Quantificações das populações de bactérias em geral, de bactérias resistentes a antibióticos e de actinomicetos em solos. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1996. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 26).

PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T.; VANCE, G.F. Soil and environmental quality. CRC Press. 2 ed. Boca Raton: Flórida, p.315-338, 2000.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. et al. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, p. 333-338, 2004.

SEYBOLD, C.A., MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L.; ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. (eds.). Soil processes and the carbon cycle. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p.387-404, 1997.

SILVEIRA, R. B. et. al. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, no sul de Minas Gerais. Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais, Curitiba, v.2, n.2, p. 21-29, abr./jun. 2004.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142p. (EMBRAPA- CNPAF. Documentos, 45).CNPAF. Documentos, 45).

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology & Biochemistry, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

VELASCO, F. P. Variaciones en la composición y naturaleza de las sustancias húmicas de un suelo climax de Quercus toza Bosc. Producidas por la implantación de Pinus pinaster. Anales de Edafología y Agrobiología, Madrid. v. 28, p. 389-398, 1968.

WOLLUM II, A.G. Cultural methods for soil microorganisms. In: MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. Madison: Soil Science of American, 1982. p. 781-802.

