

ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS COMO INDICADORES DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, EM ITAJUBÁ/MG

Rafael Botelho Silveira¹, Rogério Melloni², Eliane Guimarães Pereira Melloni³

(recebido: 7 de julho de 2005; aceito: 16 de novembro de 2005)

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar atributos microbiológicos e bioquímicos de solos de áreas degradadas, em recuperação, com outras consideradas naturais, sem interferência antrópica recente, em Itajubá (MG), para verificar sua capacidade de indicar a qualidade do solo destas áreas. Para isso, amostras de solo foram coletadas em fevereiro de 2003 (verão), em seis áreas, sendo três de áreas naturais e outras três de áreas degradadas, em recuperação. Foram avaliados a densidade de fungos e bactérias, microrganismos solubilizadores de fosfato, biomassa C e atividade microbiana. Paralelamente, foram estabelecidas relações entre atributos visuais de qualidade do solo com aqueles microbiológicos e bioquímicos, verificando sua capacidade de utilização como indicadores da recuperação destes solos em áreas degradadas. A degradação das áreas promoveu forte impacto negativo na microbiota do solo, reduzindo o número de todos os grupos de microrganismos estudados, atividade e biomassa microbianas. Os microrganismos do solo foram considerados bons indicadores da recuperação de solos das áreas degradadas. A recuperação observada sobre o solo por meio de atributos visuais não teve relação com aquela observada por atributos microbiológicos e bioquímicos. Os resultados comprovam que a recuperação das áreas degradadas é fortemente influenciada por parâmetros microbiológicos e bioquímicos do solo.

Palavras-chave: Área degradada, microrganismos do solo, atividade microbiana, biomassa microbiana.

MICROBIOLOGIC AND BIOCHEMICAL ATTRIBUTES AS INDICATORS OF THE RECOVERY OF DEGRADED AREAS, IN ITAJUBÁ/MG

ABSTRACT: *This paper evaluated and compared the microbial and biochemical parameters of degraded areas, in rehabilitation, with natural areas, considered reference, without recent human interference, in Itajubá (MG, Brazil), to verify their capacity to indicate the soil quality and rehabilitation capacity. Soil samples were collected in February 2003 (summer), on six sites: three in natural areas and other three in degraded areas, under rehabilitation. Total density of fungi and bacteria, phosphate solubilizing microorganisms, microbial biomass C and activity were evaluated. Moreover were established relationships among visual and microbial and biochemical parameters, verifying their potential use as indicators in studies of soil rehabilitation on degraded areas. Degradation promoted strong negative impact in the soil microbiota, reducing the number of all microbial groups studied, microbial activity and biomass. The soil microbial and biochemical parameters were considered good indicators of the soil rehabilitation on degraded areas. The soil rehabilitation evidenced by visual parameters of soil, plants and organisms had not direct positive relationship with those observed in the underground through microbial and biochemical indicators. These findings show that rehabilitation of degraded areas is strongly affected by soil microbial and biochemical parameters.*

Key words: degraded area, soil microorganisms, microbial activity, microbial biomass.

1 INTRODUÇÃO

Até recentemente, a maioria dos estudos de qualidade do solo era relacionada à utilização de indicadores físicos e químicos (DORAN et al., 1994). No entanto, muitos dos atributos físicos e químicos do solo, exigidos para o máximo desenvolvimento vegetal, são afetados diretamente pelos processos bióticos (LEE, 1994), destacando-se

a importância dos microrganismos e seus processos no funcionamento e equilíbrio de ecossistemas. 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 microrganismos heterotróficos.

¹ Discente do Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Itajubá/UNIFEI – Campus Prof. José Rodrigues Seabra – Av. BPS, 1303 – Pinheirinho – Itajubá, MG – 37500-90 – Bolsista CNPq – rafabsilveira@yahoo.com.br

² Professor do Instituto de Recursos Naturais da UNIFEI – Campus Prof. José Rodrigues Seabra – Av. BPS, 1303 – Pinheirinho – Itajubá, MG – 37500-900 – rmelloni@unifei.edu.br

³ Professora do Instituto de Recursos Naturais da UNIFEI – Campus Prof. José Rodrigues Seabra – Av. BPS, 1303 – Pinheirinho – Itajubá, MG – 37500-900 – elianegp@unifei.edu.br

Os microrganismos estão diretamente envolvidos nos ciclos dos nutrientes no solo e aliada à quantificação de bactérias e fungos totais, a avaliação de determinados grupos microbianos dá indicação de como os processos bioquímicos estão ocorrendo. Segundo 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.

A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica e além de armazenadora de nutrientes, pode servir como um indicador rápido de mudanças no solo, revelando a sensibilidade da microbiota a interferências no sistema (GRISI, 1995). Sua avaliação dá indicações sobre a ciclagem da matéria orgânica, podendo atuar como fonte e dreno de nutrientes por meio de processos de mineralização e imobilização. A vegetação influencia diferentemente a biomassa microbiana e, por isso, a sua eliminação ocasiona uma drástica queda da biomassa carbono, como revelam estudos envolvendo desmatamentos (CAMPOS, 1998; CERRI et al., 1985). Como a avaliação da biomassa microbiana é relativamente rápida quando comparada à avaliação direta da produtividade vegetal, esta pode ter enorme aplicação na avaliação da qualidade de solo. Nem sempre há correlações entre biomassa e atividade microbiana e entre biomassa e a comunidade microbiana em estudo. No entanto, resultados obtidos por Cattelan & Vidor (1990) em solos degradados, e por Dias-Júnior et al. (1998) e Kuperman & Carreiro (1997) em solos contaminados com metais pesados, mostraram haver correlações significativas entre biomassa e atividade microbiana e entre biomassa e populações de fungos e bactérias cultiváveis.

A degradação da matéria orgânica é uma propriedade de todos os microrganismos heterotróficos e seu nível é comumente utilizado para indicar a atividade microbiana do solo. Segundo Nannipieri (1984), a atividade microbiana é utilizada como uma maneira de melhor entender os processos 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).

Por meio de atributos microbiológicos e bioquímicos, Melloni et al. (2000, 2001b) avaliaram o impacto de diferentes doses de resíduo de siderurgia na microbiota do solo sob eucalipto e soja, respectivamente, e verificaram que os mesmos foram fundamentais na seleção de doses não impactantes. Ainda, Melloni et al. (2001a), em estudos envolvendo ecossistemas de campo e mata, no sul de Minas Gerais, verificaram que com a utilização destes atributos foi possível discriminar os diferentes ecossistemas e registrar a presença de uma comunidade microbiana mais ativa nos solos de mata. Estes resultados, aliados a de outros pesquisadores (CARNEIRO, 2000; KUPERMAN & CARREIRO, 1997; VARGAS & SCHOLLES, 2000), evidenciam a grande flexibilidade de utilização e a sensibilidade deste atributos em indicar alterações na comunidade microbiana do solo decorrentes de atividades antrópicas diversas.

Devido à alta sensibilidade relacionada à atividade antrópica (GIANFREDA & BOLLAG, 1996; GRISI, 1995; NANNIPIERI, 1984) e à simplicidade de determinação, atributos microbiológicos (densidade e diversidade de grupos funcionais de microrganismos) e bioquímicos (biomassa microbiana e atividade de microrganismos heterotróficos) apresentam grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos degradados em recuperação. Pela avaliação destes atributos, inclusive em área-referência ou natural sem impacto de atividades antrópicas, podem ser identificadas as principais limitações do ecossistema impactado e sugeridas estratégias visando manter a sustentabilidade de ecossistemas. Assim, os objetivos foram avaliar atributos microbiológicos e bioquímicos de solos de áreas degradadas em revegetação e de áreas-referência, e verificar a adequabilidade de sua utilização como indicadores da qualidade desses solos, comparando-se com a avaliação *in situ* de características relacionadas ao solo, vegetação e fauna do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois ecossistemas (identificados como N-natural e R-em recuperação) foram estudados em área localizada em Itajubá, sul de Minas Gerais.

O ecossistema N é uma área-modelo de cerca de 0,02 ha, a qual foi dividida em 3 sub-áreas (N1, N2 e N3), todas com alta declividade, sem interferência antrópica recente, coberta totalmente com capim-gordura e arbustos de espécies diversas. A área N1 foi considerada como referência por apresentar melhores aspectos visuais de solo e vegetação. O ecossistema R foi dividido em 3 sub-áreas (R1, R2 e R3), dentro de uma área também com alta declividade, revegetada há dois anos (R1 e R2) ou menos (R3) com várias espécies rasteiras e arbustivas, incluindo feijão-guandu, feijão-de-porco, mucuna-cinza e espécies arbóreas como araucária, paineira, jacarandá, guapuruvu, entre outras nativas.

2.1 Amostragens de solo e análises microbiológicas

Para a amostragem, realizada em janeiro de 2003, as áreas foram demarcadas em transectos de 4 x 25 m, e a coleta das subamostras de solo foi realizada em ziguezague, num total de 4 amostras compostas por área, formadas por 10 subamostras cada, na profundidade de 0-10 cm. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia, da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), para a avaliação dos atributos microbiológicos e bioquímicos.

O número mais provável (NMP) de bactérias e fungos do solo foi determinado pelo método do plaqueamento por gotas, após diluição de amostras de solo em meios de cultura mantidos a 45°C, conforme Janel et al. (1999). O número total de microrganismos solubilizadores de fosfato presentes nos solos foi determinado por meio de unidades formadoras de colônias (UFC), utilizando-se o método de inoculação de suspensões diluídas de solo em meios de cultura específicos, com 3 repetições por diluição. Os meios utilizados foram: ágar nutriente para bactérias totais, meio Martin para fungos totais, conforme Wollum (1982) e, meio GES para microrganismos solubilizadores de fosfato (SILVESTER-BRADLEY et al., 1982). As placas com os meios inoculados foram incubadas em temperatura de 27°C e avaliadas aos três dias para bactérias e aos sete dias para fungos e microrganismos solubilizadores de fosfato.

2.2 Análises bioquímicas do solo

O carbono da biomassa e a atividade microbiana foram avaliados segundo Ferreira et al. (1999), empregando-se o método da irradiação/incubação, o qual apresenta como princípio básico a eliminação de microrganismos através da irradiação eletromagnética de forno de microondas, antes da avaliação da quantidade de CO₂ liberada após incubação por 10 dias, à temperatura ambiente.

2.3 Avaliação *in situ* da recuperação do solo

Utilizou-se uma planilha desenvolvida no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para avaliação de características de solo, vegetação e fauna, objetivando calcular um *índice de qualidade do solo*, baseado em Melloni (2001). As notas variaram de 0 (pior) a 5 (melhor ou referência), em um total de 58 pontos, e foram calibradas com a área natural-N1 (sem interferência antrópica), sendo para esta atribuídos os maiores valores.

Os valores foram ponderados em função da importância atribuída à reabilitação e à condição da referência, sendo: 100, 50 e 50% da nota atribuída para erosão, pedregosidade e fauna do solo, respectivamente; 100, 80, 50, 100, 100, 100, 70 e 100% para índice de cobertura, índice de diversidade, porte/estratificação, vigor da vegetação, quantidade de serapilheira, estado de decomposição da serapilheira, incorporação da serapilheira e sucessão na vegetação, respectivamente; e de 50% para a presença de fauna silvestre.

2.4 Análise dos resultados

De posse dos resultados dos atributos microbiológicos, bioquímicos ou aqueles obtidos *in situ*, as áreas foram agrupadas em dendrogramas de similaridade, utilizando-se o método Complete Linkage e Distância Euclidiana (EVERITT, 1993), pelo programa STATISTICA 5.0. (STATISTICA, 1995). Com as médias dos valores dos atributos microbiológicos (número total de fungos, bactérias, solubilizadores de fosfato), bioquímicos (atividade e C da biomassa microbiana) e químicos (pH) obtidos das amostras de solo das diferentes áreas, procedeu-se à análise de componentes principais (PCA) utilizando-se o programa PC-ORD 3.12 (MCCUNE & MEFFORD, 1997).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para todos os atributos estudados estão nas Tabelas 1 e 2.

3.1 Análise *in situ* da recuperação do solo

Verificou-se que todas as áreas consideradas naturais, sem interferência antrópica recente, apresentaram valores superiores àqueles das áreas em recuperação, principalmente as áreas R2 e R3, as quais apresentaram déficit de 47 e 69% em relação ao maior valor obtido na área N1 (referência), considerado 100%. Estas últimas áreas apresentaram problemas evidentes de erodibilidade, ausência de fauna do solo, menor índice de cobertura vegetal,

ausência de estratificação vegetal e domínio de vegetação rasteira, menor quantidade de serapilheira e fauna silvestre. No entanto, a área R1 apresentou déficit de apenas 30% em relação a N1, em virtude ainda do baixo índice de cobertura vegetal, predisposição a processos erosivos e baixa quantidade, decomposição e incorporação de serapilheira.

Assim, verificou-se que o índice de recuperação estimado por atributos de solo, vegetação e macrorganismos do solo e silvestres observados *in situ*, possibilita o acompanhamento da recuperação de áreas degradadas, servindo de suporte para alteração e, ou, intensificação de estratégias adotadas com este propósito.

Tabela 1 – Atributos microbiológicos, bioquímicos, nota da avaliação *in situ* e pH das amostras de solo das áreas de estudo.

Table 1 – Microbial and biochemical parameters, *in situ* evaluation index and pH of soil samples of the studied areas.

Áreas	Nota da avaliação <i>in situ</i> das áreas	Fungos	Bactérias	Solubilizadores de fosfato	Atividade microbiana	C da biomassa	pH de amostras de solo
		log NMP g ⁻¹ de solo seco		log UFC g ⁻¹ de solo seco	mgCO ₂ 100g ⁻¹ de solo seco	µg g ⁻¹ de solo seco	1:2,5 CaCl ₂
N1	32,90	5,61	6,48	4,70	18,48	141,39	4,51
N2	28,93	5,42	6,66	4,39	22,10	93,05	4,53
N3	25,55	5,53	6,75	4,19	18,16	117,22	4,43
R1	23,13	5,12	6,00	4,33	17,46	22,27	4,45
R2	17,60	5,32	6,42	3,75	14,10	22,84	4,32
R3	10,08	5,02	6,03	3,34	6,47	22,81	4,71

Tabela 2 – Valores dos autovetores obtidos na análise de componentes para os atributos nas áreas de estudo.

Table 2 – Eigenvectors values obtained in the analysis of the main parameters of studied areas.

Variáveis	PC1	PC2	PC3
N fungos	<u>-0,4201</u>	-0,0590	+0,3276
N bactérias	<u>-0,3603</u>	+0,0154	<u>+0,6217</u>
Atividade	<u>-0,4033</u>	+0,1826	-0,3013
C biomassa	<u>-0,3895</u>	<u>-0,4351</u>	+0,1945
Solubilizadores de P	<u>-0,3968</u>	-0,0410	<u>-0,5187</u>
Nota <i>in situ</i>	<u>-0,4294</u>	-0,0881	-0,3083
pH do solo	+0,1935	<u>-0,8742</u>	-0,1155

Valores sublinhados indicam aqueles que foram utilizados na interpretação dos componentes principais (>|0,36|).

3.2 Agrupamento das áreas por atributos de solo, vegetação e macrorganismos avaliados *in situ*

O agrupamento das áreas com base nos atributos observados *in situ* está apresentado na Figura 1a. As áreas N1 e N2 apresentaram 80% de similaridade, igual às áreas N3 e R1. Já as áreas R2 e R3 apresentaram 65% de similaridade, sem nenhuma similaridade às anteriores. Este tipo de

agrupamento auxiliou nos estudos de interpretação dos resultados visuais, e foi suficiente para mostrar a maior similaridade da área R1 com as naturais, a superioridade das áreas N1 e N2 com relação aos atributos de solo, vegetação e macrorganismos do solo e silvestre avaliados *in situ* e a grande distância de recuperação das áreas R2 e R3 com as demais, já evidenciada pelas notas atribuídas *in situ*.

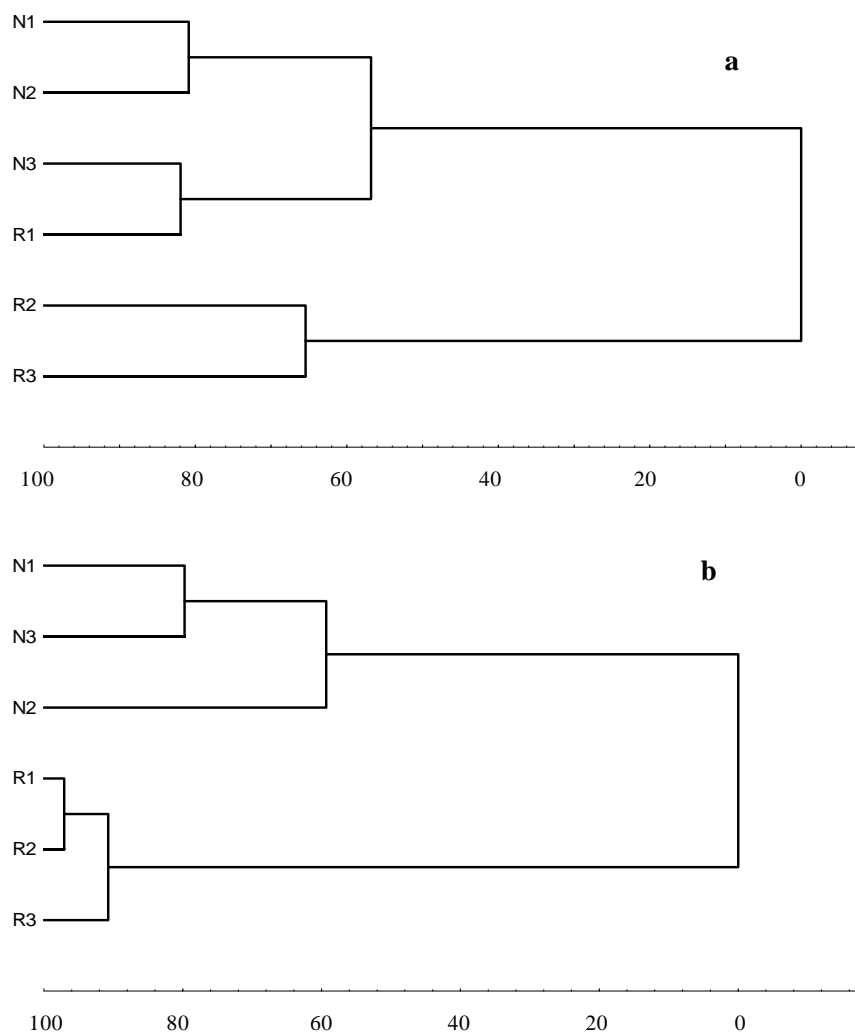


Figura 1 – Dendrogramas de similaridade construídos de acordo com: a) notas obtidas dos atributos avaliados *in situ* nas áreas de estudo b) atributos microbiológicos (número total de fungos, bactérias, solubilizadores de fosfato) e bioquímicos (atividade e biomassa microbianas) de amostras de solo das áreas de estudo.

Figure 1 – Similarity Dendrograms constructed by: a) index obtained to *in situ* characterization of study areas b) microbial (fungi, bacteria and phosphate solubilizing microorganisms) and biochemical (activity and biomass carbon) parameters of soil samples from study areas.

3.3 Agrupamento das áreas por atributos microbiológicos e bioquímicos

O dendrograma de similaridade das áreas de estudo, construído com base nos atributos microbiológicos e bioquímicos está apresentado na Figura 1b. Dois grandes grupos foram formados a 60% de similaridade, sendo um com as áreas consideradas naturais e outro com as áreas em recuperação. As áreas N1 e N3 apresentaram 80% de similaridade entre si e 60% com relação a N2, enquanto as áreas R1, R2 e R3 apresentaram 90% de similaridade entre si e sem agrupamento com as naturais. Pelos atributos microbiológicos e bioquímicos do solo, diferente do observado com o agrupamento pelos atributos *in situ* (agrupamento da área N3 com R1), a área R1 se agrupou com as demais áreas em recuperação, mostrando que as mesmas estão em processo de recuperação, mas ainda distantes daquelas consideradas naturais, principalmente com relação à microbiota destes solos. Este resultado concorda com o observado por Melloni (2001) e também evidencia que nem sempre o que ocorre sobre o solo (comprovado por aspectos visuais) tem relação com o que ocorre no mesmo, notadamente com relação a aspectos microbiológicos

e bioquímicos. Portanto, a avaliação da recuperação por meio da porcentagem de cobertura vegetal, diversidade florística e fauna silvestre, como proposta por Brower & Zar (1977), não reflete a condição microbiológica e a funcionalidade dos solos em recuperação, e evidenciam a grande discrepância ainda existente entre os atributos microbiológicos e bioquímicos das áreas em recuperação com as consideradas naturais.

3.4 Análise de componentes principais

Da análise de componentes principais (PCA), três componentes principais (PC) foram extraídos dos atributos microbiológicos e bioquímicos, nota atribuída *in situ* e pH do solo (Tabela 2), sendo a análise destes componentes representada graficamente na Figura 2.

Os três PCs compuseram 96,6% da variância total dos dados, sendo que o PC1 apresentou 70,9% da variância total e denominado “componente microbiológico” pelo fato da maioria dos atributos microbiológicos e bioquímicos estudados apresentar correlação superior ao estabelecido para interpretação ($|0,36|$). O PC2 compôs 14,6% da variância total, enquanto o PC3 participou com 11,1% da variância total, não sendo, por isso, demonstrado na Figura 2.

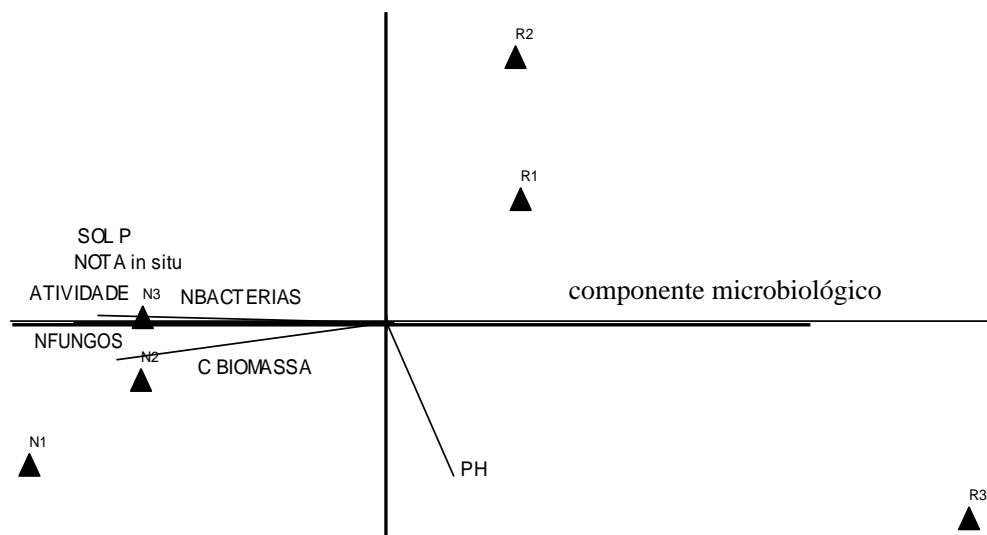


Figura 2 – Análise de componentes principais para os atributos microbiológicos (SOL P-solubilizadores de fosfato, NFUNGOS, NBACTERIAS) e bioquímicos (ATIVIDADE, C BIOMASSA) e notas (NOTA *in situ*) obtidas *in situ* das áreas de estudo.

Figure 2 – Principal component analysis for microbial (SOL P-phosphate solubilizing microorganisms, NFUNGOS-fungi, NBACTERIAS-bacteria) and biochemical (ATIVIDADE-activity, C BIOMASSA-carbon biomass) parameters and index (NOTA *in situ*) obtained for *in situ* characterization of study areas.

Verificou-se que as áreas em recuperação (R) ocuparam posições opostas às aquelas consideradas naturais (N) no mesmo componente microbiológico, mostrando a distância evidente entre elas quanto aos aspectos microbiológicos e bioquímicos. Com esta distribuição, as áreas N apresentaram maior proximidade entre si, concordando com o agrupamento pelos atributos microbiológicos e bioquímicos (Figura 1b) e, portanto, com comunidade microbiana maior e mais ativa, possivelmente devido a maior cobertura vegetal e maior adição de matéria orgânica ao solo. Inversamente, a recuperação das áreas R, com destaque para R3, está sendo negativamente afetada pela ausência dos atributos microbiológicos e bioquímicos.

4 CONCLUSÕES

Atividades antrópicas exercidas nas áreas de estudo tiveram forte impacto negativo na microbiota do solo, reduzindo o número de bactérias, fungos, solubilizadores de fosfato, atividade e biomassa microbianas.

Os atributos microbiológicos e bioquímicos do solo estudados podem ser considerados bons indicadores da recuperação de áreas degradadas.

Os atributos microbiológicos/bioquímicos e atributos avaliados *in situ* das áreas produziram agrupamentos diferentes, mostrando que não há relação entre a recuperação, aparentemente observada sobre o solo, com a microbiota e sua atividade.

A análise de componentes principais comprova que a recuperação das áreas impactadas está fortemente limitada por atributos microbiológicos e bioquímicos do solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & laboratory methods for general ecology**. Dubuque: Iowa Wm. C. Brown, 1977. p. 8-20.

CAMPOS, D. C. **Influência da mudança do uso da terra sobre a matéria orgânica no município de São Pedro-SP**. 1998. 83 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia

Agrícola) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.

CARNEIRO, M. A. C. **Características bioquímicas do solo em duas cronosséqüências de reabilitação em áreas de mineração de bauxita**. 2000. 166 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

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.

CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 1-4, jan./abr. 1985.

DIAS-JÚNIOR, H. E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. 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.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994.

EVERITT, B. S. **Cluster analysis**. New York: J. Wiley, 1993. 170 p.

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.

GIANFREDA, L.; BOLLAG, J. M. Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. **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.

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.

- 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.
- LEE, K. E. The functional significance of biodiversity in soils. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 15., 1994, Acapulco. **Anais...** Acapulco: International Society of Soil Science, 1994. p. 168-182.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate analysis of ecological data**. Version 3.12. Glenden Beach: MjM Software, 1997.
- MELLONI, R. **Densidade e diversidade de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em solos de mineração de bauxita**. 2001. 173 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- MELLONI, R.; ABRAHÃO, R. S.; MOREIRA, F. M. M.; FURTINI NETO, A. E. Impacto de resíduo de siderurgia na microbiota do solo e no crescimento de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 309-315, 2000.
- MELLONI, R.; PEREIRA, E. G.; TRANNIN, I. C. B.; SANTOS, D. R. dos; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 7-13, jan./fev. 2001a.
- MELLONI, R.; SILVA, F. A. M.; MOREIRA, F. M. S.; FURTINI NETO, A. E. Pó de forno de aciaria elétrica na microbiota do solo e no crescimento de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1547-1444, dez. 2001b.
- 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.
- 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.
- SILVESTER-BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; TORRACA, S. L. A.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 12, p. 15-22, mar. 1982.
- STATISTICA. **Statistic analysis**. Versão 5.0. [S.l.], 1995.
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2000.
- WOLLUM, 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.