

EFEITOS DA ROCHAGEM E DE RESÍDUOS ORGÂNICOS SOBRE ASPECTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DE UM SUBSOLO EXPOSTO E SOBRE O CRESCIMENTO DE *Astronium fraxinifolium* Schott¹

Eloisa Aparecida da Silva², Ana Maria Rodrigues Cassiolato³, Kátia Luciene Maltoni³ e Márcia Helena Scabora⁴

RESUMO – Áreas degradadas, como as oriundas da construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, de onde as camadas superficiais do solo foram removidas, apresentam baixa regeneração natural e subsolo desnudo, com problemas de compactação, alta densidade global, alta resistência à penetração de raízes e falta de matéria orgânica. Para revegetar essas áreas, torna-se necessário melhorar as condições gerais do subsolo. Este trabalho objetivou verificar os efeitos da rochagem (basalto) e da aplicação de diferentes resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Gonçalo Alves* (*Astronium fraxinifolium* Schott), uma espécie arbórea nativa de Cerrado. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e constou de 17 tratamentos, como se segue: subsolo de “área de empréstimo” com quatro doses de basalto (0, 2, 4 e 8 t ha⁻¹), combinadas ou não com 8 t ha⁻¹ de três resíduos orgânicos (aguapé, esterco de curral e lodo doméstico), gerando 16 tratamentos, além de um adicional, com solo de Cerrado preservado, utilizado como referência, com quatro repetições por tratamento. Foram realizadas análises químicas e microbiológicas do subsolo, além de medidas de altura, massa seca e fresca da parte aérea e do sistema radicular das plantas. Os resultados indicam que os procedimentos com esterco e aguapé, adicionados ou não de basalto, foram os que mais contribuíram para melhorar as condições químicas do subsolo e proporcionar os maiores resultados para as variáveis microbiológicas, enquanto as plantas apresentaram o maior crescimento nos tratamentos em que foram adicionados lodo de esgoto e basalto. A rochagem, realizada com basalto, proporcionou resultados positivos.

Palavras-chave: *Gonçalo Alves*, subsolo e basalto.

EFFECTS OF GROUND BASALT AND ORGANIC RESIDUES ON THE CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ASPECTS ON BARE SUBSOIL AND ON THE GROWTH OF *Astronium fraxinifolium* Schott

ABSTRACT – Degraded areas such as the originated from the construction of the Hydroelectric Plant of Ilha Solteira, where the former top soil was removed, present a naturally low regeneration and bare subsoil, with compaction problems, high global density, high resistance to root penetration and lack in organic matter. In order to recover such areas it is of paramount importance to improve general subsoil conditions. The objective of this research was to verify the effects of ground basalt ('rochagem') and application of different organic residues on the chemical and microbiological aspects of a bare subsoil, and on the growth of 'Gonçalo Alves' (*Astronium fraxinifolium* Schott), a native cerrado plant. The experiment was conducted under greenhouse conditions, with 17 treatments: subsoil of a degraded area with four levels of basalt (0, 2, 4 and 8 t ha⁻¹), combined or not with 8 t ha⁻¹ of three organic residues (water hyacinth, manure and domestic sewage), resulting in

¹ Recebido em 19.01.2007 e aceito para publicação em 20.02.2008.

² Graduanda em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). E-mail: <eloisaaziolo@hotmail.com>.

³ Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos da UNESP. E-mail: <anamaria@bio.feis.unesp.br>.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNESP. E-mail: <scaboramh@yahoo.com.br>.

16 treatments, plus an additional control composed of soil of a preserved cerrado vegetation, with four replications per treatment. Chemical and microbiological subsoil analyses were conducted, besides plant height, fresh and dry matter of shoot and root. The results indicated that the treatments with water hyacinth and manure, with or without basalt, provided the best contributions to improve the chemical and microbiological subsoil conditions, while the plants treated with domestic sewage and basalt presented the best growth. The ground basalt application showed positive results.

Keywords: Gonçalo Alves, subsoil and basalt.

1. INTRODUÇÃO

A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna são destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo é removida ou enterrada e a qualidade do regime de vazão do sistema hídrico, alterada. No entanto, a degradação ambiental acontece quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas de uma área, o que inviabiliza o desenvolvimento socioeconômico (IBAMA, 1990). Algumas obras de engenharia promovem a degradação, pois retiram os horizontes superficiais do solo, principalmente para empréstimo em aterros e barragens, expondo horizontes inferiores, onde o material não apresenta agregação e os processos erosivos se acentuam. A ausência de matéria orgânica e a baixa disponibilidade de nutrientes, nessas situações, não permitem o estabelecimento de vegetação, facilitando a ação dos agentes erosivos (DIAS e GRIFFITH, 1998).

Dentro desse contexto, a incorporação dessas áreas ao processo produtivo é uma pretensão que nem sempre é alcançada, uma vez que o custo pode ser muito grande e o tempo necessário, muito longo. As “áreas de empréstimo”, como as resultantes da construção da usina hidrelétrica de Ilha Solteira, apresentam horizontes inferiores do solo original exposto, composto de material geológico, muitas vezes, heterogêneo. Em diversos casos, podem ser constatadas misturas de horizontes B e C, como verificado por Dias (1998) em condições semelhantes. Essas áreas apresentam subsolo desnudo e, portanto, exposto aos processos erosivos, além de conter um conjunto de problemas edáficos, como compactação, baixa capacidade de armazenamento e de infiltração de água, alta resistência à penetração de raízes, elevada densidade global e falta de matéria orgânica, entre outros (CORRÊA et al., 1998).

As “áreas de empréstimo” apresentam baixa regeneração natural e, apesar de não serem caracterizadas

como desertos, assemelham-se a esses pelo baixo potencial biológico que apresentam. As dificuldades de regeneração natural nessas áreas estão relacionadas à profundidade do corte promovido e às condições desfavoráveis do material exposto (CORRÊA, 1996). A exposição desse tipo de material, fisicamente pouco estruturado, pode dificultar o processo de revegetação. A grande meta a ser alcançada em qualquer plano de recuperação de áreas com essas condições consiste no estabelecimento de um horizonte A, de modo que, a partir desse ponto, o processo seja catalisado pela biosfera, podendo, assim, surgir outros horizontes do solo (ABRAHÃO e MELLO, 1998).

Para revegetar essas áreas, mesmo com espécies nativas e adaptadas às condições de clima e solo da região, faz-se necessário melhorar as condições gerais do material (RODRIGUES et al., 2002) que, nesse caso, se apresenta quimicamente pobre para o cultivo. A melhoria na produtividade das culturas, em função da adição de resíduos orgânicos, vem sendo relatada por alguns autores, assim como a importância da adição desses resíduos como fonte de matéria orgânica, que serve de reservatório de nutrientes (RAIJ, 1991).

Uma das alternativas que está sendo testada é a aplicação de resíduos orgânicos, como o lodo de esgoto, que tem apresentado bons resultados como fertilizante para culturas de soja, trigo, milho, feijão e girassol (NASCIMENTO, 2004). Aplicações de doses crescentes de lodo de esgoto, segundo Oliveira (2002), produziram aumentos lineares de carbono orgânico no solo, mas esses decresceram com o passar do tempo. Além do aumento nos teores de carbono orgânico, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e o pH também apresentaram incrementos positivos após a aplicação do lodo (OLIVEIRA, 2002; SILVA et al., 2001).

Outro resíduo orgânico com potencial é o aguapé, que, em regiões de clima tropical, apresenta alta

proliferação e pode, muitas vezes, dificultar a navegação em rios e represas. Segundo Malavolta et al. (1989), esse resíduo pode disponibilizar 291 g kg⁻¹ de matéria orgânica, 49 mg kg⁻¹ de potássio (K), 26 mg kg⁻¹ de cálcio (Ca), 11 mg kg⁻¹ de magnésio (Mg) e 10 mg kg⁻¹ de nitrogênio (N). Schiavetto et al. (2004) relataram que a adição de 30 t ha⁻¹ de aguapé em material de área degradada (subsolo) promoveu incrementos na CTC (de 35 para 69,3 mmol_c dm⁻³) e no teor da matéria orgânica (de 7 para 18 g dm⁻³), após 150 dias de cultivo de espécies arbóreas. Esses resultados indicam que o aguapé pode ser uma boa fonte de matéria orgânica a ser utilizada nessas áreas.

A adição de esterco bovino também tem-se mostrado uma boa opção, pois melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo, criando um ambiente mais adequado ao desenvolvimento das raízes e da planta como um todo (MALAVOLTA, 1989).

Outra possibilidade de melhorar as condições do solo é por meio da rochagem, que pode devolver ao solo uma fração de minerais intemperizáveis, para atuar como se fosse a fração silte de um solo jovem, isto é, como uma reserva de nutrientes minerais (AMPARO, 2003). O basalto tem sido uma alternativa positiva para restituir os nutrientes perdidos pelos processos de intemperismo e lixiviação no solo, que levam a perdas irreparáveis de K, Na, Ca e Mg, transformando argilas reativas (alta CTC) em grupos cada vez menos reativos (baixa CTC). Em solos tropicais mais evoluídos não existe mais a fração dos minerais intemperizáveis, e a mobilização ativa de nutrientes não funciona, pois não há o que mobilizar (AMPARO, 2003), processo comum em solos com pouca ou nenhuma fração silte.

Os microrganismos são sensíveis às alterações que ocorrem no ambiente (SIQUEIRA, 1994). Vários parâmetros microbiológicos têm sido usados como indicadores de alterações no solo, mas nenhum é adequado a todas as situações, devido à natureza dinâmica e complexa dos ecossistemas (DICK, 1992). A medição da respiração microbiana (carbono do CO₂ liberado) é uma forma de estimar o nível de atividade dos microrganismos do solo, a qual reflete a velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo ou de materiais a ele adicionados. Quando um material orgânico é incorporado ao solo, os microrganismos realizam sua decomposição, que pode ocorrer de forma rápida se houver fatores propícios como umidade, pH, temperatura

e, principalmente, nutrientes e cadeias de carbono (SEVERINO et al., 2004).

A biomassa microbiana, por ser importante fonte de enzima, é responsável pela quase totalidade da atividade biológica no solo, catalisando as transformações bioquímicas, representando fonte e dreno de carbono e troca de nutrientes entre a atmosfera e o ecossistema solo-planta (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Mudanças significativas na quantidade de biomassa podem ser detectadas muito antes que alterações na matéria orgânica total possam ser percebidas, possibilitando a adoção de medidas de correção antes que a perda da qualidade do solo seja mais severa. Assim, o monitoramento das alterações nos níveis de biomassa microbiana do solo é uma medida adequada para determinar se um conjunto de práticas é sustentável (TÓTOLA e CHAER, 2002). A associação entre o desenvolvimento vegetal e a atividade microbiana é um fator importante na recuperação dos solos degradados, pois, mesmo quando profundamente alterados, eles podem manter uma comunidade microbiana ativa (MARTINS et al., 1999).

Devido à ocorrência de áreas intensamente degradadas dentro do bioma Cerrado e a necessidade de recuperá-las ou, ao menos, minimizar seus efeitos, é que se propôs este trabalho, que teve como objetivo verificar os efeitos da rochagem (basalto) e da aplicação de diferentes resíduos orgânicos em subsolo exposto sobre os aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e no crescimento de *Gonçalo Alves* (*Astronium fraxinifolium* Schott), uma espécie arbórea nativa de Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia – UNESP/Campus de Ilha Solteira. Utilizou-se um subsolo da “área de empréstimo”, criado durante a instalação da usina hidrelétrica da região, localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP/Campus de Ilha Solteira. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Estabeleceram-se 17 tratamentos: subsolo de área de empréstimo com quatro doses de basalto (0, 2, 4 e 8 t ha⁻¹), combinadas ou não com 8 t ha⁻¹ de três resíduos orgânicos (aguapé, esterco de curral e lodo doméstico),

gerando 16 tratamentos, além de um tratamento adicional, com solo de Cerrado preservado.

O basalto utilizado foi coletado na cidade de Ilha Solteira, SP, e pertence à Formação Serra Geral. O lodo, oriundo de esgoto domiciliar, foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto de Araçatuba, SP. O aguapé (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) foi coletado durante a limpeza de um lago em Ilha Solteira, SP. O esterco de curral foi coletado na FEPE. Todos foram secos ao ar e moídos para terem, ao final, o mesmo diâmetro (0,05 mm).

A espécie vegetal utilizada como indicadora foi o Gonçalves Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), uma espécie arbórea nativa do Cerrado, que possui madeira pesada, muito durável e enquadra-se na categoria vulnerável à extinção, segundo a Portaria do IBAMA nº 37-N, de 3 de abril de 1992. As mudas foram produzidas em laboratório (em germbox), a partir de sementes coletadas nas proximidades da área em estudo, sendo introduzidas duas a duas em cada unidade experimental, ou seja, sacos plásticos com capacidade para 4 kg do substrato. As plantas foram avaliadas quanto ao crescimento, após 120 dias do transplante, por meio de medidas de altura (cm) e do peso da massa da matéria fresca da parte aérea e do sistema radicular. Antes da secagem, um grama de raiz fresca, de cada repetição, foi separada e preservada em álcool 50% para futura análise. O restante do material foi colocado em sacos de papel, levados à estufa a 60 °C por cinco dias e pesados para verificação do peso da massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

O substrato (subsolo), sem raízes, foi peneirado (malha de 2 mm) e homogeneizado. Amostras compostas foram preparadas, a partir de amostras simples coletadas em todas as unidades experimentais (repetições) de um mesmo tratamento. Parte dessas amostras foram enviadas para análise química, a qual foi realizada de acordo com Raij e Quaggio (1983), com três repetições, sendo parte reservada para as análises microbiológicas, todas executadas com quatro repetições. A quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM) seguiu a metodologia proposta por Vance et al. (1987), a qual envolve a eliminação da microflora do solo pelo clorofórmio. A avaliação do carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado seguiu metodologia proposta por Anderson e Domsch (1982). Outra parte do solo foi utilizada para quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones. Para tanto, 100 g de

solo, por repetição, foram processados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1964). A contagem foi realizada em placa de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópico.

Para a avaliação da colonização micorrízica, as raízes preservadas foram lavadas em água corrente, clarificadas em KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coloridas com azul de tripan 0,05% (PHILLIPS e HAYMAN, 1970) e preservadas em lactoglicerol. A taxa de colonização foi estimada pelo método de placa quadriculada (GIOVANETTI e MOSSE, 1980). Segmentos de raízes, de 1 cm de comprimento, foram avaliados para colonização micorrízica em microscópio óptico. Foram analisados 100 segmentos por placa, por repetição, por tratamento.

As análises estatísticas constaram da comparação de médias entre os tratamentos, realizada pelo teste de médias de Scott-Knott (SCOTT e KNOTT, 1974), e análises conjuntas que englobaram as individuais, com desdobramento nas interações significativas, empregando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). Os dados referentes à massa das matérias fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular foram transformados para $\sqrt{x+0,5}$ e os dados referentes à altura, transformados para \sqrt{x} (GOMEZ e GOMEZ, 1984).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados da análise química do solo (Tabela 1), verificou-se incremento importante em fósforo nos tratamentos que receberam lodo, enquanto os demais permaneceram próximos do Cerrado. Com a adição de resíduos orgânicos era esperado incremento em matéria orgânica, o que não ocorreu de modo significativo em razão, possivelmente, de os resíduos terem sido aplicados em pequenas quantidades ou por apresentarem efeitos efêmeros (MELO et al., 1994; SILVA et al., 2001). Oliveira et al. (2002) relataram que aplicações de doses crescentes de lodo de esgoto produziram aumentos lineares de carbono orgânico no solo, mas estes decresceram com o passar do tempo, isto é, a matéria orgânica foi mineralizada ao longo da duração do experimento. Neste trabalho, os tratamentos com aguapé e esterco apresentaram quantidades de matéria orgânica ligeiramente superiores ao lodo.

Tabela 1 – Valores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V), probabilidade de F e coeficiente de variação, em porcentagem (CV), após o cultivo do Gonçalo Alves, nos diferentes tratamentos

Table 1 – Average values of phosphorus (P), organic matter (MO), pH, potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), potential acidity (H+Al), aluminum (Al), sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V), F probability and coefficient of variation (CV), after Gonçalo Alves cultivation, under different treatments

Trat ⁽¹⁾	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂				mmol _c dm ⁻³				%	
CER	4d	33,3a	4,66b	0,7c	15,6a	12,6a	40,6a	3a	28,8a	69,5a	42d	
SA	1d	8,3b	5,63a	1,9b	9,0b	4,6e	16,6d	0c	15,7b	32,3c	48b	
SA2B	1d	7,6c	5,26b	1,6b	7,0c	3,6f	17,6d	0c	12,4c	30,1c	49d	
SA4B	1d	9,3b	5,73a	1,8b	9,0b	5,0d	16,6d	0c	15,9b	32,6c	41b	
SA8B	2d	8,6b	5,70a	1,5b	10,0b	6,0c	18,0d	0c	17,3b	35,3b	49b	
SE	1d	7,6c	5,43b	2,1b	6,3c	4,6e	18,6d	0c	13,0c	31,7c	41d	
SE2tB	1d	8,0b	5,66a	2,5a	8,3b	6,0c	18,0d	0c	17,2b	35,2b	49b	
SE4tB	1d	7,6c	5,60a	2,1b	6,6c	5,0d	17,3d	0c	14,4c	31,8c	45c	
SE8tB	1d	8,0b	5,76a	3,0a	8,0b	6,6c	16,0d	0c	17,7b	33,6b	53a	
SL	16c	7,3c	4,50b	1,3c	5,0d	3,6f	27,0b	3a	10,2d	37,2b	27e	
SL2tB	22b	6,3c	4,53b	0,9c	5,3d	4,0f	27,0b	3a	10,2d	37,2b	27e	
SL4tB	17c	7,0c	4,63b	0,5c	5,3d	4,3e	25,0b	3a	9,8d	34,8b	28e	
SL8tB	25a	7,3c	5,23b	1,4c	7,0c	8,6b	19,3c	0c	17,3b	36,7b	47b	
S	1d	4,3d	4,70b	0,4d	4,6d	3,0f	22,0c	1b	8,0d	30,0c	27e	
S2tB	1d	4,3d	5,76a	0,5c	8,0b	5,6c	16,6d	0c	14,1c	30,7c	46c	
S4tB	1d	4,6d	4,90b	0,4d	4,6d	3,6f	20,6c	1b	9,0d	29,7c	31e	
S8tB	1d	7,0c	5,53a	0,7c	6,6c	5,3d	16,6d	0c	12,5c	29,1c	43d	
F		185,64**	232,57**	18,12**	34,79**	30,16**	40,69**	70,45**	79,42*	42,88**	55,46**	65,34**
CV (%)		18,69	8,56	1,53	16,28	11,27	11,48	6,19	28,76	9,09	6,11	4,76

(1) Tratamentos: CER: solo de Cerrado; SA: subsolo + 8 t ha⁻¹ de aguapé; SA2tB: SA + 2 t ha⁻¹ de basalto; SA4tB: SA + 4 t ha⁻¹ de basalto; SA8tB: SA + 8 t ha⁻¹ de basalto; SE: subsolo + 8 t ha⁻¹ de esterco; SE2tB: SE + 2 t ha⁻¹ de basalto; SE4tB: SE + 4 t ha⁻¹ de basalto; SE8tB: SE + 8 t ha⁻¹ de basalto; SL: subsolo + 8 t ha⁻¹ de lodo; SL2tB: SL + 2 t ha⁻¹ de basalto; SL4tB: SL + 4 t ha⁻¹ de basalto; SL8tB: SL + 8 t ha⁻¹ de basalto; S: subsolo; S2tB: S + 2 t ha⁻¹ de basalto; S4tB: S + 4 t ha⁻¹ de basalto; e S8tB: S + 8 t ha⁻¹ de basalto.

* Significativo para tratamentos, a 5%.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os tratamentos com esterco de curral disponibilizaram mais potássio do que os demais tratamentos, enquanto os maiores incrementos em cálcio foram verificados com a adição de aguapé que, segundo Malavolta et al. (1989), pode disponibilizar 26 mg kg⁻¹ de cálcio (Ca). A aplicação de 8 t ha⁻¹ de basalto, combinada com os resíduos orgânicos, proporcionou um leve incremento nos teores de magnésio (Tabela 1), evidenciando-se a contribuição do basalto.

As adições de aguapé e de esterco de curral contribuíram para a elevação do pH (Tabela 1). Vitosh et al. (1973) e Lund e Doss (1980) também relataram alterações no pH com a adição de esterco ao solo. Os tratamentos com adição de lodo produziram os menores valores de pH (Tabela 1), o que pode ser atribuído, de acordo com Nascimento (2004), ao uso de lodo não calado, portanto com pH ácido, explicando o

comportamento observado. Nos tratamentos em que o pH foi igual ou superior a 5,2, o alumínio ficou reduzido a zero, possivelmente em decorrência da reação química do material aplicado ao subsolo (MALAVOLTA, 1981).

Nenhum dos tratamentos elevou a soma de bases satisfatoriamente, em comparação com o solo de Cerrado, mas os maiores valores foram observados em aguapé e esterco de curral (Tabela 1). Da mesma forma, a capacidade de troca catiônica não apresentou alterações importantes, mas ficou evidente que a adição desses resíduos contribuiu para pequenos incrementos dessa capacidade. Costa et al. (1986) e Paschoal (1994) relataram que a adubação orgânica melhora as propriedades químicas do solo, por meio do fornecimento de nutrientes e aumento da CTC. Dessa forma, é possível que as doses de basalto ou de resíduos orgânicos empregadas

neste trabalho tenham sido baixas, não suficiente para que mostrassem incrementos nas características químicas do substrato.

A rochagem, realizada com basalto, apresentou pequenas contribuições aos atributos químicos avaliados, o que pode ser atribuído ao tempo de condução do experimento (165 dias), período incipiente para obtenção de dados mais claros, o que está de acordo com as observações de Amparo (2003). Cabe salientar que os dados (Tabela 1) evidenciam incrementos em pH, K, Ca, Mg, soma de bases e saturação de bases com o aumento das doses de basalto aplicadas.

Quanto ao crescimento da planta (Tabela 2), notou-se que as maiores medidas de altura, MSPA, MFR e MSR ocorreram no tratamento solo de Cerrado, seguido dos tratamentos que receberam lodo de esgoto adicionado de basalto, para altura e MSPA, enquanto para MFR e MSR as maiores medidas foram obtidas, depois do Cerrado, nos tratamentos com lodo e esterco, adicionados ou não de basalto. Hernández et al. (1992), embora trabalhando com alface, observaram maiores rendimentos da planta quando adicionaram o lodo de esgoto. Embora com diferenças de crescimento, o Gonçalves Alves (apresentou-se um pouco maior nos tratamentos em que o lodo e o basalto foram adicionados. A adição de mistura corretiva ao substrato e o aumento da saturação por bases não apresentaram resposta significativa por parte da espécie arbórea nativa do Cerrado estudada (GOMES, 2004).

Os tratamentos com esterco e aguapé, adicionados de basalto, proporcionaram melhores resultados no subsolo. No entanto, o conteúdo de fósforo foi muito baixo, permitindo inferir que este é um elemento diferencial para o crescimento do Gonçalves Alves, pois, mesmo com outros elementos em menor quantidade (Ca, Mg e K), pH mais ácido e maior presença de alumínio, as plantas cresceram mais nos tratamentos com lodo (Tabela 2).

A aplicação de lodo tem propiciado elevação dos teores de fósforo (SILVA et al., 2001). Segundo Mello e Vitti. (1997), ainda existem dúvidas quanto ao potencial do lodo em aumentar a disponibilidade

de fósforo; entretanto, neste trabalho foram obtidos aumentos significativos nos teores de fósforo (Tabela 1). A maioria das espécies florestais estudadas como *Cedrella fissilis* (SILVA e MUNIZ, 1995), *Acacia mangium*, *Tibouchina granulosa* e *Aspidosperma polyneum* (BRAGA et al., 1995) mostrou o fósforo como fator limitante ao seu desenvolvimento. Houve influência positiva da utilização do fósforo no crescimento das mudas de *Parapiptadenia rigida*, segundo Schumacher et al. (2004).

Tabela 2 – Valores médios de altura (ALT), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR), probabilidade de F e coeficiente de variação, em porcentagem (CV), após o cultivo do Gonçalves Alves, nos diferentes tratamentos

Table 2 – Average values of height (ALT), shoot fresh matter (MFPA), shoot dry matter (MSPA), root fresh matter (MFR), root dry matter (MSR), F probability and coefficient of variation (CV), after Gonçalves Alves cultivation, under different treatments

TRAT ⁽¹⁾	ALT	MFPA	MSPA	MFR	MSR
	cm	(g)			
CER	15,33a	8,15	4,07a	19,34a	7,01a
SA	6,95b	0,49	0,21c	0,74b	0,55b
SA2tB	7,90b	0,82	0,39c	2,89b	1,63b
SA4tB	7,67b	0,86	0,42c	2,38b	1,44b
SA8tB	7,10b	2,81	1,38c	5,94a	2,68b
SE	10,50	2,30	1,15c	6,87a	3,10a
SE2tB	9,58b	4,81	1,09b	7,30a	3,23a
SE4tB	9,88b	2,75	1,30b	6,77a	2,77a
SE8tB	9,60b	1,90	0,90c	6,10a	2,92a
SL	9,00b	1,29	0,54c	3,61a	1,64b
SL2tB	11,53a	3,79	1,72b	9,32a	3,58a
SL4tB	11,80a	3,77	1,71b	7,38a	3,26a
SL8tB	14,50a	7,10	2,78b	13,61a	5,55a
S	6,87b	0,32	0,15c	0,93b	0,79b
S2tB	4,36c	0,26	0,04c	0,64b	0,34b
S4tB	3,35c	0,22	0,09c	1,61b	0,73b
S8tB	4,65c	0,46	0,26c	3,22b	1,47b
F	4,91**	1,89 ^{ns}	3,38*	2,14*	2,91**
CV (%)	16,39	46,53	31,68	47,54	35,29

(1) Tratamentos: CER: solo de Cerrado; SA: subsolo + 8 t ha⁻¹ de aguapé; SA2tB: SA + 2 t ha⁻¹ de basalto; SA4tB: SA + 4 t ha⁻¹ de basalto; SA8tB: SA + 8 t ha⁻¹ de basalto; SE: subsolo + 8 t ha⁻¹ de esterco; SE2tB: SE + 2 t ha⁻¹ de basalto; SE4tB: SE + 4 t ha⁻¹ de basalto; SE8tB: SE + 8 t ha⁻¹ de basalto; SL: subsolo + 8 t ha⁻¹ de lodo; SL2tB: SL + 2 t ha⁻¹ de basalto; SL4tB: SL + 4 t ha⁻¹ de basalto; SL8tB: SL + 8 t ha⁻¹ de basalto; S: subsolo; S2tB: S + 2 t ha⁻¹ de basalto; S4tB: S + 4 t ha⁻¹ de basalto; e S8tB: S + 8 t ha⁻¹ de basalto.

* Significativo para tratamentos, a 5%.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Tanto a quantidade quanto a qualidade dos resíduos orgânicos adicionados ao solo provocaram alterações na comunidade microbiana, influenciando a taxa de decomposição. Como pode ser observado na Tabela 3, para CBM os maiores resultados foram obtidos no subsolo com a adição de aguapé com 2 e 8 t ha⁻¹ de basalto; subsolo com adição de esterco com 0, 2 e 4 t ha⁻¹ de basalto e subsolo com 4 t ha⁻¹ basalto, os quais não diferiram do solo de cerrado (controle). De modo geral, os microrganismos apresentam estreita relação com o acúmulo de carbono orgânico nos solos, o qual está também relacionado ao conteúdo de matéria orgânica e, conseqüentemente, à atividade respiratória do solo (GAMA-RODRIGUES et al., 1997). Observando

os dados de matéria orgânica (Tabela 1), é possível verificar que, depois do Cerrado preservado, os tratamentos adicionados de aguapé (com quatro e 8 t ha⁻¹ de basalto) e de esterco (com duas e 8 t ha⁻¹ de basalto) estão entre os tratamentos que apresentam acúmulos de matéria orgânica ao solo, mesmo que muito pequeno, além de elevação do pH, o que deve ter influenciado diretamente o crescimento microbiano. Sensíveis às modificações do solo, os microrganismos tornam-se adequados como indicadores biológicos. Um acúmulo de carbono orgânico total, associado aos teores de matéria orgânica dos solos e altos teores de CBM para solos de Cerrados naturais e florestas, também foi observado por Insam (1990).

Tabela 3 – Valores médios de carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado, carbono da biomassa microbiana (CBM), colonização micorrízica (COL) e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares autóctones, probabilidade de F e coeficiente de variação, em porcentagem (CV), após o cultivo do Gonçalo Alves, nos diferentes tratamentos

Table 3 – Average values of carbon CO₂ released (C-CO₂), carbon microbial biomass (CBM), mycorrhizal colonization (COL), number of autoctone arbuscular mycorrhizal fungi spores, F probability and coefficient of variation (CV), after Gonçalo Alves cultivation, under different treatments

TRAT ⁽¹⁾	C-CO ₂ liberado (µg CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)	COL (%)	n. de esporos (100 g solo seco)
Cerrado	11,07 a	667,55 a	23,00 d	88,75 b
SA	5,54 b	447,01 b	59,50 a	7,50 c
SA2tB	5,47 b	781,50 a	44,00 b	11,50 c
SA4tB	5,79 b	497,47 b	63,75 a	174,25 a
SA8tB	6,04 b	750,67 a	60,25 a	116,25 a
SE	4,80 c	686,33 a	13,75 d	230,50 a
SE2tB	4,60 c	694,86 a	44,75 b	216,00 b
SE4tB	5,65 b	679,08 a	33,75 c	194,25 a
SE8tB	4,90 c	217,67 c	28,75 c	242,50 a
SL	4,44 c	253,28 c	56,00 a	11,25 c
SL2tB	5,06 c	172,30 c	40,00 b	11,75 c
SL4tB	5,25 b	509,75 b	14,75 d	76,50 b
SL8tB	5,17 c	142,46 c	29,75 c	29,50 c
S	4,48 c	89,83 c	49,25 b	12,75 c
S2tB	4,30 c	275,38 c	46,00 b	6,75 c
S4tB	4,62 c	787,73 a	36,00 c	13,25 c
S8tB	5,25 b	131,51 c	61,50 a	104,00 b
F	27,73**	21,42**	12,88**	14,72**
CV (%)	10,55	24,30	21,51	50,74

(1) Tratamentos: CER: solo de Cerrado; SA: subsolo + 8 t ha⁻¹ de aguapé; SA2tB: SA + 2 t ha⁻¹ de basalto; SA4tB: SA + 4 t ha⁻¹ de basalto; SA8tB: SA + 8 t ha⁻¹ de basalto; SE: subsolo + 8 t ha⁻¹ de esterco; SE2tB: SE + 2 t ha⁻¹ de basalto; SE4tB: SE + 4 t ha⁻¹ de basalto; SE8tB: SE + 8 t ha⁻¹ de basalto; SL: subsolo + 8 t ha⁻¹ de lodo; SL2tB: SL + 2 t ha⁻¹ de basalto; SL4tB: SL + 4 t ha⁻¹ de basalto; SL8tB: SL + 8 t ha⁻¹ de basalto; S: subsolo; S2tB: S + 2 t ha⁻¹ de basalto; S4tB: S + 4 t ha⁻¹ de basalto e S8tB: S + 8 t ha⁻¹ de basalto.

** Significativo para tratamentos, a 1%.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Estimativas a respeito da biomassa microbiana possibilitam associar a quantidade de nutrientes imobilizados com a fertilidade e potencial produtivo (MERCANTE, 2001). No entanto, apesar de esses elevados teores no CBM, os tratamentos com adição de aguapé e lodo não diferiram significativamente do Cerrado preservado e apresentaram os maiores valores. Diferentemente, a atividade microbiana (C-CO₂ liberado) em todos os tratamentos foi semelhante à do subsolo exposto e cerca de 50% inferior à do Cerrado, exceto no tratamento com aguapé adicionado de 8 t de basalto, onde os teores foram intermediários. O aumento no C-CO₂ liberado evidencia maior atividade dos microrganismos. No entanto, a taxa de respiração permite avaliar o aumento da maturidade da matéria orgânica do solo à medida que seu valor decresce, caracterizando o enriquecimento do solo (INSAM e DOMSCH, 1988). Assim, maior atividade microbiana geralmente pode ser relacionada a uma taxa mais elevada de mineralização e ciclagem rápida de nutrientes (PRIHA e SMOLANDER, 1994).

Os microrganismos do solo são também de grande importância para a nutrição das plantas, por formarem simbioses com certas espécies de plantas. Com relação à colonização micorrízica, quase todos os tratamentos superaram o solo de Cerrado, à exceção do tratamento com adição de esterco sem adição de basalto e lodo com 4 t ha⁻¹ de basalto (Tabela 3). As maiores porcentagens de colonização foram verificadas nos tratamentos com adição de aguapé combinada com 4 t de basalto e da combinação do subsolo com 8 t ha⁻¹ de basalto (Tabela 3). Os tratamentos, com exceção daqueles com adição de aguapé, aguapé combinado com 2 t ha⁻¹ de basalto, lodo adicionado ou não de basalto e a adição de basalto, propiciaram multiplicação de esporos, com valores superiores aos do Cerrado preservado e com os melhores resultados verificados nos tratamentos que receberam esterco combinado com as quatro doses de basalto e nos que receberam aguapé combinado com duas e 4 t ha⁻¹ de basalto.

Os resultados indicaram que a combinação do lodo, que contribuiu para o crescimento do Gonçalo Alves e do basalto com o aguapé ou esterco, que melhoraram quimicamente o subsolo sob aspectos microbiológicos, poderia se complementar e, conjuntamente, melhorar o subsolo em todos os seus aspectos, permitindo o desenvolvimento da vegetação.

4. CONCLUSÕES

- A rochagem mostrou efeitos positivos sobre a qualidade química do subsolo, após 165 dias.
- A aplicação de esterco e aguapé, com ou sem adição de basalto, foi quimicamente melhor para o subsolo e para as variáveis microbiológicas.
- As doses de lodo de esgoto, adicionadas de basalto, favoreceram o crescimento do Gonçalo Alves.

5. REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, W. A. P.; MELLO, J. W. V. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Sociedade Brasileiro de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.15-26.
- AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Revista Agroecologia Hoje**, v.20, n.1, p.11, 2003.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.21, n.4, p.471-479, 1982.
- BRAGA, F. et al. Exigências nutricionais de quatro espécies. **Revista Árvore**, v.19, n.1, p.18-31, 1995.
- CORRÊA, R. S. Regeneração da vegetação de cerrado em uma área de empréstimo no Parque Nacional de Brasília. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Planaltina. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras no Cerrado**. Brasília: Embrapa/CPAC, 1996. p.182-185.
- CORRÊA, R. S.; LEITE, L. L.; BASTOS, E. K. Dinâmica da degradação e da regeneração. In: CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B. (Orgs.). **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Brasília: Paralelo 15, 1998. v.1. p.49-63.

COSTA, M. B. B.; MILANEZ, A. L.; CHABARIBERI, D. **Adubação orgânica nova síntese e novo caminho para agricultura**. São Paulo: Ícone, 1986. 102p.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Sociedade Brasileiro de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.27-43.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Sociedade Brasileiro de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-8.

DICK, R. P. A review: Long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. **Agricultural Ecosystems Environmental**, v.40, n.1, p.25-36, 1992.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.361-365, 1997.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Translation British Mycology Society**, v.46, n.2, p.235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, n.3, p.484-500, 1980.

GOMES, K. C. O. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.785-792, 2004.

GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A. **Statistical; procedures for agricultural research**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1984. 680p.

HERNÁNDEZ, T. et al. Utilización de resíduos urbanos como fertilizantes orgânicos. **Suelo y Planta**, v.2, n.3, p.373-383, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Brasília: 1990. 96p.

INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? **Soil Biology & Biochemistry**, v.22, n.4, p.525-532, 1990.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, v.15, n.4, p.177-188, 1988.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, n.9, p.692, 1964.

LUND, Z. F.; DOSS, B. D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. **Agronomy Journal**, v.72, n.1, p.123-130, 1980.

MALAVOLTA, E. Corretivo cálcicos, magnesianos e calco-magnesianos. In: MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p.232-245.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.665-674, 1999.



- MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Efeitos do composto de lodo de cervejaria em propriedades químicas e físicas do solo em plantas de painço em casa de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 16., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.234-234.
- MELO, W. J. et al. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p.449-455, 1994.
- MERCANTE, F. M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, março/abril, p.9-10, 2001.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 626p.
- NASCIMENTO, C. W. A. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.385-392, 2004.
- OLIVEIRA, F. C. et al. Efeito de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo Distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.505-519, 2002.
- PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos- agricultura sustentável para os séculos XX e XXI. Guia técnico e normativo para produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1994. 191p.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v.55, n.1, p.157-160, 1970.
- PRIHA, O.; SMOLANDER, A. Fumigation-extraction and substrate-induced respiration derived microbial biomass C, and respiration rate in limed soil of Scots pine sampling stands. **Biological Fertility of Soils**, v.17, n.4, p.301-308, 1994.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico/IAC, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Influência da revegetação em atributos químicos de solos de cerrado fortemente impactados. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 24., 2002, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: Universidade Estadual de São Paulo, 2002. CD-ROM.
- SCHIAVETO, A. R.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Utilização de aguapé como fonte de matéria orgânica para espécies de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2004, Lages. **Anais...** Lages: UESC/SBCS/SBM, 2004. 4p. CD-ROM.
- SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.149-155, 2004.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analyses method form grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, 2004. <http://www.uepb.edu.br/eduep/rbct/sumarios/pdf/esterco.pdf>. Acesso em: 17/03/2006.

SIQUEIRA, J. O. et al. **Microrganismos e processos biológicos do solo**: perspectiva ambiental. Brasília: Embrapa, 1994. 142p.

SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de cedro (*Cedrela fissilis Velloso*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v.19, n.3, p.415-425, 1995.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: CURI, N. et al. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira Ciência do Solo, 2002. v.2. p.195-276.

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

VITOSHI, M. L.; DAVIES, J. F.; KNEZER, B. D. Long term effectes of manure, fertilizer and plow deph on chemical properties of soils and nutrients movement in a monoculture corn system. **Journal of Enviroment Quality**, v.2, n.2, p.296-299, 1973.