



## Resíduos Orgânicos Industriais e as Alterações no Carbono, Enxofre, Atividade Enzimática e Produtividade do Milho em Decorrência do seu Uso sob Plantio Direto<sup>(1)</sup>.

Jucimare Romaniw<sup>(2)</sup>; João Carlos de Moraes Sá<sup>(3)</sup>; André Carlos Auler<sup>(4)</sup>; Pamela Thaísa Bressan<sup>(5)</sup> Alessandra Aparecida Padilha<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação Agrisus.

<sup>(2)</sup> Aluna de doutorado; Universidade Estadual de Ponta Grossa; Ponta Grossa, Paraná; ju.romaniw@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professor Coordenador; Universidade Estadual de Ponta Grossa; <sup>(4)</sup> Estudante de doutorado; Universidade Estadual de Ponta Grossa <sup>(5)</sup>; Estudantes de graduação, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

**RESUMO:** A utilização agrícola de resíduos oriundos de processos agroindustriais tem sido muito incentivada, mas, como esses resíduos apresentam composição química variada, o valor agrônomo e os efeitos sobre características indicadoras de qualidade do solo precisam ser avaliados, a fim de estabelecer normas de segurança para uso desses materiais. Neste trabalho foram avaliadas características biológicas, após a aplicação, por quatro anos consecutivos, de doses crescentes (0; 0,5; 1; 1,5 e 2 Mg ha<sup>-1</sup> base seca) de adubo compostado que aproveita como matéria prima o resíduo de abatedouro de aves e suínos (ROA) e da fertilização mineral (FM) mineral completa e em subdoses no cultivo do milho, em um Cambissolo Háplico. A arilsulfatase e a beta-glicosidase correlacionaram-se com o carbono orgânico total (COT) e o carbono lábil extraído por permanganato (C-OXP) respectivamente. Houve distinção entre tratamentos e profundidades analisadas. O estudo representa uma visão do comportamento entre as variáveis analisadas e sua correlação com o meio.

**Termos de indexação:** Arilsulfatase, Beta-glucosidade, Adubo Orgânico.

### INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos agroindustriais na agricultura é relativamente recente no Brasil, e as informações sobre as eventuais alterações na qualidade dos solos brasileiros pela adoção dessa prática ainda são escassos e restritos a resíduos de origem domiciliar/urbana. Além disso, há grande demanda por estudos com resíduos de origem industrial, que têm sido gerados em volumes cada vez maiores por empresas dos mais variados setores. Como apresentam composição química muito variável em função da procedência, do processo de tratamento empregado e da qualidade do material gerado, esses resíduos precisam ser avaliados, quanto ao valor agrônomo e aos possíveis efeitos sobre a qualidade do solo, para que sejam aplicados de

forma eficiente e segura em sistemas agrícolas (Bettiol & Camargo, 2000).

A principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo é a microbiota. Mudanças de uso e práticas de manejo, como as promovidas pela aplicação de resíduos orgânicos influenciam diretamente a atividade da biomassa microbiana que tem sido apontada como a característica mais sensível à alterações na qualidade do solo (Deboz et al., 2002).

García-Gil et al. (2000) observaram que a aplicação de 80 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo compostado em solo arenoso durante nove anos aumentou em 46 % o C da biomassa e em mais de 100 % a atividade da beta-glicosidase. Kizilkaya & Bayrakli (2005) relataram um aumento na atividade das enzimas beta-glicosidase, urease, fosfatase alcalina e arilsulfatase nos tratamentos com doses entre 100 e 300 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto oriundo de uma estação de tratamento na Turquia. Esse aumento ocorreu até os 30 dias após a incubação do lodo no solo e foi seguido por um drástico decréscimo nas avaliações posteriores.

Este estudo relata os efeitos da aplicação de doses de resíduo orgânico de abatedouro (ROA) e de fertilizante mineral (FM), sobre a atividade enzimática, no carbono e no enxofre do solo e na produtividade da cultura do milho.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Localização e descrição da área experimental

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Escola Capão da Onça – FESCON pertencente a UEPG, situada a 990 m de altitude sob as coordenadas geográficas 25°05'26" LS e 50°03'37" LW na safra de 2013/2014. O solo foi caracterizado como Cambissolo Háplico de textura arenosa (Santos et al., 2006). O material de origem foi derivado de material retrabalhado de arenitos da formação Furnas e folhelhos da formação Ponta Grossa. O clima é caracterizado como subtropical



úmido, mesotérmico, do tipo cfb (classificação de Koeppen) cuja temperatura média anual é de 18,5°C e a pluviosidade anual de 1545 mm.

O delineamento experimental a campo dispõe os tratamentos em parcelas subdivididas (aplicação de adubo a lanço e na linha) com três repetições. Os tratamentos constituem-se de: Controle geral – sem uso de fertilizante mineral (FM) e resíduo orgânico de abatedouro (ROA) (T<sub>1</sub>); aplicação de FM em 100% da recomendação para a cultura do milho (T<sub>2</sub>); aplicação de ROA em 100% equivalente a dose máxima de 2 t ha<sup>-1</sup> (T<sub>3</sub>); aplicação do equivalente de 75% de FM acrescido de 25% do ROA (T<sub>4</sub>); aplicação do equivalente a 50% de FM acrescido de 50% do ROA (T<sub>5</sub>) e aplicação de dose equivalente a 25% de FM acrescido de 75% do ROA (T<sub>6</sub>).

### Caracterização do resíduo orgânico de abatedouros de aves e suínos

Os resíduos orgânicos de abatedouro (ROA) utilizados, são compostos de vísceras, cartilagens, penas, pelos, resíduos de incubatórios, aves mortas no transporte, sangue de aves e suínos. Estes sofrem inicialmente um cozimento (esterilização), em digestor, e a seguir precede-se com separação de óleos, farinhas e o resíduo final cujo qual é misturado com cinza de caldeira de aquecimento e lodo de lagoa de tratamento de resíduos sendo finalmente chamado de ROA, que será seco, resfriado, e encaminhado para a área de compostagem.

### Análises

#### Determinação enzimática (Arilsulfatase e Beta-glicosidase)

Amostras de solo foram coletadas durante a safra de milho (antes do plantio, sete dias após plantio, no período de floração (97 dias) e após colheita de grãos (159 dias)), as amostras foram coletadas e imediatamente acondicionadas em caixas térmicas com gelo para evitar a atividade enzimática após a coleta. Estas amostras seguiram para o laboratório onde foram realizadas a extração da enzima arilsulfatase conforme método colorimétrico com p-nitrofenil sulfato segundo metodologia de Tabatabai & Bremer, (1970) e da beta-glicosidase através de determinação colorimétrica do p-nitrofenol glicosídeo segundo Eivazi & Tabatabai, (1988).

Alíquotas das amostras foram pesadas e levadas a estufa a 105°C por 24 horas para posterior cálculo de umidade e desconto nas amostras das análises enzimáticas.

#### Determinação do conteúdo de C total e lábil do solo e cálculo do estoque

A adição de ROA no solo irá contribuir com aporte de C e N os quais são adicionados na forma de carboidrato na fração da MOS. O conteúdo de carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método da combustão seca, utilizando um determinador elementar de C e N (TruSpec CN LECO® 2006, St. Joseph, EUA).

A determinação do carbono lábil do solo foi feita através da extração por permanganato pela metodologia modificada de Tirol-Padre & Ladha (2004).

Devido o cálculo de estoque ser para o mesmo solo, sem alteração na granulometria e com o mesmo manejo, não será corrigido para massa equivalente e optaremos pela quantificação em massa por volume (kg ha<sup>-1</sup>) para camada amostrada. Também, devido a densidade não variar entre os tratamentos (resultados preliminares), optaremos por utilizar uma densidade padrão média para a camada amostrada para o cálculo de estoque.

#### Determinação de Enxofre

O Enxofre foi determinado na forma de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (forma disponível para as plantas) pela metodologia de Cantarella & Prochnow (2001) onde a uma amostra de solo foi adicionado 25 ml de um extrator (fosfato de cálcio) com posterior agitação e acréscimo de um agente filtrante para posterior filtragem e adição de cloreto de bário para leitura por fotocolorimetria. O cálculo de estoque utilizado foi o mesmo utilizado para o carbono, citado acima.

#### Produtividade da cultura

A produtividade de grãos foi determinada colhendo-se 3 m de duas linhas centrais para cada parcela. O peso dos grãos foi corrigido para 13% e os valores convertidos para Mg ha<sup>-1</sup>. Os grãos colhidos passaram por processo de trilha manual, separação de impurezas e secagem para correção de umidade.

#### Análises Estatísticas

A análise estatística dos dados foi realizada através de análise dos componentes principais (ACP) pelo software R (R CORE TEAM, 2013), com o uso da biblioteca ADE4 (DRAY et al., 2007).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

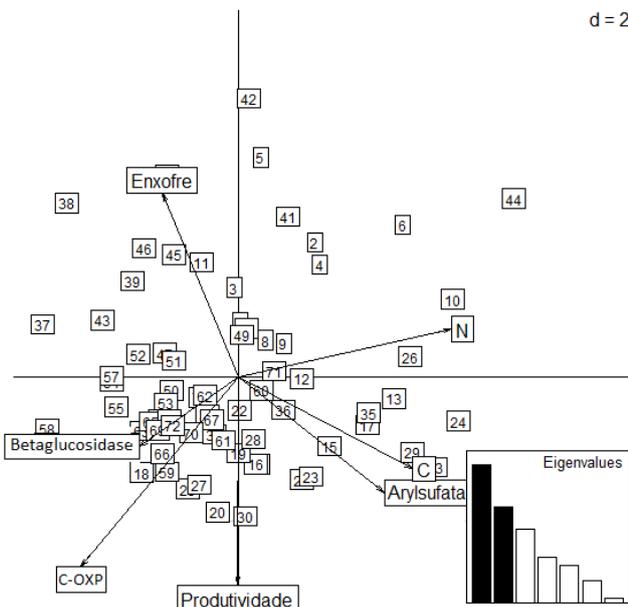
A **figura 1** mostra a dispersão dos autovalores das variáveis utilizadas na ACP em relação aos componentes analisados. O relacionamento entre as variáveis analisadas e como elas influenciaram a ordenação das áreas. Observa-se que os fatores que mais contribuíram foram o N (3,3), C (2,2), C-OXP (1,8) e arilsulfatase (1,5) (**Figura 1**). O S (2,3), C-OXP (2,5) e a produtividade (3,1) ficam responsáveis pelas variações ao longo do



segundo eixo e são consideradas como de pequeno significado.

O primeiro conjunto, à direita, agrupa o teor de arilsulfatase, o N e o C. Já o segundo conjunto, à esquerda, agrupou, betaglicosidase, C-OXP e Produtividade. Dessa forma, pode-se concluir que os pontos mais à direita são influenciados pela alta quantidade de material orgânico refletindo no estoque de C e de N, influenciando assim na atividade da arilsulfatase. O lado esquerdo da figura mostra a alta relação entre a produção de milho e o C-OXP. Vezzani & Mielniczuk (2009) comentam que a produtividade é a expressão final da qualidade de um solo, pois a alta produtividade incide em um solo que possui boas condições físicas, biológicas e químicas e neste caso o agrupamento sugere que a variável C-OXP esta representando a qualidade deste solo e influenciando a produtividade da cultura.

A alta correlação entre os conteúdos de C e a enzima arilsulfatase constitui em indicadores de qualidade relacionados à função do solo de ciclar e armazenar nutrientes (Figura 1) (Chaer & Tótola, 2007).

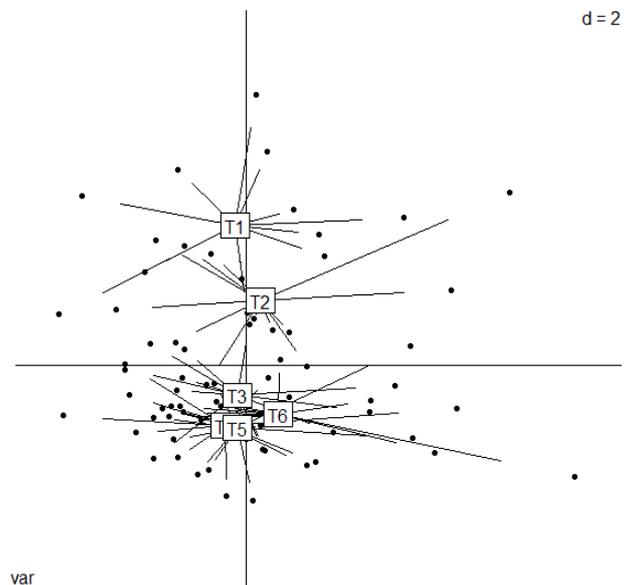


**Figura 1:** Correlação entre conteúdo de enzimas do solo (arilsulfatase, betaglicosidase), de carbono total (COT), nitrogênio total (NT), Carbono extraído por permanganato (C-OXP), produtividade e enxofre mineral do solo.

No diagrama de ordenação, observa-se o agrupamento dos pontos em função dos tratamentos (Figura 2). A separação entre as combinações de adubação foi significativa ( $p = 0,001$ ), e observou-se que houve um agrupamento entre os tratamentos com presença de ROA abaixo do eixo em relação aos dois

outros tratamentos. O fato de os tratamentos com alguma porcentagem de ROA se apresentar de forma agrupada leva-nos a observar a similaridade de resposta entre os dados analisados.

Ao notarmos a correlação entre as profundidades analisadas (0-5 e 5-10 cm) observa-se a separação entre as mesmas (Figura 3). Nas camadas superficiais do solo, a atividade microbiana tende a ser maior devido à maior quantidade de matéria orgânica decomposta pela biota do solo e com isso trazendo uma distinção entre as camadas.

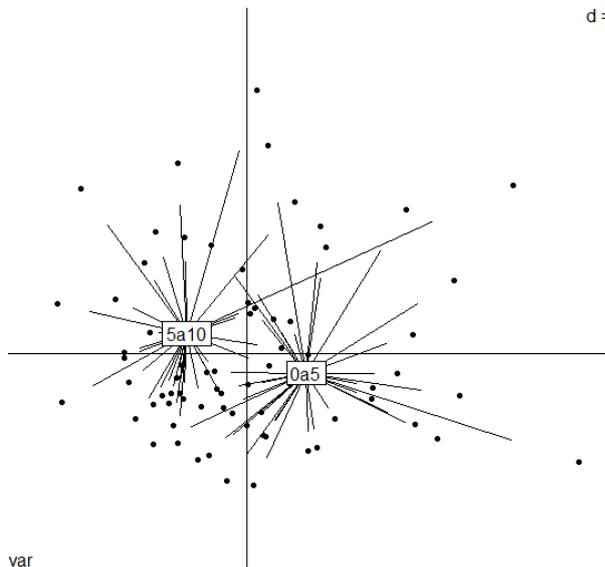


**Figura 2:** Correlação entre os tratamentos com diferentes combinações de adubação. Onde T1 é o controle; T2 aplicação de FM em 100% da recomendação para a cultura de milho; T3 aplicação de ROA em 100% equivalente a dose máxima de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  (T<sub>3</sub>); aplicação do equivalente de 75% de FM acrescido de 25% do ROA (T<sub>4</sub>); aplicação do equivalente a 50% de FM acrescido de 50% do ROA (T<sub>5</sub>) e aplicação de dose equivalente a 25% de FM acrescido de 75% do ROA (T<sub>6</sub>).

Apesar da variabilidade dos tratamentos aplicados ao solo na área estudada, os tratamentos com FM e ROA condicionam alterações que os discriminam, uma vez que a diferenciação ocorre com uma lógica que se repete e está associada à realidade de dados obtidos (Figura 2). Outro fato a destacar em relação a metodologia de análise de dados (PCA) refere-se ao uso de um único conjunto de dados, o que pode levar a conclusões errôneas. A simples junção de conjuntos de propriedades permitiu a obtenção de resultados distintos, porém convergentes quanto aos resultados obtidos, permitindo maior segurança no que se refere às afirmações possíveis de serem feitas



concordando com trabalho de Lima et al. (2007).



**Figura 3:** Correlação entre as duas profundidades do solo analisadas, de acordo com tratamentos com FM e ROA e das variáveis resposta analisadas.

### CONCLUSÕES

A atividade das enzimas analisadas foram correlacionadas com a fração lábil e com o C total do solo. Indicando a importância da matéria orgânica na atividade destas enzimas.

As variáveis analisadas foram responsivas aos tratamentos e a profundidade analisada considerando a observação de claras distinções.

### AGRADECIMENTOS

À AGRISUS, pela concessão de auxílio financeiro na realização deste trabalho e a CAPES pela bolsa de estudos concedida a um dos autores.

### REFERÊNCIAS

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 312, 2000.

CANTARELLA, H.; PROCHNOW, L. I. Determinação do sulfato em solos. In: RAIJ, B. Van et al. (Eds.) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 225-230, 2001.

CHAER, G. M., & TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(06): 1381-1396, 2007.

DEBOSZ, K.; PETERSEN, S.O.; KURE, L.K.; AMBUS, P. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied and Soil and Ecology*, 19: 237-248, 2002.

DRAY, S. et al. The ade4 package – II: two-table and K-table methods. *R News*, 7, 47–54, 2007.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A.; Glucosidases and agalactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 20: 601–606, 1988.

GARCIA-GIL, J. C., PLAZA, C., SOLER-ROVIRA, P., & POLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1907-1913, 2000.

KIZILKAYA, R.; BAYRAKLI, B. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology*, 30 (3): 192-202, 2005.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2, 306, 2006.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P. (Ed.) *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society American. 73-90, 1994. (Special publication, 35).

VEZZANI, F. M., & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3, 4: 743-755, 2009.

LIMA H. V. L., OLIVEIRA T. S. O., OLIVEIRA M. M., MENDONÇA E. S. & LIMA P. J. B. F. Convencional, Sistemas de Cultivo Orgânico no Semi-Árido Cearense. "Seção VI-Manejo e Conservação do Solo e da Água." *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31.5 (2007): 1085-1098.