



## Produção de Fertilizante, a base de C e N, a partir de Efluente Industrial.

**Carina Aline Prado <sup>1</sup>, Mariana Paiva Batagini Giron <sup>2</sup>, Fernanda Gonçalves Mendes <sup>3</sup>, Marco Aurélio Kondracki de Alcântara <sup>4</sup>, Hélcio José Izário Filho<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>EEL/ USP (carinaprado@usp.br)

<sup>2</sup> EEL/ USP (marianabatagini@usp.br)

<sup>3</sup> EEL/ USP (fernanda@alunos.eel.usp.br)

<sup>4</sup>EEL/ USP (marko@usp.br)

<sup>5</sup>EEL/ USP (helcio@dequi.eel.usp.br)

### Resumo

O fertilizante desenvolvido e utilizado neste trabalho foi obtido a partir da precipitação química (pré tratamento realizado) do efluente gerado na indústria de fármacos. O material, assim, obtido foi testado como fertilizante para a aroeira-salsa (*Schinus molle*). Foi utilizado um solo Argissolo Vermelho-Amarelo textura média, característico da região do vale do Paraíba, com alto teor de alumínio. Com a aplicação desse resíduo no solo foram obtidos resultados satisfatórios tanto para o solo quanto para a espécie de planta testada. No solo obteve resultados quantitativos pelos aumentos dos teores de COS (carbono orgânico no solo), N, Mg, K e diminuição dos teores de Al.

Palavras-chave: Tratamento de efluente; Fertilizante; *Schinus molle*.

Área Temática: Resíduos sólidos.

### Fertilize Productions based on C and N from Industrial Effluent

### Abstract

*The fertilizer developed and used in this work was obtained from the chemical precipitation of the effluent pre-treated generated in the drug industry. The material obtained was tested as fertilizer for the aroeira-salsa (*Schinus molle*) plant. It was used a medium-textured Argissolo Vermelho-Amarelo soil, characteristic of the region of the Paraíba valley, with high aluminum content. With the application of this residue to the soil were obtained both satisfactory results for the soil and the plant tested. In the soil, it was obtained quantitative results due to the increases in the contents of SOC (soil organic carbon), N, Mg, K and decrease of Al contents.*

Key words: Effluent Treatment; Fertilizer; *Schinus molle*.

Theme Area: Solid waste.



## 1 Introdução

Atualmente, têm sido detectados danos ambientais causados pelos despejos de fármacos em esgotos doméstico, águas superficiais e subterrâneas (MELO, 2009). Esses fármacos são diversas classes terapêuticas, como hormônios, analgésicos e antibióticos. Com o objetivo de diminuir os impactos causados pelos efluentes farmacêuticos, torna-se prioritário estudar processo físicos, químicos e biológicos para a biodegradabilidade desses resíduos. Por outro lado, o destino ambiental desses resíduos, é uma questão que merece especial atenção.

Sempre que possível, deve-se procurar um destino útil aos resíduos e subprodutos resultantes da produção agropecuária, da atividade agroindustrial e do ambiente urbano. A disposição no solo, é uma alternativa interessante, uma vez que contribui para promover a sustentabilidade da agricultura e a conservação do ambiente. A sustentabilidade envolve aspectos de aproveitamento de nutrientes e matéria orgânica, retornados ao ambiente com a aplicação desses resíduos. Ao dispor esses materiais em local adequado, contribui-se para a diminuição do passivo ambiental que esses resíduos podem constituir. Centenas de toneladas de materiais orgânicos são gerados anualmente no Brasil (EMBRAPA, 2017).

Porém, efluentes não podem ser dispostos no ambiente indiscriminadamente. Uma primeira condição, é que o efluente possua características apropriadas para o descarte em corpos receptores, conforme preconiza a Legislação vigente (Artigo 18 CETESB e resolução COMAMA 430). Desse modo, o tratamento desses materiais é muitas vezes indispensável. Em alguns casos, dependendo da sua recalcitrância, é necessário adequá-lo para um pós-tratamento, como, por exemplo, o biológico.

## 2 Revisão Bibliográfica

A indústria farmacêutica gera um grande número de resíduos, alguns deles com alto teor orgânico. Os resíduos resultantes da produção de antibióticos são um exemplo desses compostos, que podem conter em sua formulação componentes recalcitrantes de alto peso molecular. A presença desses compostos recalcitrantes dificulta o tratamento adequado desses resíduos, que frequentemente são incinerados ao invés de serem aproveitados. Por isso é importante o estudo do tratamento de efluentes farmacêuticos, sendo necessário recorrer a tecnologias inovadoras de tratamento, bem como a combinação de dois ou mais processos físico-químicos (por exemplo a precipitação química e processo oxidativo avançado).

O aproveitamento de resíduos orgânicos como fonte alternativa para produção de fertilizantes apresenta grande potencial do ponto de vista ambiental e econômico. Do ponto de vista agronômico, a disposição desses resíduos contribuiria para o fornecimento de nutrientes essenciais, especialmente o carbono (FERNANDES et al., 2002), para o crescimento da planta e também para diminuir a densidade do solo.

A densidade do solo está interligada a compactação do solo. O aumento da densidade do solo contribui para o aumento da resistência à penetração das raízes redução da porosidade total e da macro porosidade, redução da permeabilidade e da infiltração da água (SILVA, et al., 2000).

Um sistema agrícola ambientalmente sustentável requer que as reservas de nutrientes e de matéria orgânica do solo sejam preservadas (GREENLAND, 1975). Uma vez que os conteúdos de C e de N do solo estão diretamente relacionados, variando numa relação entre 12:1 e 18:1, quando se considera a matéria orgânica estável do solo, esses nutrientes são benéficos ao desenvolvimento da planta.



Gomes (2004) conduziu um experimento com plantas em um Argissolo Vermelho-Amarelo, detectando que o aumento da saturação por bases com a adição de outros nutrientes contribui para um maior crescimento das espécies e aumento de sua massa seca.

Ao se produzir diferentes culturas de plantas é necessário, dentre outros fatores, do adequado suprimento de nutrientes. O fornecimento de C pela adição de resíduos orgânicos tem sido considerado uma prática vital para a maioria dos solos brasileiros.

Uma ferramenta muito útil que pode ser utilizada nesse tipo de estudo é a de planejamento de experimentos. Toda a análise estatística dos resultados (fatores respostas) dos experimentos pode ser feita utilizando programas computacionais estatísticos, como, por exemplo o MINITAB (MONTGOMERY, 1997).

Neste estudo, o resíduo oriundo da primeira etapa da precipitação química do efluente farmacêutico foi tratado para obter um material testado como fertilizante em um solo cultivado com a planta *Schinus molle*.

### 3 Material e Métodos

Neste trabalho, a matéria-prima para obter o fertilizante foi um efluente de uma indústria farmacêutica, mais especificamente um xarope de açúcar. Esse xarope, contendo compostos fármacos, apresenta teores elevados de açúcar (sacarose) e de outros elementos, como N, K, Mg, Na e P (na forma de fosfato). A presença desses elementos, aliada a alta concentração de C, é interessante do ponto de vista de disposição no solo para as plantas.

Esse efluente da indústria farmacêutica foi submetido a uma precipitação química, seguida de filtração à vácuo. Esse procedimento separou a fase sólida da solução. Nessa fase sólida, encontram-se presentes, logicamente, componentes do efluente. Foi então adicionado uma solução de cal hidratada –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , na proporção 1:3 m/m. Do ponto de vista prático, vale ressaltar que o processo aqui aplicado pode, em princípio, ser aplicado industrialmente. O processo independe da escala (gramas, quilogramas ou toneladas), desde que seja respeitada a proporção de massa do composto e da cal hidratada. Na sequência, essa mistura é colocada na estufa a 100 °C para secagem, pois o elevado teor de água dificultaria tanto o armazenamento como a disposição no solo. Finalmente, esse material foi moído. A moagem, além de uniformizar a distribuição granulométrica, permite a obtenção de partículas de menor diâmetro, melhorando a reatividade no solo. A solução separada durante a filtração não foi utilizada neste estudo, constituindo-se numa fase que ainda passará por outros tratamentos para adequação à legislação vigente de disposição de resíduos no ambiente.

Foi utilizado um Argissolo Vermelho-Amarelo textura média (embrapa, 2017), coletado de 0 a 20 cm de profundidade. O solo foi caracterizado química e fisicamente (EMBRAPA, 2017). Essas análises foram feitas tanto para o resíduo da precipitação (fertilizante), quanto para o solo utilizado nos experimentos com o intuito de observar o quanto de nutrientes está disponível para a planta.

A espécie utilizada para os experimentos foi a *Schinus molle*, conhecida também como aroeira-salsa. Essa espécie tem grande valor para fins de ornamentação na região da Zona da Mata de Minas Gerais (MAFIA, et al., 2004). Ela existe naturalmente no Paraná, e em outros ecossistemas, que são chamados como “extra ecossistema de Floresta Estacional Semidecidual paranaense”, sendo um deles em viveiros na região do vale do paraíba do sul. Essa espécie apresenta um crescimento rápido e por isso foi escolhida.

Foi utilizado um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura média típico da região do vale do Paraíba, com elevado teor de alumínio. O experimento foi conduzido em sacos de plástico pretos, com capacidade para 0,20 L. Foram aplicados dois tratamentos: sem e com fertilizante (10 g fertilizante/saco), o que equivale a 40 g/kg de solo. Tanto o solo quanto o resíduo foram passados previamente por uma peneira de 3 mm. O experimento foi montado e conduzido à



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

temperatura ambiente. O volume de água adicionado a cada parcela foi medido sendo sempre a mesma quantidade para cada planta.

Após ser realizada a plantação de mudas da espécie *Schinus molle*. A espécie foi plantada a partir de mudas com 1 mês de idade oriundas do Parque do Taboão da cidade de Lorena, Estado de São Paulo, Brasil. As plantas foram conduzidas durante 90 dias. O ensaio foi realizado em triplicata. Foram plantadas ao todo seis mudas sem resíduo e 6 mudas com resíduos incorporado no solo. Assim 6 mudas (3 com resíduo e 3 sem resíduo) foram colhidas após 30 dias e 6 mudas após 90 dias. Porém serão apresentados e discutidos apenas os dados relativos aos 90 dias. Foi utilizado o delineamento de experimentos fatorial 2<sup>2</sup>, com triplicata de todos os pontos. Sendo que nesse contexto foi trabalhado mudas plantadas com fertilizantes e sem fertilizante.

Para a caracterização do solo e do fertilizante foram realizadas análises laboratoriais utilizando de alta precisão entre elas análises no ICP-OES (espectrômetro de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente), para detectar a quantidade presente de componentes como Na, P, K, Ca, Al, Mg. Usou-se a DQO (Demanda Química de Oxigênio) para quantificar o quanto de oxigênio foi gasto para oxidar a matéria orgânica, e assim estimar a quantidade de C presente no resíduo. Essa é determinada com base na oxidação de matéria orgânica pela redução do dicromato de potássio, em meio ácido e na presença de um catalisador, digerida a temperatura elevada, e posterior medida de absorvância (Espectrofotômetro) no comprimento de onda 620 nm para alto teor. Essa caracterização foi feita no início do experimento e ao final, quando as plantas foram colhidas.

Após 90 dias, analisou-se a parte aérea da planta. Foram medidos o comprimento da planta, a espessura do caule e a massa seca, após secagem em estufa a 65 °C. Como análise química realizou-se a quantificação de elementos químicos (C, N, P, K, Ca, Na, Mg, Al) seguindo a metodologias descritas nas referências já citadas.

Foram comparados os teores dos componentes químicos no solo e nas plantas sem e com a aplicação do fertilizante. Além disso, foi ajustado uma equação de regressão para o crescimento das plantas em função do tempo de plantio e da quantidade de fertilizante aplicada utilizando o software MINITAB.

### 4 Discussão dos Resultados

Foi realizada a caracterização do resíduo (Tabela 1) incorporado no solo, o qual contém, em sua composição química, alta quantidade de COS, além de ter a presença significativa de cátions básicos (Ca, Mg, K) e pH 7,0.

Tabela 1- Principais características química e físicas do resíduo utilizado no experimento.

Características	Resíduo
pH	7,0 ± 0,005
Al (mg/g)	< 0,001
Ca (mg/g)	405,85 ± 0,05
Mg (mg/g)	36,21 ± 0,05
P (mg/g)	35,96 ± 0,05
K (mg/g)	111,23 ± 0,05
Na (mg/g)	16,10 ± 0,05
N (mg/g)	52,35 ± 0,05
COS (mg/dm <sup>3</sup> )	3100 ± 0,05
Ds (mg/cm <sup>3</sup> )	1,017 ± 0,05

COS (C Orgânico), Ds (densidade do solo). Média de 3 repetições. Fonte: Próprio autor.

Foi analisado o solo com e sem fertilizante para quantificar seus nutrientes, sendo



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

representada nas tabelas 2 e 3 essas análises.

Tabela 2 – Principais características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Características	Solo
pH	5,4 ± 0,005
Al (mg/g)	38,41 ± 0,05
Ca (mg/g)	10,12 ± 0,05
Mg (mg/g)	0,082 ± 0,05
P (mg/g)	6,19 ± 0,05
K (mg/g)	9,7 ± 0,05
V% (%)	20 ± 0,05
Na (mg/g)	< 0,001
N (mg/g)	12 ± 0,05
COS (mg/dm <sup>3</sup> )	32 ± 0,05
Ds (mg/cm <sup>3</sup> )	1,257 ± 0,05

COS (C Orgânico), Ds (densidade do solo), V% (saturação por bases). Média de 3 repetições. Fonte: Próprio Autor.

Tabela 3 – Principais características químicas e físicas do solo com fertilizante utilizado no experimento.

Características	Solo com Fertilizante
pH	6,5 ± 0,005
Al (mg/g)	31,74 ± 0,05
Ca (mg/g)	424,2 ± 0,05
Mg (mg/g)	40,1 ± 0,05
P (mg/g)	36,9 ± 0,05
K (mg/g)	88,01 ± 0,05
V% (%)	50 ± 0,05
Na (mg/g)	13,01 ± 0,05
N (mg/g)	61,4 ± 0,05
COS (mg/dm <sup>3</sup> )	105,4 ± 0,05
Ds (mg/cm <sup>3</sup> )	1,214 ± 0,05

COS (C Orgânico), Ds (densidade do solo), V% (saturação por bases). Média de 3 repetições. Fonte: Próprio Autor.

Vários efeitos benéficos no solo foram detectados, como o aumento do pH, dos cátions trocáveis, redução na saturação por bases e redução no alumínio trocável (Al). Além disso, houve considerável aumento no COS, que mais do que triplicou com a adição do fertilizante. Também houve um aumento na disponibilidade de P e N para planta com a sua adição. Do ponto de vista físico, houve uma pequena redução da Ds, o que é também favorável. Um aspecto que merece investigações mais detalhadas diz respeito ao aumento do teor de Na no solo com a aplicação do fertilizante.

Ao final do processo de crescimento da planta, foram obtidos os resultados das análises das plantas (tabela 4). As plantas absorveram a massa carbônica e de nitrogênio e de fósforo disponível no solo, sendo que o crescimento da planta com o fertilizante é visivelmente maior após 90 dias, como pode ser visto na figura 1.

Na Figura 1 encontram-se as diferenças das plantas após 30 e 90 dias de cultivo. Na figura 2 encontra-se a variação do comprimento das plantas após 90 dias de cultivo com e sem fertilizante no solo. Essas figuras evidenciam que plantas com o fertilizante tiveram um comprimento maior em relação às sem fertilizante. Esse efeito foi perceptível mesmo após 30 dias do plantio, e aumentou até o final do experimento.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 1- Plantas A em ordem cronológica (0, 30, 90 dias) de crescimento sem fertilizante. Plantas B em ordem cronológica (0, 30, 90 dias) de crescimento com fertilizante.



Fonte: Próprio Autor

Figura 2- Planta após 90 dias de crescimento sem e com fertilizante



Fonte: Próprio Autor

Na tabela 4 está a caracterização da planta, com e sem fertilizante.

Tabela 4- Caracterização das plantas com e sem fertilizantes após 90 dias de crescimento.

Características	Planta Sem Fertilizante	Planta Com Fertilizante
Al (mg/g)	0,018 ± 0,005	0,03 ± 0,005
Ca (mg/g)	0,076 ± 0,05	160,5 ± 0,05
Mg (mg/g)	0,361 ± 0,05	5,30 ± 0,05
P (mg/g)	0,89 ± 0,05	31,1 ± 0,05
K (mg/g)	17,02 ± 0,05	368,6 ± 0,05
Na (mg/dm <sup>3</sup> )	< 0,001	30,0 ± 0,05
N (mg/g)	12 ± 0,05	55,4 ± 0,05
CO (mg/dm <sup>3</sup> )	201,2 ± 0,05	638,35 ± 0,05
Comprimento (mm)	97,1 ± 0,05	151,6 ± 0,05
MS	4,2 ± 0,05	6,0 ± 0,05

MS (massa seca), CO (carbono orgânico). Média de 3 repetições. Fonte: Próprio autor.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

De acordo com as análises, observa-se que houve uma absorção maior de C, N, P pelas plantas com o fertilizante, além de seu comprimento final ser maior do que da planta sem o fertilizante. Na equação 1 está o modelo proposto pelas análises de variância realizadas no planejamento de experimento.

$$\% \text{ Comprimento} = 84,41 + 3,56 \cdot A + 3,49 \cdot B + 3,56 \cdot AB \quad (1)$$

A= tempo, B= Quantidade de Fertilizante

Pela análise da equação de ajuste 1, verificou-se que o modelo matemático não demonstra falta de ajuste e por sua vez apresenta um  $R^2$  igual 94,85 % das variações em torno da média.

### 5 Conclusão

A aplicação do resíduo no solo melhorou aspectos químicos, quantificados pelos aumentos nos teores de COS, N, P, K, Mg, Ca, pH e diminuição no teor de Al. Por outro lado, o teor de Na aumentou, o que indica que investigações futuras precisam ser feitas para acompanhar esse efeito. A aplicação do fertilizante também foi benéfica ao diminuir a Ds.

A aplicação do resíduo melhorou o crescimento das plantas, tanto em termos de massa seca como de comprimento. Também a absorção de nutrientes pelas plantas foi melhorada com a aplicação do fertilizante.

### Referências

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Solos, 306p., 2006.

FERNANDES A. L. T., et al. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, V.6 n.1, 2002, pg. 50.

GOMES, K. C. O., et al. Influência da saturação por bases e do fosfato no crescimento de mudas de Angico-Branco. **Revista Árvore**, Viçosa, V.28, n.5, 2004, pg. 785-792.

GREENLAND, D.J. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. **Science**, Cambridge, V.190, 1975, pg. 841-844.

MAFIA, R. G., et al. Incidência de Meliola rhoina como fator limitante à produção de mudas de Schinus molle para fins de arborização. **Fitopatol**, Viçosa, V.29 n. 2, 2004, pg. 52.

MELO, S. A. S.; et al. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Química Nova**, V.32, n.1, Dezembro de 2009, pg. 188-197.

MONTGOMERY, D. C.; (1997), **Design and analysis of Experiments Foutch Edition**, John Wiley & sons, New York, 1997.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

SILVA V. R., et al. Densidade do solo, atributos químicos e sistemas radiculares do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo, **Revista Brás Ci Solo**, Santa Maria, V.24 n.5, 2000, pg. 191-199.