

SISTEMÁTICA PARA APLICAÇÃO DE COMPOSTO DE LIXO URBANO EM SOLOS AGRÍCOLAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: CRITÉRIOS E SISTEMA ESPECIALISTA.

Fábio Cesar da Silva¹
Flávio Oliveira da Costa²
Luiz Henrique Antunes Rodrigues³
Ronaldo Severino Berton²
José Carlos Chitolina⁴
Serafim Daniel Balesteiro⁵

RESUMO

O emprego na agricultura da matéria orgânica proveniente do lixo urbano, constitui-se numa excelente alternativa para reciclagem desse material, pois de um lado melhora alguns atributos químico e físico e os processos biológicos do solo, e de outro, contribui para aliviar a carga poluidora e aumentar a vida útil dos aterros sanitários. No Brasil ainda não existe legislação a respeito da qualidade do composto de lixo urbano (CLU) para fins de comercialização e tampouco normas que orientem o seu uso agrícola. O trabalho relata um Sistema Especialista (programa de computador que representa reações e conhecimentos de maneira similar a um especialista humano), usando o software Clips, que será dotado de conhecimentos para avaliar a qualidade do CLU e recomendar o seu uso na adubação, baseado em análise de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) do CLU e de NK do solo, para os seguintes grupos de culturas com necessidades nutricionais semelhantes: hortaliças (alface, beterraba, cenoura, chicória e rabanete); arroz irrigado e feijão de verão; cana-de-açúcar; triticale de sequeiro, milho, mandioca e aveia branca. Os critérios que limitam o uso agrícola do CLU, são: contaminação por patógenos, coleta de lixo feito de forma não seletiva, deficiência do processo de compostagem e teores excedente dos limites permissíveis de cada metal pesado.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem de lixo, resíduo sólido urbano, sistemas inteligentes

SYSTEMATIC FOR APPLICATION OF COMPOSED OF URBAN GARBAGE IN AGRICULTURAL SOILS IN THE STATE OF SÃO PAULO: CRITERIA AND SPECIALIST SYSTEM.

ABSTRACT

The use in the agriculture of the organic matter originating from the urban garbage, is constituted in an excellent alternative for recycling of that material, because on a side it improves some chemist and physical attributes and the biological process of the soil, and of other, it contributes to relieve the pollutant load and to increase the useful life of the sanitary embankments. In Brazil legislation still doesn't exist regarding the quality of the composed of urban garbage (CLU) for commercialization and either norms that guide its agricultural use. The objective of this work is to develop a Specialist System (computer program that represents reactions and knowledge in a similar way to a human specialist), using the software Clips, that will be endowed with knowledge to evaluate the quality of CLU and to recommend its use as a fertilizer

¹ Especialista em Análise de Sistema e Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Informática Agropecuária. fcesar@cnptia.embrapa.br

² Pos-graduando e Pesquisador V, Instituto Agronomico do Estado de São Paulo . rsberton@iac.sp.gov.br

³ Professor Doutor em Sistemas Inteligentes Aplicado a Agricultura, Unicamp/FEAGRI. lique@agr.unicamp.br

⁴ Prof. Dr., Vice-diretor da Escola de Engenharia de Piracicaba e aposentado pela ESALQ. Jcchito@yahoo.com.br

⁵ Prof. Dr., Universidade de Taubaté. Sdbalest@ig.com.br Financiamento pela **Fapesp**.

based on analysis of NPK (nitrogen, phosphorus and potassium) of CLU and of NK of the soil, for the following groups of cultures with similar nutritional needs: vegetables (lettuce, beet, carrot, chicory and radish); irrigated rice and summer bean; sugarcane; triticale (wheat/barley), cassava and white oats. The criteria that limit the agricultural use of CLU, are: contamination for pathogens, collects of garbage done in no selective way, deficiency of the composting process and exceeding levels of the permissible limits of each heavy metal.

KEYWORDS: composting, urban solid waste (USW), intelligent system

1. INTRODUÇÃO

A disposição apropriada dos crescentes volumes de resíduos sólidos produzidos nas cidades brasileiras é um dos principais desafios com que se defrontam as administrações municipais. As práticas usuais de disposição, como os lixões ou os despejos a céu aberto ou mesmo os aterros controlados, são alternativas que produzem impactos ambientais indesejáveis, além de constituírem, freqüentemente, focos de problemas de saúde pública (contaminação das águas subterrâneas e da proliferação de animais e insetos vetores de doenças).

A reciclagem do lixo urbano orgânico (compostagem) é uma das melhores formas para minimizar o acúmulo desse material em lixões ou aterros, que, além de ocupar uma área que poderia ser utilizada para fins mais nobres, não oferece riscos à saúde humana. O produto derivado do processo de compostagem é chamado Composto de Lixo Urbano (CLU), que constitui-se numa excelente alternativa para reciclagem da fração orgânica desse material na agricultura, pois de um lado melhora alguns atributos químico, físico e biológico do solo, e de outro, contribui para aliviar a carga poluidora e aumentar a vida útil dos aterros sanitários. No Brasil, ainda não existe legislação específica e tampouco normas orientativas a respeito da aplicação do CLU em solos agrícolas. Os pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária, Instituto Agrônomo, E. S. de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), Escola de Engenharia de Piracicaba e Universidade de Taubaté (UNITAU) vêm acumulando dados de pesquisas sob o tema, que permitiu formar uma base de conhecimento. Sistema especialista é um programa de computador que representa reações e conhecimentos de maneira similar a um especialista humano, isto é, em uma área muito específica, absorve a experiência de um especialista humano. É uma ferramenta que tem a capacidade de entender o conhecimento sobre esse problema e usar este conhecimento inteligentemente para sugerir alternativas de ação, que nesse caso, focou-se no uso agrícola do composto de lixo urbano que apresenta-se possui em sua base de conhecimento dados que englobam a síntese dessas pesquisas (Silva et al., 2002). Este Sistema Especialista contribuirá para o uso agrícola do CLU no Estado de São Paulo. Existem diversas vantagens do uso de sistemas especialistas nesse caso. Destacam-se: suprir parcialmente a carência de legislação brasileira para normas e critérios para se aplicar corretamente o CLU na agricultura; facilitar o acesso dos usuários do CLU aos conhecimentos de especialistas; rapidez na obtenção de resposta e disponibilizar um guia para o uso agrícola do CLU; usar a dosagem correta na aplicação do CLU em adubação e sem oferecer risco ambiental; qualidade e consistência na tomada de decisão sobre o uso do CLU; aumento na demanda de uso do CLU.

2. DESENVOLVIMENTO E TESTE DO SISTEMA ESPECIALISTA

Este sistema visa dar suporte ao uso correto do CLU na agricultura, ou seja, processar todo conhecimento existente em relação aos critérios e normas corretos de sua aplicação ao solo e decidir viabilizando ou não sua utilização. O CLU sendo adequado o sistema poderá, então, fazer recomendação de adubação. No desenvolvimento desse SE observou-se as cinco fases: definição do problema; aquisição de conhecimento; motor de inferência; implementação e aprendizagem. Na definição do problema: envolveu a compreensão e identificação da características do problema do uso do CLU, estabelecimento do objetivos do processo de solução do problema (duas etapas). Na aquisição de conhecimento: representação e coordenação, onde encontra-se o projeto do motor de inferência, seleção de ferramentas de programação e coordenação do

conhecimento. Já o motor ou mecanismo de inferência, que representa a forma de manipular o conhecimento, ou seja, determina a ordem que serão processadas as informações (Figura 1), manipulando os dados a fim de inferir novos fatos, chegar a conclusões ou recomendar ações. Finalmente, a Implementação: a formulação das regras em linguagem CLIPS, englobando o conhecimento. CLIPS (C Language Integrated Production System).

O sistema especialista foi organizado em sua base de conhecimento em duas etapas distintas (Figura 1). A primeira etapa para *avaliar a qualidade do CLU*, tem-se como dados de entrada requeridos no sistema especialista: (1) cultura onde será destinada a aplicação do CLU e a (2) análise química do CLU. Esta etapa tem a característica de relatar, em seu final, se o composto está ou não adequado a ser aplicado ao solo. Caso não esteja, serão relatados os motivos que levaram a esta conclusão. Os critérios ou regras utilizados para o sistema especialista fazer a avaliação foram: a) tipo de coleta do lixo: CLU sendo derivado de coleta de lixo, feito de forma não seletiva, será considerado inadequado a ser aplicado ao solo apenas quando a cultura for do grupo das hortaliças e da mandioca; os inertes não devem ultrapassar a 5% do volume do produto final; b) contaminação por patógeno: o sistema especialista adotará o critério pela simples informação do usuário, se o CLU está ou não contaminado. Se tiver qualquer contaminação não utiliza o CLU para hortaliças e mandioca. O usuário, para ter esta informação, precisará ter acesso à análise laboratorial que revelam as quantidades dos seguintes patógenos: coliformes fecais, *salmonella* sp. e helmintos. Caso algum esteja acima do limite estabelecido para agricultura (índices seriam equivalentes ao lodo de esgoto classe A), considera-se o CLU contaminado e destina-se ao aterro. Avaliação da qualidade do processo de compostagem: o SE inviabilizará a utilização do CLU, por apresentar indícios de falha no processo de compostagem, ele usa dois critérios; primeiro, pelo teor do pH em água misturada com CLU (razão 2:1). Neste caso, se o teor for menor que 6,5; segundo, se a relação carbono/nitrogênio (C/N) for maior que 18 não é adequado (composto 'verde' ou cru). Já os limites permissíveis de metais pesados: foram estipulados limites para cada metal pesado. Caso o teor de um metal pesado ultrapasse este limite máximo proposto em mg/kg: Pb = 500; Cu = 500; Zn = 1.500; Cr = 300; Ni = 100; Cd = 5 e Hg = 2 (Silva et al., 2002¹), então o SE considerará o CLU inadequado a ser aplicado ao solo. Já a *segunda etapa para o cálculo da recomendação de adubação com CLU*, que tem como dados de entrada requeridos no sistema especialista nesta etapa seriam: (a) análise química do solo e (b) análise química do CLU. Nesta etapa, caso o usuário queira, o sistema especialista fará recomendação de adubação com o CLU específica para cultura. Esta recomendação poderá ser com base em K, P e/ou N, sendo adotado o que apresentar a maior quantidade e em cobertura suplementar com adubo químico.

¹ SILVA, F. C. da; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALESTEIRO, S. D. Uso agrícola do composto de lixo no estado de São Paulo: recomendações técnicas. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Embrapa Informática Agropecuária. Circular Técnica).

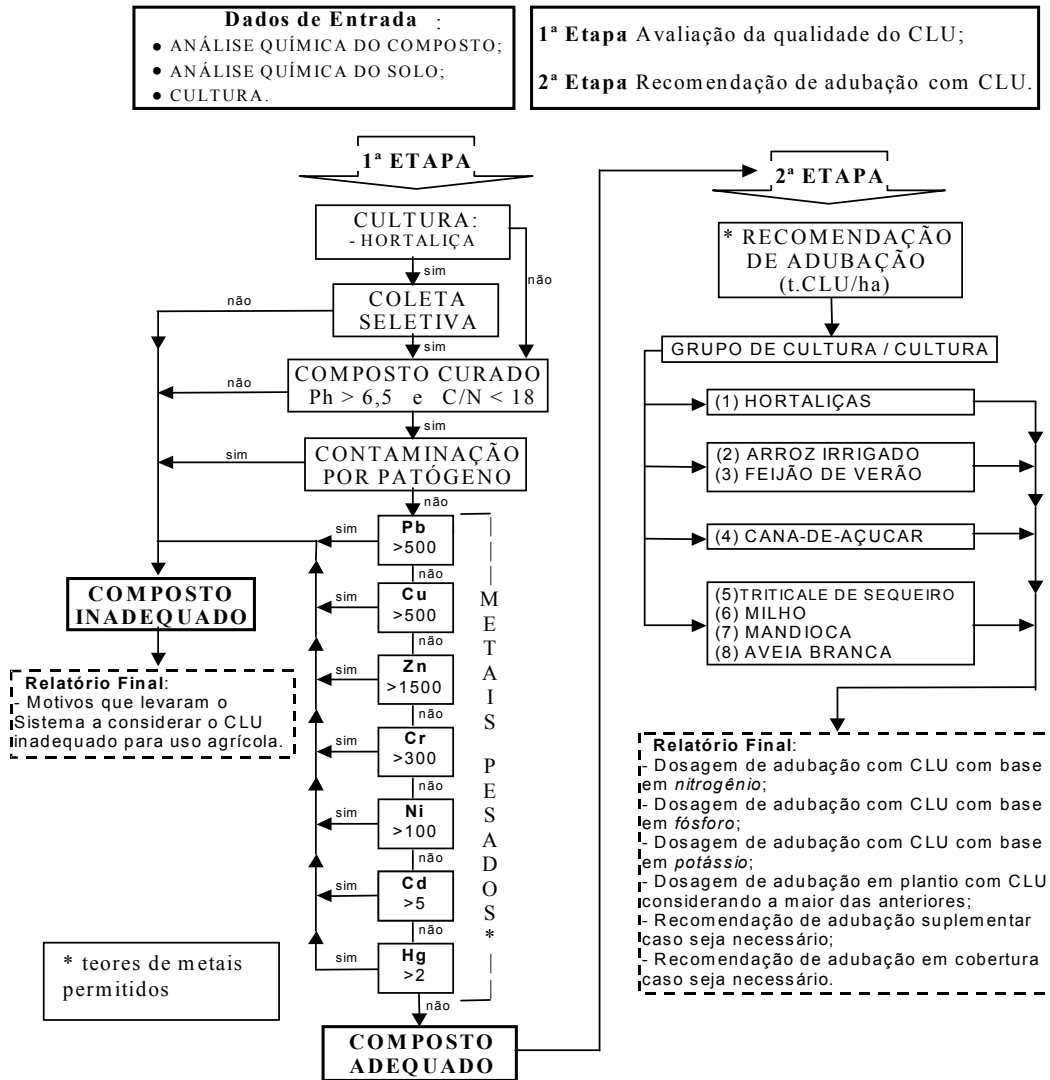


FIGURA 1: Diagrama da árvore de decisão deste Sistema Especialista para uso agrícola do composto de lixo urbano - CLU.