

Resumo

A região de Viseu é uma das principais regiões avícolas do País e simultaneamente possui uma importante área florestal. Como resultado das actividades deste sector, surgem os resíduos avícolas que podem provocar graves problemas de poluição, ao nível do solo, da água e da atmosfera. Por outro lado, os incêndios florestais, agravados, entre outros pela elevada carga térmica resultante da acumulação de resíduos florestais na floresta, provocam todos os anos graves prejuízos, com as consequentes incidências ambientais. Nesta perspectiva, torna-se importante actuar ao nível destes sectores de actividade, procurando valorizar correctamente o potencial dos respectivos resíduos, por exemplo através da possibilidade de os reutilizar como fertilizantes, pondo em prática um plano de reciclagem orgânica - compostagem.

O presente trabalho tem como objectivo aprofundar o conhecimento existente acerca da possibilidade de co-compostagem destes resíduos orgânicos. Assim, estudaram-se, à escala piloto, os mecanismos associados à bio-oxidação de resíduos avícolas com dois tipos de resíduos, no sentido de desenvolver as metodologias necessárias para controlar e optimizar o processo e a qualidade do composto final.

Efectuou-se a compostagem de 4 pilhas, de configuração cónica (1,50 m de altura e 2 m de diâmetro de base), utilizando diferentes combinações de resíduos avícolas (produção em bateria) com serrim e palha. As pilhas apresentaram a seguinte composição: pilha 1 - resíduo avícola e estilha; pilha 2 - serrim e estilha; pilha 3 - resíduo avícola, palha e estilha; pilha 4 - resíduo avícola, serrim e estilha.

No sistema de compostagem utilizado, as principais variáveis operacionais do processo (arejamento, temperatura e humidade) foram controladas a partir do ciclo de revolvimento. A monitorização do processo envolveu a avaliação, ao longo do tempo, de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos convencionais. Os principais parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, condutividade eléctrica, teor de humidade, teor de matéria orgânica e cinzas, teor de carbono total, teor de azoto total, relação Carbono/Azoto (C/N) e teor em elementos minerais. Foi ainda avaliada a sucessão de populações microbianas estudando-se as populações heterotróficas de bactérias e de fungos totais às temperaturas de 30 e 55°C. Na avaliação da qualidade do composto em termos microbiológicos foram utilizados os microrganismos indicadores universalmente aceites: coliformes totais, coliformes fecais e *Enterococcus faecalis*. Como microrganismo patogénico foi analisada a presença de *Salmonella* spp.. A avaliação do grau de maturação/estabilidade dos compostos foi efectuada recorrendo à razão entre os ácidos húmicos e fúlvicos, ao teste de auto-aquecimento e ao índice de germinação.

Os ensaios de compostagem efectuados demonstraram que a evolução dos parâmetros físico-químicos e biológicos está relacionada com a manutenção realizada em termos de arejamento e teor de humidade, bem como com as características dos resíduos a compostar, nomeadamente com a disponibilidade de carbono e azoto.

No que se refere à temperatura, a pilha de resíduo avícola e palha (Pilha 3) foi a que registou valores mais elevados de temperatura, tendo atingido valores superiores a 65°C. No entanto, foi a pilha de resíduo avícola e serrim (Pilha 4) que apresentou um maior período de tempo na fase termófila. Quanto ao pH as várias pilhas não sofreram variações significativas, apresentando no final do processo propriedades alcalinas.

O teor de carbono e de azoto total diminuiu ao longo do processo para todas as pilhas. A diminuição do teor de azoto foi menor nas pilhas de resíduo avícola e palha (Pilha 3) e de resíduo avícola e serrim (Pilha 4) comparativamente à pilha só de resíduo avícola (Pilha 1), o que demonstra o efeito do agente condicionante na conservação do azoto. No entanto, observou-se que essa diminuição foi menor no caso da pilha de resíduo avícola e palha (pilha 3), comparativamente à pilha de resíduo avícola e serrim (Pilha 4), evidenciando o efeito da relação C/N, ou seja, a conservação do azoto foi maior para a pilha com a relação C/N mais elevada.

A pilha de resíduo avícola (Pilha 1) sofreu uma higienização completa. Os microrganismos do grupo dos *Enterococcus faecalis* foram os mais resistentes, ultrapassando na pilha de resíduo avícola e palha (Pilha 3) o valor estipulado na proposta de regulamentação. No que respeita à população heterotrófica, foi a pilha de resíduo avícola e palha (Pilha 3) a que apresentou maior número de microrganismos (bactérias e fungos) por grama de composto. Nas pilhas de resíduo avícola (Pilha 1) e de resíduo avícola e serrim (Pilha 4) a população de fungos predominou sobre a bacteriana.

Os compostos obtidos possuem quantidades apreciáveis de matéria orgânica e de vários nutrientes, nomeadamente, cálcio, potássio e magnésio, constituindo deste modo um bom correctivo orgânico de solos agrícolas. Relativamente ao teor em metais pesados, verifica-se que os seus níveis são inferiores aos valores limites impostos na proposta de regulamentação. No entanto, a elevada salinidade observada limita a sua utilização, havendo a necessidade de atender à tolerância das culturas à salinidade.

De acordo com a avaliação do índice de germinação o composto resultante da pilha de resíduo avícola (Pilha 1) possui propriedades fitotóxicas, sendo susceptível de prejudicar o desenvolvimento das plantas. A qualidade dos restantes compostos é muito similar, visto que apesar do composto da pilha de resíduo avícola e palha (Pilha 3) se mostrar menos inibitório em termos de germinação de sementes com a máxima concentração (40%) relativamente ao composto da pilha de resíduo avícola e serrim (Pilha 4), este último possui uma razão ácidos húmicos/ácidos fúlvicos bem superior.

Os resultados obtidos indicam que a compostagem como via de tratamento dos resíduos avícolas é mais eficiente quando é feita procedendo-se à mistura destes com outros materiais que possam servir como fonte de carbono, como é o caso da palha e do serrim. A mistura do resíduo avícola com a palha, comparativamente à mistura do resíduo avícola com serrim, não apresentou mais valias quer em termos de rapidez do processo, quer na qualidade do composto final. Tal comprova que a técnica de compostagem com vista à valorização dos resíduos avícolas juntamente com os resíduos florestais é uma boa alternativa no âmbito do tratamento dos resíduos biodegradáveis, constituindo uma alternativa vantajosa para a resolução dos problemas ambientais.

Abstract

The region of Viseu is one of the most important poultry regions in Portugal, simultaneously possessing an important forest area. Poultry manures can cause serious pollution problems, in terms of soil, water and atmosphere contamination. On the other hand, the forest fires, the risk of which increases by the high thermal load resulting from the settlement of the forest waste, originate, every year, serious damages, with important environmental consequences. In such perspective, it is important to act at the level of both sectors, trying to put in value the potential of their wastes, for example through the possibility of using them as fertilizers, putting into practice a plan of organic recycling-composting.

The main purpose of the present work was to contribute to the knowledge concerning the possibility of co-composting these organic wastes. Thus, at a pilot scale, the mechanisms associated with the bio-oxidation of the poultry manures mixed with two other types of waste were studied, in the sense of developing the necessary methodologies to control and to optimise the process and the quality of the final compost.

The composting of 4 piles of conic configuration (1,50 m height and 2 m of base diameter), using different combinations of poultry manures (production in battery) with sawdust and straw, was performed. The piles composition was as follows: pile 1- poultry manure and wood chips; pile 2- sawdust and wood chips; pile 3- poultry manure, straw and wood chips; pile 4- poultry manure, sawdust and wood chips.

In the composting system, the main operational variables of the process (aeration, temperature and humidity) were controlled from the turning cycle. The process monitorization involved the evaluation, through the time, of the physical, chemical and microbiological conventional parameters. The main analysed physical-chemical parameters were: the pH, the electric conductivity, the moisture, the organic and ash matter content, the total carbon, the total nitrogen, the carbon/nitrogen ratio (C/N), and the content in mineral elements. The succession of microbial populations was also evaluated by studying the heterotrophic populations of bacteria and of total fungi at 30 and 55°C temperatures. In the evaluation of the quality of the compost in microbiological terms there were used the indicative microorganisms universally accepted: total coliforms, fecal coliforms and *Enterococcus faecalis*. In terms of the pathogen microorganisms, the presence of *Salmonella* spp. was analysed. The evaluation of the degree of maturity/stability of the compost was obtained through the humic/fulvic acids ratio, the self-heating test and the germination index.

The composting assays showed that the evolution of the physical-chemical and biological parameters are related with the maintenance carried out in aeration and moisture content, as well as with the characteristics of the composting wastes, namely with the carbon and nitrogen ratio.

Concerning the temperature, the pile of poultry manure and straw (Pile 3) showed the temperature highest values, having reached values higher than 65°C. However, it was the pile of poultry manure

and sawdust (Pile 4) that showed the longest period of time in the thermophilic phase. The pH the piles did not suffer significant variations, presenting, at the end of the process, alkaline properties.

The carbon and the total nitrogen content have decreased along the process in all the piles. The reduction of the nitrogen content was lower in the piles of poultry manure and straw (Pile 3) and of poultry manure and sawdust (Pile 4) comparatively to the pile having only poultry manure (Pile 1), showing the effect of the conditioner agent in the nitrogen fixation. However, it was observed that such reduction was lower in the case of the pile of poultry manure and straw (pile 3), comparatively to the pile of poultry manure and sawdust (Pile 4), evidencing the effect of the C/N ratio, which means that the fixation of the nitrogen was greater for the pile with the higher C/N ratio.

The pile of poultry manure (Pile 1) suffered a complete higienization. The microorganisms of the group of the *Enterococcus faecalis* were the most resistant, surpassing in the pile of poultry manure and straw (Pile 3) the value specified in the regulation proposal. In terms of the heterotrophic population, it was the pile of poultry manure and straw (Pile 3) the one that presented a greater number of microorganisms (bacterial and fungi) per gram of compost. In the piles of poultry manure (Pile 1) and of poultry manure and sawdust (Pile 4) the population of fungi prevailed on the bacterial one.

The obtained compost possesses important amounts of organic matter and of several nutrients, namely, calcium, potassium and magnesium, thus constituting a good organic corrective for agricultural soils. The heavy metals levels are lower than the values in the proposal standards. The high salinity observed values restrains its use, imposing important care concerning the tolerance of the cultures to salinity.

In agreement with the evaluation of the germination index, the compost obtained from the pile of poultry manure (Pile 1) possesses some phytotoxic characteristics, being susceptible of affecting the development of the plants. The compost quality of the others piles was very similar because, in spite of the compost of the pile of poultry manure and straw (Pile 3) showing less inhibitory in terms of germination of seeds with the maximum concentration (40%) relatively to the compost of the pile of poultry manure and sawdust (Pile 4), the last one possesses a humic/fulvic acids ratio very high.

The obtained results show that the composting, being a way of treatment of the poultry manure, becomes more efficient when it is performed by mixing them with other materials that can serve as carbon source, as it is the case of the straw and of the sawdust. The mixture of the poultry manure with the straw, comparatively to the mixture of the poultry manure with sawdust, did not present more benefits in terms of the process speed, nor in the quality of the final compost. The composting technique seems to be a good alternative for the valorisation of both the poultry manures and the forest wastes, as biodegradable wastes, thus contributing to the resolution of their environmental problems.