

# AVALIAÇÃO DE LEITOS DE SECAGEM DE LODO ARTESANAIS PARA A UTILIZAÇÃO EM CERÂMICA ARTÍSTICA

M. A. Maran, J. C. Pozzobon, J. F. R. Lucas, N. Díaz Mora  
Av. Tarquinio Joslin do Santos, 1300, Foz do Iguaçu - PR - CEP: 85870-900  
e-mail: mayconmaran@hotmail.com  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Laboratório de Materiais

## RESUMO

*Considerando a necessidade de melhor dispor o lodo gerado em estações de tratamento de água, aponta-se como possível destinação deste resíduo sua incorporação a massas cerâmicas para a produção de peças artísticas. Porém, para reduzir a incidência de defeitos nestas peças, faz-se necessária a secagem prévia do lodo. Assim, com o objetivo de identificar um mecanismo artesanal eficiente de secagem do lodo, avaliou-se o desempenho de dois diferentes arranjos de leito de secagem: sobre piso de concreto e suspenso em tela. Para tanto, quantidades iguais de lodo proveniente da ETA Tamanduá - Foz do Iguaçu/PR foram submetidas às mesmas condições de secagem por 10 dias nos dois leitos, monitorando-se temperatura e umidade do material. Após este período, calculou-se a taxa de secagem e a umidade final do lodo. Constatou-se que o leito sobre piso de concreto apresentou melhores resultados que o leito sobre tela devido às propriedades térmicas favoráveis do concreto.*

Palavras-chave: lodo de ETA, aproveitamento de resíduo, artesanato.

## INTRODUÇÃO

Com o crescimento na demanda por água potável, há uma maior necessidade de se tratar a água disponível na natureza. O processo convencional utilizado para o tratamento de água, usado na maioria dos sistemas de abastecimento para o consumo humano, gera lodos decantados, com um alto teor de umidade <sup>(1)</sup>. O lodo gerado nas estações de tratamento de água (ETA) usualmente é destinado aos aterros sanitários, contribuindo para a redução da vida útil dos mesmos, tornando-se, portanto, um inconveniente ambiental <sup>(2)</sup>.

Com o intuito de melhor gerenciar a disposição final do lodo de ETA, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos na busca por soluções técnica e ambientalmente vantajosas. Duas das alternativas atualmente estudadas implicam

na incorporação do lodo de ETA à massa cerâmica utilizada para a produção de tijolos <sup>(3)</sup> e de cerâmica artística <sup>(4)</sup>, em substituição parcial à argila normalmente usada nestas aplicações.

No caso específico do aproveitamento do lodo de ETA na produção de peças cerâmicas artísticas, a utilização do lodo *in natura*, apesar de ser uma opção ambiental e economicamente atrativa, pode comprometer o aspecto visual das peças devido a defeitos provenientes de impurezas presentes no lodo, fazendo-se necessário um tratamento prévio do lodo para sua incorporação <sup>(4)</sup>.

A adequação do lodo de ETA à aplicação artística, em condições de laboratório e escala de bancada, consiste na secagem do lodo em estufa a  $110 \pm 5$  °C por 24 h, posterior moagem manual com pistilo em almofariz de ágata e tamização em peneira granulométrica de 0,297 mm de abertura de malha <sup>(5)</sup>.

Na prática, a aquisição de uma estufa ou mesmo o consumo de energia decorrente da utilização deste equipamento podem acarretar o desinteresse de artesãos e artistas plásticos em usar o lodo de ETA na confecção de peças cerâmicas. Assim, no intuito de viabilizar o aproveitamento do lodo em cerâmica artística, torna-se importante identificar um mecanismo simples de secagem do lodo para minimizar os custos com o seu beneficiamento.

O uso de leitos de secagem é uma das técnicas mais antigas utilizadas na separação sólido-líquido de lodos, apresentando como principais vantagens o baixo valor de investimento, a simplicidade operacional e o baixo consumo de energia elétrica <sup>(2)</sup>.

Os leitos de secagem são unidades, geralmente projetadas e construídas em forma de tanques retangulares, que têm por objetivo desidratar, por meios naturais, os lodos primários e secundários de sistemas de tratamento. A secagem natural do lodo, decorrente da exposição ao sol, resulta em um produto com baixo teor de água, o que facilita sua remoção e transporte <sup>(6)</sup>.

Diante do exposto, no presente trabalho, propôs-se e avaliou-se o desempenho de dois diferentes arranjos de leito de secagem: sobre piso de concreto e suspenso em tela, com o objetivo de identificar um mecanismo artesanal eficiente de secagem do lodo de ETA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais utilizados

O lodo utilizado é proveniente da ETA Tamanduá de Foz do Iguaçu/PR, composto por 31,6%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 24,1%  $\text{SiO}_2$ , 18,6%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 2,8%  $\text{SO}_3$ , 2,2%  $\text{TiO}_2$  (mediante difração de raios X) e 35,9% de matéria orgânica <sup>(3)</sup>.

O leito de secagem sobre piso de concreto (representado por LPC) consiste em uma superfície de concreto, revestida com uma base plástica removível, para facilitar o manuseio do lodo (Figura 1).



Figura 1 - Leito de secagem sobre piso de concreto (LPC).

O leito de secagem suspenso em tela (representado por LST) consiste em uma peneira de tela metálica de 1,36 mm de abertura de malha, com 50 cm de diâmetro, mantida elevada a 15 cm da superfície de concreto por um suporte de metal (Figura 2).



Figura 2 - Leito de secagem suspenso em tela (LST).

## Metodologia do experimento

Inicialmente, 3 kg de lodo de ETA *in natura* foram espalhados uniformemente formando uma camada de aproximadamente 2 cm de lodo sobre cada leito. Os dois leitos foram dispostos um ao lado do outro, ficando, durante os períodos de exposição, sob a incidência direta do sol. Para que fosse possível a comparação dos processos, ambos os leitos foram submetidos a condições idênticas durante todo o experimento.

O lodo nos leitos ficou exposto à radiação solar por períodos de oito horas diárias, das 9h00min às 17h00min. Evitou-se que os leitos fossem atingidos por precipitações atmosféricas, com o intuito de que não houvesse interferência na umidade dos lodos decorrentes dessas. Para tanto, nos intervalos de tempo entre os períodos de exposição, assim como nos dias em que as condições climáticas não eram favoráveis a secagem, os lodos eram retirados do local de secagem e guardados em sacos plásticos vedados.

Antes do primeiro período de exposição do lodo nos leitos e ao final de cada período, amostras de lodo foram coletadas dos leitos para a realização do ensaio de umidade. A determinação da umidade do lodo foi realizada pela média de três repetições, relacionando a massa de água de uma amostra de lodo úmido pela massa total desta. A massa de água foi obtida pela diferença entre a massa da amostra úmida e a massa desta amostra após secagem em estufa a 105 °C por 24 h <sup>(7)</sup>.

Durante os períodos de exposição, monitorou-se a temperatura do lodo nos leitos a cada hora, com o auxílio de termômetros, com o objetivo de calcular as temperaturas médias as quais os lodos ficaram submetidos em cada período. Ao todo, o experimento decorreu em 10 dias de efetiva exposição do lodo nos leitos ao sol, entre os dias 10 e 29 do mês de março do ano corrente, na cidade de Foz do Iguaçu/PR, local com coordenadas geográficas 25° 26' 11,65" latitude sul, 54° 35' 43,69" longitude oeste.

A avaliação do desempenho dos leitos deu-se pela análise comparativa da taxa de secagem e do comportamento da umidade e da temperatura do lodo exposto nos dois leitos ao longo do experimento.

A taxa de secagem foi determinada pela relação da diferença entre a umidade inicial do lodo e a umidade deste no período no qual houve estabilização da perda

de umidade pelo número de dias necessários para que a estabilidade fosse observada, conforme apresentado em (A):

$$T_s = \frac{U_i - U_e}{t_e} [\%.dia^{-1}] \quad (A)$$

em que:  $T_s$  é a taxa de secagem do leito, em  $\%.dia^{-1}$ ,  $U_i$  é a umidade inicial do lodo, em %,  $U_e$  é a umidade medida ao final do dia da estabilização, em % e  $t_e$  é o número de dias decorridos desde a exposição inicial até a identificação da estabilização.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lodo de ETA *in natura* utilizado no experimento apresentou umidade inicial média (antes do primeiro período de exposição) igual a 73,10%.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de umidade do lodo ao final de cada período de exposição em LPC e LST.

Tabela 1 - Umidade do lodo nos leitos de secagem.

Período de exposição	Umidade final do lodo (%)	
	LPC	LST
1º	63,25	63,39
2º	51,82	55,51
3º	33,72	37,85
4º	21,62	35,28
5º	6,26	11,93
6º	5,98	6,16
7º	5,95	6,14
8º	5,86	5,94
9º	5,83	5,92
10º	5,65	5,23

Comparando os dados de umidade da Tabela 1, identifica-se que, para os períodos de 1º ao 9º, o lodo no LPC apresentou valores menores que do lodo no LST, embora, ao final do 10º período tenha ocorrido comportamento contrário. Possivelmente, esta última umidade do lodo no LPC maior que a prevista segundo a tendência apresentada, seja relativa à amostragem realizada para o ensaio de umidade, uma vez que o lodo neste leito apresentava aspecto heterogêneo, indicando regiões com maior e menor umidade. Esta heterogeneidade não foi observada no lodo no LST, o que pode ser explicado pela evaporação superficial

mais facilitada neste leito de secagem favorecida pela tela que permite uma maior interface lodo-ar.

O comportamento anteriormente descrito quanto aos valores de umidade pode ser melhor observado no gráfico da Figura 3.

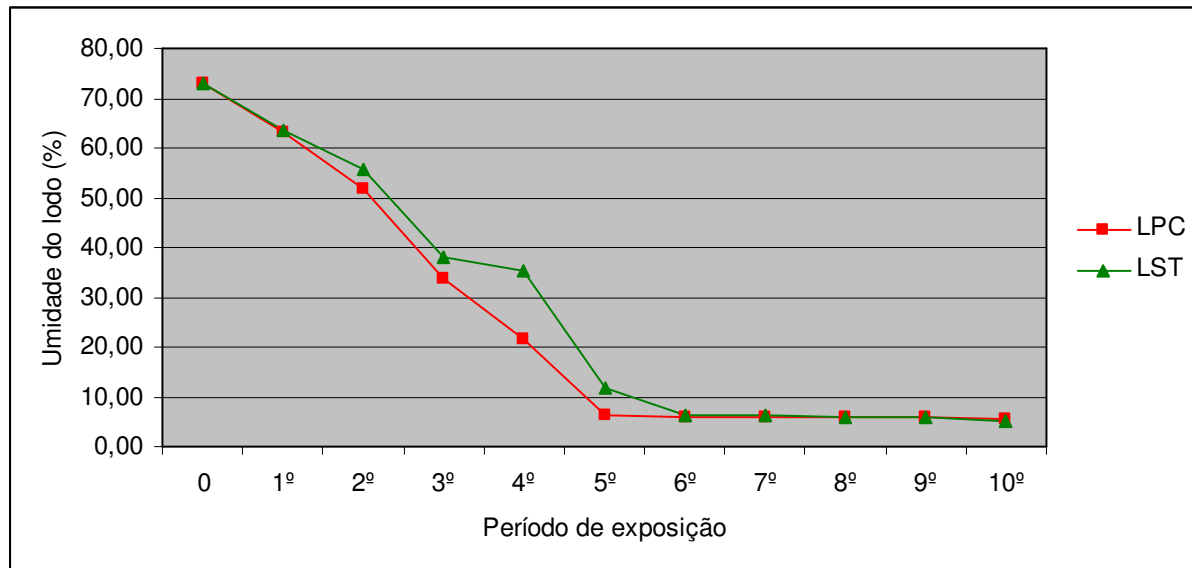


Figura 3 - Evolução da redução da umidade do lodo nos leitos.

Na Figura 3, verifica-se o melhor desempenho de LPC na redução da umidade do lodo, com secagem mais acentuada do 1º ao 5º períodos, uma vez que a partir do 6º período, a diferença de umidade entre LPC e LST mostrou-se muito pequena. Isso indica que, a teores baixos de umidade, a disposição do leito interfere pouco na secagem do lodo.

Na desidratação do lodo em um leito de secagem, atuam os processos de drenagem e evaporação. Durante as primeiras 72 horas, a drenagem é a responsável pela eliminação da grande maioria do líquido, o que explica a secagem inicial mais acentuada. Após esse período, a perda de líquido passa a ocorrer basicamente pela evaporação superficial <sup>(2)</sup>.

Para a determinação da taxa de secagem do lodo no LPC, identificou-se que a redução da umidade do lodo atingiu a estabilidade após o 5º período de exposição. Assim, considerando os cinco primeiros períodos, a umidade variou de 73,1% para 6,26%, resultando numa taxa de secagem de 13,37 %. $\text{dia}^{-1}$ .

Adotando o mesmo critério para a taxa de secagem do lodo no LST, nota-se que ao final do 5º período de exposição, a umidade era de 11,93%, o que representa aproximadamente o dobro da umidade final. Assim, considerou-se que a

estabilidade da perda de umidade deu-se ao final do 6º período, onde a umidade atingiu 6,16%. Deste modo, a taxa de secagem resultou em 11,16 %. $\text{dia}^{-1}$ .

Na Figura 4 é apresentado um gráfico com as temperaturas médias e máximas registradas nos leitos de secagem ao longo do experimento.

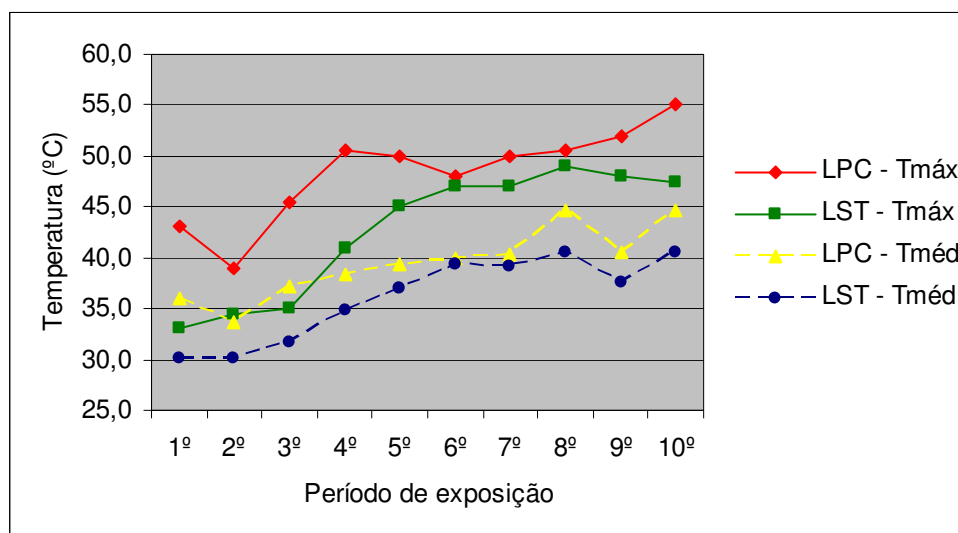


Figura 4 - Temperaturas máximas e médias do lodo nos leitos.

As temperaturas médias (linhas tracejadas) por período de exposição mostram-se superiores no lodo no LPC em relação ao lodo no LST, independentemente das variações climáticas possivelmente ocorridas de um período para outro. O mesmo se verifica com as temperaturas máximas (linhas contínuas) registradas em cada período, destacando-se que o lodo no LPC, no 10º período, atingiu a maior temperatura máxima do experimento, alcançando 55 °C.

Alguns materiais, a exemplo do concreto, possuem uma capacidade considerável de aumentar e manter sua temperatura mediante uma fonte de calor. Isto se deve ao seu calor específico (quantidade de calor necessária para que 1 g do material aumente sua temperatura em 1 °C) e a sua difusividade térmica (capacidade de um material difundir ou dispersar calor em todas as direções) <sup>(8)</sup>.

O concreto apresenta um baixo calor específico, que é cerca de 0,87 vezes menor se comparado com o ar <sup>(8)</sup>. Além disso, sua difusividade térmica é aproximadamente 50 vezes menor que a difusividade do ar <sup>(9)</sup>. Assim, é necessária uma menor quantidade de calor para o concreto elevar sua temperatura, aumentando-a mais rapidamente que o ar, e também, devido a sua baixa

difusividade térmica, o concreto tem maior dificuldade de dissipar o calor ganho, mantendo a temperatura por mais tempo.

As maiores temperaturas obtidas no LPC explicam o melhor desempenho deste na redução da umidade do lodo, apesar de que, as maiores reduções ocorreram a temperaturas médias menos elevadas (primeiros períodos de exposição).

Na Figura 5, são apresentadas as medidas de temperatura do lodo ao longo do 2º e 10º períodos de exposição, nos quais se observou a menor e maior temperatura média, respectivamente.

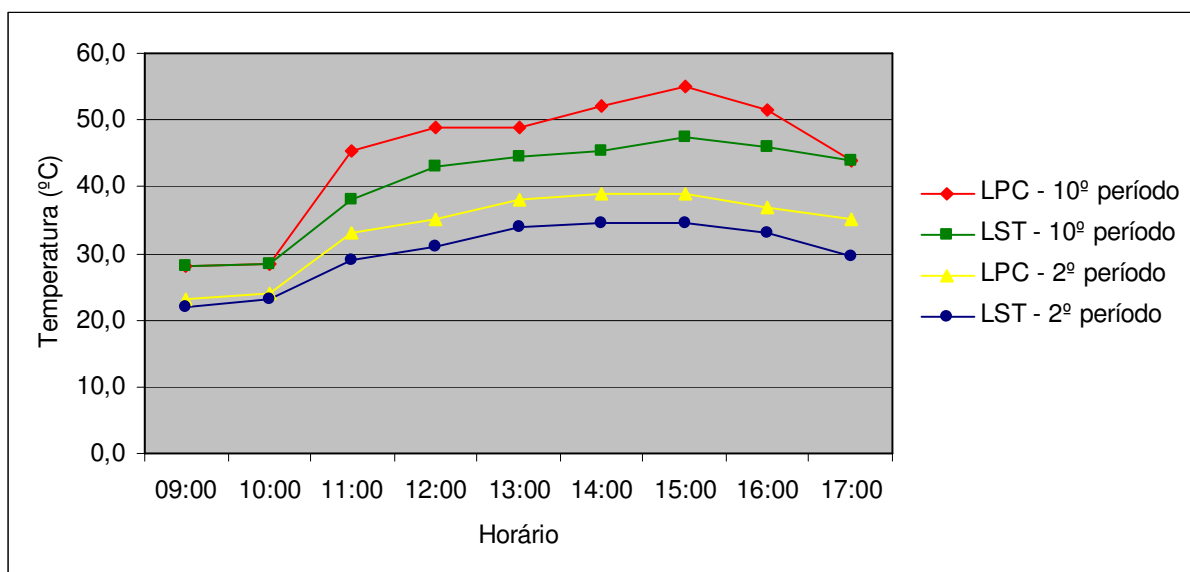


Figura 5 - Temperaturas do lodo nos leitos no 2º e 10º períodos.

Analisando o comportamento da temperatura nos 2º e 10º períodos de exposição, identifica-se que, a partir das 10h00min, ocorre um aumento significativo nas temperaturas, que se mantêm até às 15h00min. No 2º período, cujas temperaturas foram mais amenas, estas mostraram comportamento bastante similar nos dois leitos, embora as temperaturas no LPC sejam significativamente maiores que no LST, ou seja, a diferença de temperatura nos leitos para um mesmo horário é praticamente constante na maior parte do período de exposição. No 10º período, cujas temperaturas foram as mais elevadas, o aumento de temperatura foi mais acentuado e a diferença entre LPC e LST mais relevante que no 2º período.



## CONCLUSÃO

O leito de secagem sobre piso de concreto apresentou melhores resultados, embora a umidade do lodo ao final do experimento tenha apresentado valor ligeiramente superior à umidade do lodo seco no leito suspenso em tela.

A taxa de secagem do lodo no leito sobre piso de concreto resultou em  $13,37 \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$  enquanto que no leito suspenso em tela foi de  $11,16 \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

As temperaturas mensuradas mostraram-se sempre superiores no lodo no leito sobre piso de concreto em relação ao lodo no leito suspenso em tela. As temperaturas mais elevadas, decorrentes das propriedades térmicas favoráveis do concreto, explicam o melhor desempenho do leito na redução da umidade do lodo.

Dando continuidade ao presente estudo, pretende-se identificar as variáveis que influenciam a desidratação do lodo nos leitos de secagem avaliados e propor modelos matemáticos para representar o comportamento da secagem. Além disso, identificou-se a necessidade de analisar se a umidade residual do lodo seco nos leitos (entre 5 e 6%) causa alguma interferência no processo de beneficiamento do lodo e na sua utilização em massa cerâmica para a confecção de peças artísticas.

## REFERÊNCIAS

1. PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna - Curitiba - PR. In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, Joinville, SC, 2003, **Anais...** Joinville, ABES, 2003. Disponível em: [http://www.sanepar.com.br/Sanepar/Gecip/Congressos\\_Seminarios/Lodo\\_de\\_agua/Caracterizacao\\_do\\_lodo\\_de\\_ETA.pdf](http://www.sanepar.com.br/Sanepar/Gecip/Congressos_Seminarios/Lodo_de_agua/Caracterizacao_do_lodo_de_ETA.pdf). Acesso em: 9 de agosto de 2009.
2. ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.
3. TARTARI, R. **Incorporação de lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, como aditivo em massa para cerâmica vermelha**. 2008, 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.
4. POZZOBON, J.C; LUCAS, J.F.R; DÍAZ MORA, N. Estudo preliminar para a utilização de lodo de ETA para a produção de cerâmica artística. In: XVIII ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Londrina, PR, 2009. **Anais...** Londrina, UEL, 2009.

5. POZZOBON, J.C.; LUCAS, J.F.R.; DÍAZ MORA, N. Avaliação de métodos de tratamento do lodo de ETA para a utilização em cerâmica artística. In: IV CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, Foz do Iguaçu, PR, 2009. **Anais...** Foz do Iguaçu, UNIOESTE, 2009.
6. BRASIL. Ministério de Educação. Banco Internacional de objetos educacionais. **Estação de tratamento de águas residuárias: leito de secagem de lodo.** Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/10767>. Acesso em: 10 de abril de 2010.
7. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
8. INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa.** Rio de Janeiro: LTC, 2008.
9. LIDUÁRIO, A.S. **Contribuição ao estudo das propriedades térmicas do concreto convencional na presença das adições minerais.** 2006, 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

## EVALUATION OF SIMPLE SLUDGE DRYING BEDS FOR USE IN ARTISTIC POTTERY

### ABSTRACT

Considering the need of a better disposing for the sludge generated in water treatment stations, it is aimed as a possible use for this waste its incorporation into ceramic bodies for artistic pieces manufacture. However, in order to reduce the incidence of defects in these pieces, it is necessary a pre-drying of the sludge. Thus, aiming to identify an efficient simple mechanism for sludge drying, it was appraised the performance of two different drying beds arrangements: on concrete floor and suspended in mesh. In this porpouse, identical tantamount of sludge from Tamandua WTP - Foz do Iguaçu / PR underwent the same drying conditions for 10 days in two beds, under temperature and moisture content monitoring. Afterwards, we calculated the drying rate and final moisture content of the sludge. It was verified that the drying bed on concrete floor got better results than the bed under mesh because of the favorable concrete thermal properties.

Keywords: water treatment, waste use, handycraft.