



COMPOSTO À BASE DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E SERRAGEM DE MADEIRA PARA APLICAÇÃO COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO

Francis Rodrigues de Souza (1); Almir Sales (2); Caio Sérgio Pádua Kague (3); Jedah Wessel Prado (3)

(1) Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: frs.fran@gmail.com

(2) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, Brasil – e-mail: almir@power.ufscar.br

(3) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, Brasil

RESUMO

Proposta: No Brasil existem aproximadamente 7.500 estações de tratamento de água (ETAs). Essas estações geram seus resíduos nos tanques de decantação e filtros e os lançam diretamente nos mesmos córregos e rios de onde é retirada a água para o tratamento. A brita é um material usado em todos os setores da construção civil e, além de não renovável, causa degradação ao meio ambiente quando produzida. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um composto à base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para aplicação como agregado graúdo em concreto. **Método de pesquisa/Abordagens:** Pelotas esféricas foram produzidas manualmente a partir da mistura do lodo de ETA seco e moído, água e serragem de madeira. As pelotas foram aplicadas em concreto substituindo a pedra britada e foram determinadas as seguintes propriedades: resistência a compressão, resistência à tração, massa específica, absorção de água e índice de vazios. **Resultados:** O concreto produzido com o composto apresentou propriedades físicas e mecânicas adequadas à aplicação como concreto leve em lajes, blocos e painéis de vedação. **Contribuições/Originalidade:** Desenvolvimento de um composto à base de resíduos visando a substituição da pedra britada natural. Diminuição do impacto ambiental causado pelo descarte irregular destes resíduos.

Palavras-chave: lodo de estação de tratamento de água; serragem de madeira; concreto

ABSTRACT

Proposal: Seven thousand and five hundred water treatment plants exist in Brazil. The residues of those water treatment plants have been generated in the tanks of sedimentation and filters. Those residues have been thrown in the same waterways from where the water has been removed for the treatment. The crushed stone is used in all the sections of the building construction. It isn't renewable and it causes degradation in the environment when produced. The objective of this work was to develop a composite with sludge from water treatment plant and sawdust to be used as coarse aggregate in concrete. **Methods:** The composite in spherical form was produced manually. It was produced from a mixture of dry and triturated sludge, water and sawdust. The composite was inserted in concrete substituting the crushed stone. The properties of this concrete were determined: axial compressive strength, tensile strength, unit density, absorption of water, and emptiness ratio. **Findings:** The concrete produced with the composite have reached the adequate physical and mechanical properties to the application as lightweight concrete used in slabs, concrete blocks, and panels. **Originality/ value:** Development of composite from residues to application as coarse aggregate in concrete. Application of this composite to decreases the environmental impact caused by the irregular deposition of these residues.

Keywords: sludge from water treatment plant; sawdust; concrete.

1 INTRODUÇÃO

O lodo de estação de tratamento de água (ETA) é um resíduo composto de água e sólidos suspensos contidos na fonte acrescido dos produtos aplicados durante o processo de tratamento da água (RICHTER, 2001).

As propriedades dos lodos de estação de tratamento de água variam com a qualidade da água bruta e com o tipo de coagulante e demais produtos químicos auxiliares utilizados durante o processo de tratamento da água (REALI, 1999).

Quanto maior o acúmulo do lodo nos tanques de decantação, maior a concentração de metais no resíduo e, portanto, maior o impacto ambiental causado pela deposição irregular do mesmo (CORDEIRO, 2001).

O lodo de estação de tratamento de água pode ser aplicado no solo para fins agrícolas, para a recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração e até mesmo em aterros sanitários. Entretanto, seja qual for a finalidade da aplicação, ela deve levar em consideração, não só a possibilidade de alterar a capacidade de retenção da água, como também a possibilidade de alterar outras propriedades estruturais do solo (BIDONE; SILVA; MARQUES, 2001).

As altas concentrações de alumínio no lodo tendem a fixar o fósforo no solo e dificultar o crescimento das plantas. Além disso, os produtos contaminantes presentes no coagulante contêm geralmente elevadas concentrações de Pb, Cr, Cd e outros metais pesados que provocam a degradação local (LENZI, 2003).

Nos EUA, entre as práticas de deposição do lodo, o aterro sanitário é adotado em aproximadamente 20% das cidades com até 100.000 habitantes (AWWA, 1995). No Japão estes resíduos são comumente incinerados, entretanto, os custos referentes a esta alternativa são bastante altos e as cinzas resultantes necessitam de deposição ou incorporação adequada em outro produto; o que apenas transfere o problema (REALI, 1999).

A adição à massa cerâmica de lodo de ETA obtido com coagulante à base de alumínio (sulfato de alumínio) prejudica mais as propriedades tecnológicas da massa do que a adição de lodo obtido com coagulante à base de ferro (cloreto férrico) (TEIXEIRA, et al., 2006). Os blocos cerâmicos de paredes retas nos quais foram incorporados 12.5% do lodo da Estação de Tratamento de Água de Cubatão, São Paulo / BR atenderam as especificações das normas brasileiras (MORITA, et al., 2002).

O lodo gerado durante as operações de filtração/limpeza da água também pode ser usado como retardador de pega e regulador da trabalhabilidade de argamassas (RAUPP-PEREIRA, et al., 2007).

A recuperação do alumínio por acidificação torna o lodo mais concentrado e facilita a sua posterior desidratação. O Al (III) recuperado pode ser utilizado na remoção do fósforo no tratamento de efluentes domésticos, entretanto não pode ser reutilizado como coagulante em estações de tratamento de água. Em condições extremamente ácidas, a matéria orgânica coloidal e alguns metais pesados tais como o cádmio, o cobre e o chumbo são recuperados juntos e a reutilização do alumínio recuperado aumenta a formação de trihalometanos na água tratada (SENGUPTA; SHI, 1992).

Segundo Buttler et al. (2003), adições menores ou iguais a 3% de lodo de estação de tratamento de água em relação à massa do agregado miúdo proporcionaram um acréscimo na resistência à compressão axial de concretos convencionais de média resistência, traço em massa 1:2:3, relação água/cimento de 0,53 e slump de 50 ± 10 mm.

A Tabela 1 apresenta o estudo comparativo de custo de argamassas de assentamento convencional e argamassa de assentamento produzida com entulho de concreto e lodo de estação de tratamento de água realizada por Sales e Cordeiro (2001).

Segundo Souza, Sales e Cordeiro (2004), a substituição do agregado gráudo natural pelo agregado gráudo artificial de entulho de concreto e a substituição de 3% em massa do agregado miúdo natural pelo lodo de estação de tratamento de água proporcionaram um aumento de 14,3% na resistência à compressão axial de concreto convencional de baixa resistência, traço em massa 1:4,6:5,96, relação água/cimento de 0,95 e slump de 40 ± 10 mm.

Tabela 1 – Estudo comparativo de custo de argamassas de assentamento convencional e argamassa de assentamento produzida com entulho de concreto e lodo de estação de tratamento de água.

Componente	Proporção		Custo do componente		Custo / m ³ (R\$)	Relação entre custos (%)
	Traço	em peso (Kg) ou m ³	unitário (R\$)	total (R\$)		
Cimento Portland	1	325,0 Kg	0,216/Kg	70,20	88,35	100
Areia	3	0,75 m ³	24,20/m ³	18,15		
Cimento Portland	1	325,0 Kg	0,216/Kg	70,20	70,20	79
Entulho moído	2,7	0,675 m ³	0	0		
Lodo de ETA	0,3	0,025 m ³	0	0		

Sales e Cordeiro (2001)

Apesar das diversas alternativas de aplicação, no Brasil existem cerca de 7.500 estações de tratamento de água que geram seus resíduos nos tanques de decantação e filtros e os lançam diretamente nos mesmos córregos e rios de onde é retirada a água para o tratamento (CORDEIRO, 2001) (Figura 1).

Outro grave problema ambiental está relacionado às indústrias de base florestal. Estas geram um volume significativo de resíduos durante todas as fases operacionais desde a exploração florestal até o produto final.

O extinto IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal) e a Universidade Federal do Paraná classificaram os resíduos em três tipos distintos: a) serragem - resíduo originado da operação de serras, encontrado em todos os tipos de indústria, à exceção das laminadoras; b) cepilho - conhecido também por maravalha, resíduo gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadora (indústrias que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para móveis, esquadrias, pisos, forros, etc.); c) lenha - resíduo de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, resíduos de topo de tora e restos de lâminas (FONTES, 1994).



Figura 1 – Impacto ambiental causado pela deposição irregular do lodo de ETA.

Transformar resíduos de madeira em energia é uma das alternativas para evitar o destino inadequado deste material no ambiente, aumentar a qualidade do suprimento de energia e reduzir custos. Além dos 160 MW de capacidade já instalada e distribuída em 18 usinas termoeletricas cujo combustível é o resíduo de madeira, o Brasil tem ainda um potencial de geração de energia através de resíduos de madeira da ordem de 250 MW somente na região Sul. Entretanto, o investimento inicial para uma

empresa fazer o aproveitamento dos resíduos da madeira é da ordem de mil dólares por KW instalado (JORNAL DIÁRIO DOS CAMPOS, 2004).

Em muitas empresas florestais, os resíduos dos processos produtivos, principalmente de serrarias, por serem materiais sólidos e que não sofreram severos tratamentos químicos capazes de causar impacto ambiental no ecossistema, têm a possibilidade de serem aproveitados com sucesso na devolução de parte dos nutrientes retirados do povoamento por ocasião da colheita. Estes irão se decompor e liberar os nutrientes contidos em sua estrutura para o solo, onde poderão ser reabsorvidos pelas raízes das plantas da rotação seguinte (SCHUMACHER; BRUN; KÖNIG, 2004).

A utilização do pó de serra como agregado miúdo em substituição parcial ou total do agregado miúdo mineral, possibilita a redução significativa do agregado mineral (areia) na produção de blocos de concreto para vedação e/ou elementos de enchimento em lajes pré moldadas, comportando-se como um material mais leve e termo isolante, em função da baixa condutividade térmica do pó de serra (DANTAS FILHO, 2004).

Aproximadamente 50,7 % do volume original das toras tornam-se resíduos e, embora possam ser aproveitados, acabam sendo retirados dos pátios das serrarias e lançados de forma irregular em terrenos baldios e na margem de rios e córregos (DANTAS FILHO, 2004).

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um composto à base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para aplicação como agregado graúdo em concreto e, desta forma, diminuir o impacto ambiental causado pelo descarte irregular destes resíduos. Além disso, este novo compósito torna-se uma opção para a substituição da pedra britada natural em várias aplicações na construção civil.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi basicamente dividida em três etapas: 1) Coleta, preparo e caracterização dos materiais; 2) Desenvolvimento e produção do composto à base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira; 3) Aplicação do composto em concreto.

3.1 Coleta, preparo e caracterização dos materiais

O lodo utilizado no desenvolvimento e produção do compósito foi coletado na Estação de Tratamento de Água de São Carlos / São Paulo / Brasil, no dia de limpeza dos tanques de decantação.

A Estação de Tratamento de Água de São Carlos trata atualmente 600 litros por segundo de água bruta em um sistema tradicional composto pelas etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração e caracteriza-se por utilizar como coagulante das partículas presentes na água o sulfato de alumínio.

A limpeza de cada tanque de decantação é trimestral e dura aproximadamente 4 horas. Neste período, os funcionários entram no interior do tanque de decantação com jatos de água já tratada para forçar o escoamento do lodo pelas adubas presentes no fundo do tanque de decantação. Procedimento de limpeza que desperdiça uma grande quantidade de água já tratada (Figura 2).

A coleta do lodo foi realizada durante o processo de limpeza, antes da entrada dos funcionários no tanque de decantação. A coleta não foi realizada em outro momento para facilitar os processos seguintes. Em outro momento o lodo estaria bastante diluído.

O lodo coletado foi previamente seco à temperatura ambiente e completamente seco em estufa a temperatura de $105 \pm 05^{\circ}\text{C}$ (Figura 3). A seguir, foi moído em um moedor de agregados miúdos até que seus grãos atingissem dimensão máxima característica de 0,6 mm.



Figura 2 – Procedimento de limpeza dos tanques de decantação e desperdício de água já tratada.

A serragem de madeira utilizada no desenvolvimento e produção do compósito foi coletada no pátio do Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.



Figura 3 – Fase sólida do lodo após completamente seco em estufa a temperatura de $105 \pm 05^{\circ}\text{C}$.

Somente foi coletada e utilizada serragem de madeira da espécie Pinus (Figura 4), pelo fato desta madeira ser bastante utilizada tanto na indústria de construção civil como na indústria de produção mobiliária. Devido a sua estrutura anatômica a madeira desta espécie é bastante leve e apresenta comprimento de fibras regulares, além de grande absorção de água.



Figura 4 – Serragem de madeira da espécie Pinus utilizada no desenvolvimento e produção do compósito.

Outro material utilizado no desenvolvimento e produção do compósito foi o óleo de linhaça cozido. A linhaça, também chamada “Flaxseed” é uma variedade da conhecida “Flax”, *linum usitatissimum* e pode ser utilizada tanto para a produção de óleos para diversas aplicações, como para a produção de complemento alimentar. O óleo de linhaça cozido é um dos produtos derivados da industrialização da linhaça em grão. Após a obtenção do óleo bruto, este passa por um processo de fervura onde é adicionado um secante para agilizar o processo de secagem ao ar quando este é aplicado sobre superfícies. O óleo de linhaça cozido apresenta cor amarelo-dourado, marrom ou âmbar e é comumente aplicado em madeiras e seus derivados para a proteção, impermeabilização e realce das cores naturais.

Na produção dos concretos em estudo foi utilizado como aglomerante hidráulico somente o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, CPV-ARI, que atendeu as normas brasileiras. Como agregados naturais foram utilizados respectivamente a areia grossa quartzosa do rio Mogi como agregado miúdo e a pedra britada basáltica do tipo 1 como agregado graúdo. Para definir padrões para a produção de todos os concretos, os agregados tiveram sua composição granulométrica e propriedades determinadas.

3.2 Desenvolvimento e produção do composto à base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira

O desenvolvimento e a produção do compósito iniciou-se com a modelação manual de pelotas esféricas de diâmetro 15 ± 2 mm através da mistura do lodo seco e moído com água.

A quantidade de água ideal para a mistura foi determinada como sendo a menor quantidade de água necessária para a produção de uma pasta de lodo de boa trabalhabilidade durante a mistura, o amassamento e a modulação dos grãos na forma esférica.

Os agregados produzidos foram secos de três formas diferentes: na sombra à temperatura ambiente, em estufa à temperatura de $105 \pm 05^{\circ}\text{C}$ e, previamente seco à temperatura ambiente e completamente seco em estufa à temperatura de $105 \pm 05^{\circ}\text{C}$. Os melhores agregados foram aqueles que apresentaram melhor resistência mecânica e melhor resistência à abrasão. Estes tiveram seu processo de fabricação destacado.

Foram fabricados agregados com maiores e menores pressões durante o amassamento e a modulação e chegou-se a conclusão que quanto maior a pressão aplicada, maior a resistência mecânica, a resistência à abrasão e o peso específico do agregado.

Os melhores grãos assim preparados foram separados e aplicados em concreto. Entretanto, durante a mistura, grande quantidade destes desmancharam-se devido a sua grande capacidade de absorção de água.

Deste modo, procurou-se testar a capacidade das pelotas de inchar piroplasticamente por meio de ensaios de queima rápida a elevadas temperaturas, capacidade esta que é encontrada em raras argilas e folhelhos argilosos. Teoricamente o inchamento diminuiria a densidade do agregado e a queima provocaria a formação de uma camada vítrea que diminuiria sua absorção de água.

As pelotas produzidas foram então colocadas em cadinhos refratários e queimadas por 5, 10 e 15 minutos nas temperaturas de 900, 950, 1000 e 1050°C respectivamente. As pelotas queimadas tornaram-se mais leves e menos absorvíveis a água, entretanto, não incharam piroplasticamente e trincaram durante a vitrificação e a expulsão dos gases normais no processo, tornando-se menos resistentes à compressão.

Desta forma desistiu-se da aplicação térmica e optou-se por utilizar serragem de madeira e óleo de linhaça para servirem como estabilizadores das propriedades de resistência, leveza e absorção de água..

A produção do agregado com os quatro componentes, lodo de estação de tratamento de água seco e moído, água, serragem de madeira Pinus e óleo de linhaça cozido foi conseguida através de uma mistura inicial do lodo seco e moído com água, seguida da mistura da serragem de madeira e do amassamento e modelagem dos grãos na forma esférica. O óleo de linhaça somente foi aplicado após a completa secagem dos grãos em sombra à temperatura ambiente.

A relação em massa dos materiais que por processo manual de produção apresentou melhores grãos foi 1:6:4,5, respectivamente para serragem, lodo e água. A aplicação do óleo de linhaça foi realizada por imersão do agregado no óleo durante um minuto (Figura 5).



Figura 5 – Aplicação do óleo de linhaça no agregado

Os agregados produzidos apresentaram massa unitária no estado seco e solto igual a 0,672 Kg/L (Figura 6).



Figura 6 – Composto a base de lodo de estação de tratamento de água, serragem de madeira e óleo de linhaça

3.3 Aplicação do composto em concreto

O concreto com o compósito foi produzido com substituição total da pedra britada e a relação em massa entre os materiais foi determinada considerando boa consistência e trabalhabilidade da mistura.

A produção do concreto com o compósito foi realizada de forma diferente da convencional. Inicialmente foram misturados cimento, areia e 50 % do total da água pré-determinada e, somente após o completo preparo da argamassa, foi adicionado os grãos do compósito e o restante da água para o término da mistura. Desta forma os grãos do compósito absorveriam mais cimento e garantiriam maior aderência a argamassa.

A mistura dos materiais foi realizada com betoneira e o adensamento com vibrador e nenhum grão desmanchou durante o processo.

A partir do traço 1:2,5:0,67:0,6, respectivamente para cimento, areia, compósito e água, foi determinada a resistência à compressão axial, a resistência à tração por compressão diametral, a absorção de água, a massa específica e o índice de vazios deste concreto. E, os valores obtidos foram comparados com os valores obtidos para as mesmas propriedades de um concreto convencional produzido com pedra britada.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O concreto produzido com o composto apresentou propriedades físicas e mecânicas adequadas a aplicação como concreto leve em lajes, blocos e painéis de vedação. A tabela 2 apresenta as propriedades do compósito leve para concreto produzido a base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira e as propriedades do agregado graúdo convencional de pedra britada utilizado no concreto referência. A tabela 3 apresenta as propriedades do concreto produzido com o compósito e as propriedades de um concreto convencional produzido com mesma relação cimento/areia e mesma relação água/cimento.

Tabela 2 – Propriedades do agregado leve para concreto produzido a base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira e do agregado convencional de pedra britada basáltica 1 usado no concreto referência.

Propriedades	Agregado leve para concreto	Agregado convencional
Composição	Serragem:lodo:água (1:6:4,5)	Pedra britada nº 1 de basalto
Forma	Esférica	Índice de forma = 2,86
Dimensão máxima característica	14 ± 3 mm	19 mm
Massa unitária no estado seco e solto (Kg/dm ³)	0,672	1,44
Massa específica no estado seco (Kg/dm ³)	1,427	2,84
Absorção de Água (%)	> 10	1,3

Tabela 3 – Propriedades do concreto produzido com o composto e de um concreto convencional produzido com mesma relação cimento/areia e mesma relação água/cimento.

Propriedades	Concreto com CLC	Concreto Convencional	
Relação cimento:areia:ag.graúdo:água (kg)	1:2,5:0,67:0,6	1:2,5:3,7:0,6	1:3,7:4,3:0,76
Slump Test (mm)	70	65	55
Resistência à compressão axial (MPa)	11,448	37,225	25,567
Resistência à compressão diametral (MPa)	1,23	3,13	2,592
Módulo de elasticidade (GPa)	18,868	30,312	26,690
Módulo de deformação secante (GPa) (δ .máx)	11,514	17,155	8,978
Massa específica seca (kg/dm ³)	1,847	2,496	2,323
Absorção de água (%)	8,791	5,344	5,187
Índice de Vazios (%)	16,233	12,661	12,084

Analisando a superfície de ruptura do corpo de prova do concreto produzido com o composto (Figura 7) e o ângulo de ruptura quando o mesmo é rompido por compressão axial (Figura 8), constatou-se que o composto teve boa aderência à pasta do concreto e que o mesmo rompeu junto esta formando um ângulo esperado para este tipo de ensaio (aproximadamente ângulo de 45 graus normal à geratriz do cilindro).



Figura 7 – Visão da superfície de ruptura do corpo de prova do concreto produzido com o composto

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o agregado leve para concreto produzido a base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira é uma opção inovadora para substituição da pedra britada e produção de concretos de baixa resistência.



Figura 8 – Visão do ângulo de ruptura do corpo de prova do concreto produzido com o composto

A estabilização do lodo de estação de tratamento de água pela matriz de cimento e a manutenção das propriedades mecânicas do concreto ao longo do tempo estão sendo avaliadas através de ensaios em extratos solubilizados e lixiviados do concreto produzido com o composto. Estes ensaios estão sendo realizados com base nas normas brasileiras: NBR 10004 (Resíduos sólidos – Classificação), NBR 10005 (Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos) e NBR 10006 (Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos).

5 REFERÊNCIAS

AWWA, **An assessment of cropland application of water treatment residuals**. USA: AWWARF. 1995.

BIDONE, F.; SILVA, A. P.; MARQUES, D. M. Lodos Produzidos nas Estações de Tratamento de Água (ETAs): Desidratação em Leitos de Secagem e Codisposição em Aterros Sanitários. In: ANDREOLI, C. V. (coord.) **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. Rio de Janeiro: RIMA / ABES / PROSAB, 2001. cap. 9, p. 215-244.

BUTTLER, A. M.; FREITAS, A. A.; SALES, A.; CORDEIRO, J. S. Codisposição do lodo de ETAs em matrizes de cimento e reaproveitamento de resíduos da construção civil. In: VI SEMINÁRIO

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Anais...** São Paulo. IBRACON 2003. CT206 – Meio Ambiente.

CORDEIRO, J. S. Processamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs). In: ANDREOLI, C. V. (coord.) **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. Rio de Janeiro: RIMA / ABES / PROSAB, 2001. cap. 5, p. 121-142.

DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural**. Campinas/SP, 2004. Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

FONTES, P. J. P. **Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento de resíduos**. Curitiba, 1994. Dissertação de mestrado apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

JORNAL DIÁRIO DOS CAMPOS. **Resíduos de madeira vão se transformar em energia. Brasil tem grande potencial de geração de energia a partir de biomassa**. Caderno: Economia. Brasil, Curitiba, 26 de setembro 2004.

LENZI, E.; NOGAMI, E. M.; GALLI, D.; MORALES, M. M. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais** Joinville, Brasil. 2003. CD ROM.

MORITA, D. M.; SAMPAIO, A. O.; MIKI, N. K.; DAVID, A. C. Incorporação de lodos de estações de tratamento de água em blocos cerâmicos In: X ENCONTRO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Braga. 2002. **Anais...** Braga: X ENaSB 2002. CD ROM.

RAUPP-PEREIRA, F.; SILVA, L.; SEGADÃES, A. M.; HOTZA, D.; LABRINCHA, J. A. Potable water filtration sludge: Use as set retarder in one-coat plastering mortars. **Construction and Building Materials** 21. 2007. p. 646-653.

REALI, M. A. P. Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodo de ETAs. In: **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA**. Rio de Janeiro: ABES / PROSAB, 1999. p. 21-39.

RICHTER, C. A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2001.

SALES, A.; CORDEIRO, J. S. Imobilização da fase sólida de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. Rio de Janeiro: RIMA / ABES / PROSAB, 2001, cap. 10, p. 245-257.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; KÖNIG, F. G. O aproveitamento dos resíduos de serrarias no condicionamento de solos florestais. **Revista da Madeira** 83, ano 14, agosto de 2004.

SENGUPTA, A. K.; SHI, B. Selective alum recovery from clarifier sludge. **Journal, American Water Works Association**. Lancaster: Oct. 1992. v.64, n.10, p. 96-103.

SOUZA, F. R. DE; SALES, A.; CORDEIRO, J. S. Estudo da resistência à compressão e da absorção de água em concretos produzidos com a adição conjunta de resíduos de construção e demolição e lodos de estações de tratamento de água. **Ambiente Construído**. Porto Alegre. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Abril/junho 2004, v. 4, n. 2, p. 31-40.

TEIXEIRA, S. R. et al. Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas

propriedades de material cerâmico estrutural. **Cerâmica**. 52. 2006. p. 215-220.

6 AGRDECIMENTOS

Os autores agradecem ao MCT/CNPq, a CAPES, a FAPESP, a Estação de Tratamento de Água de São Carlos, o Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e o Laboratório de Materiais e Componentes do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.