

Estudos preliminares sobre estabilização/solidificação - e/s - de lodo de tratamento de lavanderia têxtil para reutilização como argamassa de construção: exame de caso para Maringá, Estado do Paraná

Carmen Lúcia da Rocha Pietrobon^{*1}, Michely Patrícia de Bitencourt¹, Marcelino Luís Gimenes¹, Rosângela Bergamasco¹, Jansen Colanzi¹ e Cláudio Emanuel Pietrobon²

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: carmen@deq.uem.br

RESUMO. As lavanderias e tinturarias industriais geram efluentes líquidos que, após tratamento por decantação da matéria em suspensão, produzem lodo. Esse resíduo tem composição química variada em virtude dos produtos usados no processo. Tal resíduo é considerado inadequado para a disposição, *in natura*, no meio ambiente, devendo ter como destinação final um aterro industrial. No caso em exame, não se dispõe desse tipo de aterro, e os resíduos são transportados por via rodoviária até cerca de 400km de distância, causando um forte impacto financeiro na produção de um emergente mercado local de indústria têxtil e de confecção. Este trabalho apresenta a caracterização físico-química do lodo proveniente de uma lavanderia industrial, para o estudo de sua disposição final, em processo de E/S, em pasta de cimento e em argamassa de cimento e areia normal. A adição de cimento portland - CPI 32 ou CP II Z - visa ao seu reaproveitamento em materiais de construção civil e objetiva minimizar os custos de disposição final deste resíduo. Nesta caracterização, analisaram-se: sedimentação, DQO, sólidos totais, fixos e voláteis no lodo, densidade, pH, e a presença de metais, sendo detectada a presença dos metais Fe, Mg, Al, Sn, Ca, Cr, Co, Cu, Mn e Zn. Corpos de prova de pasta e argamassa foram submetidos à análise de resistência à compressão e também testes de lixiviação na argamassa. Os resultados demonstraram que na pasta de cimento e lodo os valores de resistência mecânica, aos 28 dias, atingem valores maiores que 10 MPa. E, as argamassas com adição de teores de lodo menores que 25% em relação à massa de cimento, possuem valores de resistência mecânica maiores que 10 Mpa, aos 28 dias, o que permite sua utilização como material de construção civil secundário, sem função estrutural. Também de maneira geral, a lixiviação ocorrida nos corpos de prova de argamassa sem lodo incorporado foi da mesma ordem de grandeza daquela encontrada nos corpos de prova contendo lodo. Isso leva à conclusão de que a argamassa permite uma incorporação segura dos metais detectados no lodo de lavanderia. Estudos posteriores serão necessários para avaliar a influência de matéria orgânica na durabilidade do composto.

Palavras-chave: efluentes líquidos; lodo têxtil; E/S; reutilização; argamassas de construção.

ABSTRACT. Preliminary studies on mud stabilization / solidification, from textile laundry treatments, for re-utilization as building mortar. The laundries and industrial dry cleaner's generate liquid effluents that, after treatment for matter in suspension flocculation, produce sludge. This residue has varied chemical composition, due to the products used in the process. Such residue is considered inadequate for *in natura* disposition in the environment, and it should have, as final destination, an industrial landfill. In the studied case, such industrial landfill is not available and the residues are truck-driven for about 400 Km, causing a strong financial impact over the production of an emergent local textile industry market. This work presents the physical-chemical characterization of the sludge produced by an industrial laundry, studying its final disposition in the process of E/S addition in Portland cement, seeking its re-utilization in civil construction materials, to minimize this residue's final disposition costs. The analysis contemplated: COD total, fixed and volatile solids in the sludge, sludge density, pH and metals presence. The presence of the metals: Fe, Mg, Al, Sn, Ca, Cr, Co, Cu, Mn and Zn

was detected in the sludge. The incorporation of this sludge in mortar was studied as residue final destination. Samples of this mortar were submitted to compression resistance analysis. Results demonstrate that the mortar with sludge contents lower than 25% in relation to the cement mass, after 28 days, shows mechanical resistance values larger than 10 Mpa, being fit to be used as civil construction secondary material, without structural function. Posterior studies will be necessary to evaluate the organic matter influence in the composite's durability.

Key words: liquid effluents, textile sludge, E/S, reutilization, construction mortar.

Introdução

A reciclagem e a reutilização de resíduos provenientes de diferentes processos industriais como novos materiais para a construção civil têm sido cada vez mais desenvolvidas em diferentes linhas de pesquisa: reaproveitamento de cinzas (carvão, casca de arroz), da areia de fundição, lodos de estações de tratamentos, rejeito da produção do ácido fosfórico, entulhos da construção civil, rejeitos de minas de carvão, dentre outros, com uma abordagem voltada ao desempenho estrutural do novo produto, (Cavalcante Rocha e Cheriaf, 1996). A indústria têxtil exige atenção quanto aos seus efluentes, devido à variedade e à quantidade de corantes utilizados na etapa de tingimento. Em continuidade a alguns estudos exploratórios preliminares (Pietrobon *et al.*, 2001 e 2002), e com o objetivo de reaproveitar o lodo oriundo de indústrias têxteis, realizou-se no presente trabalho um encapsulamento, através de E/S, do lodo produzido numa lavanderia industrial na região de Maringá, Estado do Paraná. Incluem-se, neste estudo, a caracterização física e química do lodo têxtil, bem como uma avaliação do potencial de reciclagem desse resíduo, através da análise da resistência mecânica dos compósitos e da avaliação dos riscos de contaminação por metais pesados, efetuados por estudos de lixiviação.

Material e métodos

Caracterização física e química do lodo

Foram caracterizados os seguintes parâmetros no lodo: Sedimentação, DQO, sólidos totais, fixos e voláteis, de acordo com o procedimento adotado pelo Standard Methods (APHA, 1980). A análise de metais foi feita em Espectrofotômetro de Absorção Atômica. Previamente à leitura em espectro de absorção atômica, procedeu-se a digestão de uma amostra de lodo seco. A digestão de lodo seco foi feita com uma mistura de ácido nítrico e perclórico, produzindo uma solução, de acordo com Malvolta *et al.* (1980). Essa digestão se faz necessária para descomplexar todos os metais que possam estar presentes no lodo na forma de complexos e eliminar a matéria orgânica que eventualmente estiver presente. Após, foi testada a presença dos seguintes

metais: alumínio, ferro, cobalto, magnésio, cobre, zinco, sódio, cálcio, cromo e manganês. Determinaram-se a densidade do lodo pelo método do picnômetro, tal como sugerido por Prim (1998) e o pH do lodo bruto, através de um pHmetro digital *Digimed*.

E/S em pasta de cimento portland CPI 32

Como forma de análise preliminar da destinação final do lodo, ele foi incorporado em pasta de cimento, na forma de corpos de provas para testes específicos de resistência à compressão simples. Os corpos de prova foram moldados em moldes cilíndricos de 5x10 cm. Após a moldagem, as amostras foram deixadas ao ar para um tempo de cura inicial. Depois os corpos foram retirados dos moldes e imersos em água até a data do ensaio mecânico de compressão. As etapas desenvolvidas basearam-se no Método de Ensaio NBR-7215 da ABNT (1982). Corpos de provas de pasta de cimento foram feitos com vários teores de lodo. Para cada conjunto de seis corpos, foram utilizadas as quantidades de lodo e cimento portland CPI 32, apresentadas na Tabela 1. Em virtude de o lodo utilizado conter água, a quantidade de água utilizada para cada conjunto de corpos de prova foi a que fornecesse aos corpos um índice de consistência de 22 cm ± 2. Esse índice foi determinado por meio do ensaio do índice de consistência normal, baseado na norma técnica NBR-7215 (1982).

Tabela 1. Quantidade média de lodo e cimento CPI 32 em corpos de prova de pasta de cimento

Amostras (% de Lodo)	Cimento CPI 32 (g)	Lodo (g)
0% (branco)	415,0	0,0
10%	402,9	40,4
15%	401,1	40,2
20%	406,9	40,6

E/S em argamassa de cimento portland CP II Z e areia normal

Como forma de destinação definitiva do lodo, este foi incorporado em argamassa para construção civil na forma de corpos de prova também para testes de resistência à compressão simples. Os corpos de prova também foram moldados em moldes cilíndricos de 5x10 cm. Logo após a moldagem, as

amostras foram deixadas ao ar para um tempo de cura inicial. Em seguida, os corpos foram retirados dos moldes e imersos em água até a data do ensaio mecânico de compressão. As etapas desenvolvidas basearam-se no Método de Ensaio NBR-7215 da ABNT (1982). Os corpos de prova foram feitos com argamassa com vários teores de lodo, atingindo dosagens maiores do que na adição em pasta de cimento, mostradas da Tabela 1. Para cada conjunto de seis corpos, foram utilizadas as quantidades de lodo e cimento CII Z apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade média de lodo e cimento CII Z em corpos de prova de argamassa

Amostras (% de lodo)	Cimento CII Z (g)	Lodo (g)
0% (branco)	624,0	0,0
10%	561,6	62,4
20%	499,2	124,8
25%	468,0	156,0
30%	436,8	187,2

A areia utilizada em cada conjunto de corpos de prova foi na quantidade de 1.872,0 gramas, sendo igualmente distribuída nas frações grossa, média grossa, média fina e fina. Em virtude de o lodo utilizado conter água, a quantidade de água utilizada para cada conjunto de corpos de prova foi a que desse aos corpos um índice de consistência de 22 cm \pm 2. Esse índice foi determinado por meio do ensaio do índice de consistência normal baseado na norma técnica NBR-7215 (1982).

Lixiviação

Para se verificar o impacto ambiental provocado pela introdução do lodo como agregado em materiais de construção, estudou-se a lixiviação dos corpos de prova de argamassa, após os ensaios de resistência à compressão. A forma pela qual esses corpos sofreram a lixiviação seguiu as recomendações descritas pela norma NBR 10005 (1987) - lixiviação de resíduos. Os corpos de prova utilizados para a realização desse teste foram os corpos de prova já rompidos na fase do teste de resistência à compressão, que foram moídos até que passassem pela peneira de 9,5 mm como o proposto pela norma.

Os ensaios de lixiviação são utilizados para determinar ou avaliar a estabilidade química dos resíduos tratados, quando em contato com soluções aquosas que podem ser encontradas em um aterro, permitindo assim verificar o grau de imobilização dos contaminantes (Cetesb, 1985).

A análise dos metais foi realizada de forma semelhante à dos metais presentes no lodo, sendo analisados os mesmos metais. A diferença nessas

análises consistiu no método de abertura das amostras, que para o caso das amostras provenientes do lodo necessitavam de condições mais rigorosas para a descomplexação dos metais. A quantidade de amostras envolvidas nos experimentos de lixiviação foi o dobro daquelas envolvidas nos ensaios de resistência à compressão.

Para cada dois corpos de prova rompidos, fez-se quatro amostras de sólidos para o teste de lixiviação. A Figura 1 mostra o lixiviador utilizado nos experimentos.



Figura 1. Lixiviador utilizado nos experimentos

A Tabela 3 apresenta os valores limites exigidos pela norma NBR 10004 (1987), para os testes de lixiviação (NBR10005, 1987) e para os de solubilização (NBR10006, 1987), respectivamente. Os limites são na realidade utilizados para a classificação de resíduos.

Quando excedido o limite de concentração no extrato da lixiviação, o resíduo é classificado como *resíduo perigoso*, e quando não excedido o limite de solubilização, o resíduo é classificado como *resíduo inerte*.

Tabela 3. Limite máximo de metal permitido nos testes de lixiviação e solubilização

Elemento	Lixiviação (mg/L)	Solubilização (mg/L)
Zinco	*	5
Cobre	*	1
Cobalto	*	*
Cromo total	5	0,05
Ferro	*	0,3
Alumínio	*	0,2
Manganês	*	0,1
Magnésio	*	*
Cálcio	*	*
Sódio	*	200

* Sem limite apresentado nas normas

Resultados e discussão

Análise da sedimentação e detecção de metais

Com o teste de sedimentação, obteve-se a curva da Figura 2.

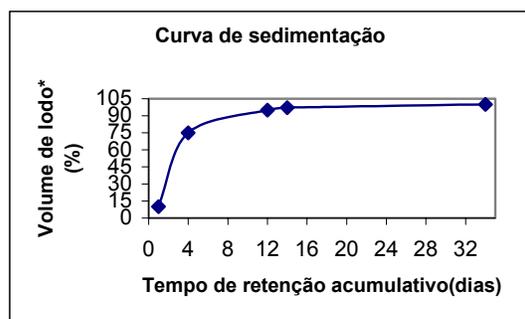


Figura 2. Tempo de retenção acumulativo em função do volume de lodo

Pela análise da curva da Figura 2, notou-se que em 12 dias haviam se formado 95% de material sólido, e em 14 dias não houve alteração dos resultados. Após um mês de sedimentação, obteve-se a totalidade (100%) desses materiais sólidos. Para que o lodo fique com o mínimo possível de água, ele deverá permanecer pelo menos 12 dias no decantador (ou leito de secagem).

Tabela 4. Caracterização do lodo

Amostras	Densidade (g/cm ³)	Cor (PtCo)	Turbidez (FAU)	Umidade (%)	DQO (mg/L)
I	1,0162	92000	28000	---	13380
II	1,0278	140000	64600	92,60	45900
III	1,0211	176000	50500	93,10	20827

As amostras I, II, III foram coletadas com intervalos de 30 dias entre uma e outra. Observando-se os valores numéricos da Tabela 4, nota-se que eles estão fora dos padrões estimados pelo IAP - Instituto Ambiental do Paraná. Por isso, esse tipo de lodo não pode ser lançado *in natura* no meio ambiente. Não pode ser destinado a aterros sanitários comuns. Somente pode ser depositado em aterros industriais.

Pela Tabela 5, para fins comparativos, fez-se a abertura por calcinação, a fim de verificar se alguns metais ainda estavam retidos na amostra. Entretanto, esse método ainda está sendo investigado, pois alguns elementos desapareceram, e outros diminuiram consideravelmente sua concentração. Essa redução ocorre devido à volatilidade desses elementos, pois se trabalhou com temperaturas elevadas. Notou-se que os compostos que apresentaram concentrações acima de 100,0 mg/L foram: Fe, Mg, Al, Si, Ca, Na e Sn. O tratamento do efluente justifica a alta concentração do alumínio, pois para o processo de floculação é utilizado o sulfato de alumínio. Os outros compostos podem apresentar essas concentrações devido aos produtos utilizados na lavagem e aos corantes do processo de tingimento.

Tabela 5. Abertura nítrico-perclórica para amostras de lodo coletadas com intervalo de 30 dias

Elementos Químicos	Concentrações (mg/L)			
	Digestão Amostra I	Digestão Amostra II	Calcinação Amostra I	Calcinação Amostra II
Co	1,97	4,90	6,10	6,25
Cu	35,25	39,67	29,35	21,05
Mn	8,47	11,75	3,60	0,00
Zn	64,00	48,00	31,05	22,95
Fe	1224,25	1227,00	469,25	269,40
Mg	119,25	119,75	67,50	30,00
Al	39825,00	37025,00	33150,00	27100,00
Cr	51,25	55,75	21,00	21,50
Si	122,50	162,50	0,00	0,00
Ca	135,60	150,67	195,50	181,20
Na	1236,25	793,75	722,50	477,50
Sn	142,50	145,00	140,00	145,00

A Tabela 6 apresenta a concentração de metais presentes na amostra de lodo solubilizado. Percebe-se uma quantidade expressiva de alumínio, a qual pode ser atribuída, em especial, ao sulfato de alumínio (Al₂(SO₄)₃), utilizado como agente floculante. Os demais metais encontrados, certamente, provêm dos corantes e aditivos utilizados nos processos de tingimento e lavagem.

Tabela 6. Concentração de metais no lodo solubilizado

Elemento Químico	Concentração (mg/L)
Na	26,23
Al	999,37
Mg	6,54
Ca	4,11
Cr	0,66
Co	0,13
Cu	1,091
Fe	20,55
Zn	2,68
Mn	0,11

Análise de sulfetos, DQO, Sólidos, pH e densidade

O lodo apresentou características físico-químicas que estão demonstradas na Tabela 7.

Observa-se na Tabela 7 que a quantidade de sólidos voláteis é um pouco superior à de sólidos fixos, indicando, portanto, que o material não deve ser utilizado em aplicações em meio a altas temperaturas. O potencial hidrogeniônico (pH) encontrado para o lodo bruto foi de 5,14. Esse valor é atribuído à mistura de componentes utilizados nos processos de tingimento e lavagem, que geram o efluente.

Tabela 7. Características físicas e químicas do lodo

Características	Valor
Sólidos Totais	24600 mg/L
Sólidos Fixos	12000 mg/L
Sólidos Voláteis	12600 mg/L
PH	5,14
DQO	23730 mg O ₂ /L
Densidade	1,22 g/cm ³

Resistência à compressão

Pasta de cimento portland CP I 32 e lodo

Os testes de resistência à compressão foram realizados de acordo com a norma NBR 7215 (1982). A Tabela 8 mostra o efeito causado pela adição de lodo na resistência à compressão de corpos de pasta incorporados com baixos teores de lodo, usando um processo de cura ao ar de 24 horas.

Tabela 8. Resistência média à compressão dos corpos de prova de pasta de cimento CP I 32 e lodo

Amostra (% de lodo)	7º dia (MPa)	14º dia (MPa)	28º dia (MPa)
0% (branco)	59,15	62,16	53,03
10%	51,99	52,92	49,67
15%	48,92	53,27	52,82
20%	49,87	56,04	54,66

A principal causa da variação da resistência dos corpos de prova com a variação do teor de lodo deve-se ao teor de matéria orgânica presente no lodo, como demonstram os dados da Tabela 4. Os resultados apresentados na Tabela 8 apresentam altos valores de resistência, em que pese haver uma certa aleatoriedade no comportamento da resistência, em função da dosagem de lodo na pasta de cimento.

Argamassa de cimento portland CII Z, areia normal e lodo

Complementarmente, para estabelecer a influência da dosagem entre lodo e cimento, na resistência mecânica, os testes de resistência à compressão foram realizados de acordo com a norma NBR 7215 (1982). A Tabela 9 mostra o efeito causado pela adição de lodo na resistência à compressão de corpos de argamassa incorporados com baixos teores de lodo, usando um processo de cura ao ar de 24 horas. Quando os corpos de prova citados na Tabela 9 foram desmoldados, eles apresentaram um aspecto úmido. Assim, decidiu-se utilizar para os demais corpos de prova um maior tempo de cura ao ar (72 horas). Os resultados dos corpos de prova com maior teor de lodo estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 9. Resistência média à compressão dos corpos de prova argamassa e lodo

Amostra (% de lodo)	3º dia (MPa)	7º dia (MPa)	28º dia (MPa)
0% (branco)	17,43	23,57	26,41
10%	10,64	14,98	17,18
20%	3,49	2,69	10,68

Uma comparação direta dos dados apresentados nas Tabelas 9 e 10 demonstra que a incorporação do lodo na argamassa diminui a resistência do material. Entretanto, verifica-se que, usando um tempo de cura ao ar maior, a resistência é aumentada no 7º dia,

quando se comparam corpos de prova com 20% e 25% de lodo, respectivamente.

Tabela 10. Resistência média à compressão dos corpos de prova argamassa e lodo

Amostra (% de lodo)	3º dia (MPa)	7º dia (MPa)	28º dia (MPa)
0% (branco)	-	21,11	28,20
25%	-	6,97	10,48
30%	-	0,22	0,44

A principal causa da diminuição da resistência dos corpos de prova com o aumento do teor de lodo deve-se ao teor de matéria orgânica presente no lodo, como demonstram os dados da Tabela 4. Mesmo que as resistências dos corpos de prova diminuam com a adição do lodo, esses materiais ainda possuem aplicações na construção civil, em situações de menor exigência de resistência. Exemplificando, para o bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural, a resistência média requerida é 2,5 MPa, enquanto para o material de alvenaria estrutural a resistência requerida é de 4,5 a 16,0 MPa. Segundo os dados expostos nas Tabelas 9 e 10, para 28 dias, apenas os corpos de argamassa com 30% de lodo não podem ter alguma dessas funções.

Lixiviação

Apresentam-se apenas os resultados de lixiviação dos metais ferro e alumínio presentes na argamassa. O elemento cálcio, mesmo sendo abundante, não foi analisado por ser o principal elemento constituinte do cimento. Para os demais elementos, existentes em proporções menores, os resultados podem não ser representativos, devido à sensibilidade do equipamento e à técnica de análise não ser suficiente, em virtude de maiores incertezas nas determinações de concentração. As Tabelas 11 e 12 mostram esses resultados para o ferro e para alumínio, que são os metais mais abundantes no lodo. Para se obter esse resultado, primeiramente faz-se a diferença entre a concentração dos corpos com lodo incorporado e os brancos (sem adição de lodo) de mesma idade. Analisaram-se todos os corpos de prova. Para os resultados da lixiviação dos corpos de prova que não são apresentados nas Tabelas 11 e 12, não existiu diferença em relação aos seus respectivos brancos, caracterizando-se similares à argamassa pura.

Tabela 11. Percentagem de ferro lixiviada na argamassa

Ferro lixiviado	
Corpos de Prova (% de lodo)	% Lixiviada
0% (branco)	0,000
25% 28 dias	1,630
10% 3 dias	0,750
10% 7 dias	0,900
20% 7 dias	2,850

Pela Tabela 11, nota-se que foram poucos os corpos de prova que tiveram o metal ferro lixiviado, e, mesmo para eles a lixiviação não chegou a 6% da quantidade de ferro incorporada.

Tabela 12. Percentagem de alumínio lixiviado na argamassa

Alumínio lixiviado	
Corpos de Prova (% de lodo)	% Lixiviada
0% (branco)	0,000
25% 3 dias	0,002
10% 3 dias	0,210
10% 7 dias	2,810
10% 28 dias	0,050
20% 3 dias	0,040
20% 7 dias	1,170
20% 28 dias	0,050

Pela Tabela 12, nota-se que foram poucos os corpos de prova que tiveram metais de alumínio lixiviados, e que a quantidade lixiviada é inferior a 3% da quantidade de alumínio incorporada nos corpos de prova, mostrando, dessa forma, que praticamente todo esse elemento fica retido na matriz sólida, que era o objetivo do enclausuramento.

Conclusão

O lodo analisado apresenta uma composição química variada devido aos produtos utilizados nos processos de tingimento e lavagem. Os Resultados de ensaios de resistência à compressão demonstraram que a incorporação do lodo diminui a resistência da argamassa, devido à presença da matéria orgânica existente nele. Os resultados de ensaios de resistência mecânica da pasta de lodo/cimento e os resultados à compressão das argamassas produzidas com teores de lodo até 25% (base cimento + lodo) apresentaram resistências suficientes para esses materiais serem utilizados como material secundário na construção civil, sem função estrutural. No estudo do material incorporado, a resistência à compressão não é o único fator que deve ser verificado para a sua possível utilização, sendo necessário analisar os materiais quanto ao impacto ambiental, causado pela lixiviação. O teste de lixiviação serviu para mostrar a capacidade da argamassa em reter contaminantes, do tipo metais, por meio da técnica de solidificação e estabilização usada. De maneira geral, a lixiviação ocorrida nos corpos de prova sem lodo incorporado (branco) é da mesma ordem de grandeza daquela encontrada nos corpos de prova contendo lodo. Isso leva a conclusão de que a argamassa permite uma incorporação segura dos metais detectados no lodo da lavanderia têxtil industrial, objeto deste estudo. Testes complementares de lixiviação e estudos acerca da microbiologia e da influência da matéria orgânica serão efetuados nos materiais com lodo incorporado.

É ainda necessário verificar como evolui a reologia com a variação da quantidade de matéria orgânica - presente no lodo têxtil, em termos de durabilidade com a evolução das idades.

Referências

- APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1980. *Standard methods for the examination for water and wastewater*. 15. ed. Washington, DC. APHA, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro: ABNT, *Norma técnica*. NBR-7215: Cimento Portland - Determinação de Resistência à Compressão, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro: ABNT, *Norma técnica*. NBR-10004: *Classificação de Resíduos Sólidos*, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro: ABNT, *Norma técnica*. NBR-10005: *Lixiviação de Resíduos*, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro: ABNT, *Norma técnica*. NBR-10006: *Solubilização de Resíduos*, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro: ABNT, *Norma técnica*. NBR-10007: *Amostragem de Resíduos*, 1987.
- CAVALCANTE, R.J.; CHERIAF, M. Ensaios de avaliação para controle de materiais com resíduos incorporados em 1996. *In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL*, 1996, São Paulo. *Artigos técnicos...* São Paulo: Epusp, 1996.
- CETESB. *Resíduos Sólidos Industriais*. São Paulo: ASCETESB. Série Atas da Cetesb, v.1, p. 32-43, 1985.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios aplicação*. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.
- PIETROBON, C. L. da R. et al. Caracterização Físico-química de Lodo Têxtil para Reaproveitamento como Material de Construção. *In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA*, 2001. Maringá. *Artigos técnicos...* Maringá: DEC: UEM. 2001. p.278 - 283.
- PIETROBON, C.L. da R. et al. Caracterização Físico-química de Lodo Gerado no Processo de Tratamento de Efluentes Líquidos de uma Lavanderia Têxtil para Reaproveitamento como Material de Construção Civil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2002. Foz do Iguaçu. *Comunicações técnicas*. Foz do Iguaçu: ANTAC. 2002. p.260.
- PRIM, E.C.C. *Reaproveitamento de lodo e da cinza pesada na construção civil: aspectos tecnológicos e ambientais*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

Received on September 12, 2002.

Accepted on November 18, 2002.