

II-165 – INCORPORAÇÃO DO LODO GERADO EM UMA INDÚSTRIA NA FABRICAÇÃO DO CONCRETO

Fernando Ernesto Ucker⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pelo Centro Universitário Franciscano – UNIFRA. Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás – UFG.

Lidiane Bittencourt Barroso

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFSM). Doutoranda em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFSM). Professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM).

Maria Isabel Pimenta Lopes

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Diplome D'etude Approfondies Mecanique Structures - Universite de Poitiers e doutora em Genie Mecanique Et Productique - Universite de Tours. Professora Adjunta do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA).

Endereço⁽¹⁾: Rua 6A, nº 180, apto 1104 – Setor Jardim Goiás – Goiânia – GO - CEP: 74805-348 - Brasil - Tel: (62) 8488-7849 - e-mail: ferucker@gmail.com

RESUMO

Objetivando colaborar com melhorias no setor ambiental e na diminuição dos impactos gerados pelas indústrias, este trabalho tem como meta analisar a resistência à compressão em argamassa obtida com substituição de fração de areia por percentuais de lodo gerado nos decantadores de uma concreteira. Este resíduo, após seco e peneirado, foi incorporado na argamassa, substituindo-se a parte mais fina da areia por porcentagens de 10%, 25% e 50% e sendo moldados os corpos-de-prova. Os corpos-de-prova numerados e medidos foram rompidos aos 7, 14 e 28 dias. Aos 7 dias de cura, as resistências à compressão encontradas foram de 19,63, 18,89 e 15,56 MPa para 10%, 25% e 50% de lodo incorporado, respectivamente. Já aos 14 dias de cura, as resistências encontradas mostraram 22,76 MPa para a adição de 10% de lodo, 23,04 MPa para a adição de 25% e 16,09 para uma adição de 50%. Para a cura final, obtida aos 28 dias, a resistência encontrada foi de 29,03 MPa para 10%, 22,56 MPa para 25% e 18,48 MPa para 50% de lodo incorporado na argamassa. Comparando-se os valores encontrados pela adição do lodo gerado nos decantadores da concreteira com os valores do traço de referência, verifica-se um declínio na resistência à compressão de 23,4% para a adição de 10% de lodo aos 28 dias. Para as adições de 25% e 50%, houve um declínio de 40,5% e 51,2% respectivamente. Os resultados obtidos são preliminares ainda assim podem contribuir para que a concreteira, venha incorporar este lodo na fabricação de meios-fios ou elementos sem função estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, Lodo, Concreto.

INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o homem precisou das rochas, utilizada inicialmente apenas como abrigo, mais tarde como arma, e ferramenta. Atualmente, mesmo com toda a tecnologia já conhecida, há dependência dos recursos minerais. Mas o uso contínuo destes recursos traz problemas sérios que, juntamente com o desmatamento das florestas, à poluição das águas dos rios e mares e à emissão excessiva de gases poluentes, torna-se um grave problema ambiental.

O crescimento populacional desenfreado faz com que o ambiente sofra constantes transformações. Estas transformações geralmente se dão por meio de grandes impactos ambientais, como por exemplo, assoreamento e poluição de rios, além do desmatamento de grandes áreas, gerando como conseqüências a diminuição da qualidade ambiental.

Surgindo como suporte ao crescimento da população, a construção civil atua direta e indiretamente no meio ambiente, gerando impactos positivos e principalmente negativos. Segundo Dias (2009), a retirada dos recursos naturais para a incorporação na matéria prima principal da construção civil, o concreto, chega a 50% em todo o mundo, sendo assim um resultado que necessita de grande estudo para a diminuição dos impactos gerados.

O impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas e a biota e a qualidade dos recursos ambientais. Esta definição exclui o aspecto significância, já que considera como impacto ambiental *qualquer alteração*, independente de ser ou não significativa (SPADOTTO, 2002).

Acompanhando o crescimento desordenado da população mundial, a indústria de concreto age intensamente no mercado, fornecendo o material necessário para a fabricação de novas moradias. Porém, para a fabricação e uso do concreto, alguns impactos ambientais ocorrem como a geração de materiais particulados, resíduos e de efluentes provenientes da lavagem dos caminhões responsáveis pelo transporte do concreto.

Embora a atividade industrial do município seja de baixa intensidade, Santa Maria - RS possui uma indústria da construção civil bastante ativa, principalmente pela demanda de novas moradias para acomodar as pessoas que vem para ocupar cargos federais e vagas no ensino médio e superior.

Atualmente, na busca de maior eficiência e menor geração de resíduos, tem-se introduzido o conceito de tecnologias limpas que devem, de acordo com o Boletim da Fundação Vanzolini (2000), reunir as seguintes características: utilizar compostos não agressivos e de baixo custo, exigir menor consumo de reagentes, produzindo pouco ou nenhum resíduo e permitir controle mais simples e eficiente de sua eliminação. E ainda, Fontenele, Guimarães e Sabiá (2006) definem como um dos princípios da tecnologia limpa, o emprego de técnicas de reutilização, reciclagem e reaproveitamento de materiais.

Schenini et al. (2005) afirmam que, a produção mais limpa faz parte das novas estratégias de administração industrial, pois, conforme ressalta, grandes esforços e estratégias são empregadas para o seu alcance.

As empresas ecologicamente corretas, dentre seus objetivos, buscam a preservação e sustentabilidade ambiental. Isto tem levado os gestores a repensar processos. Martins e Laugeni (2006) alertam que a gestão ambiental torna mais complexa a administração dessas empresas, pois todo processo de geração de resíduos e emissões para a atmosfera deve ser minimizado e que todo tipo de resíduo e subprodutos sejam eliminados, preferencialmente, já na fase do projeto.

A destinação final inadequada dos resíduos gerados pelas indústrias, residências, hospitais e demais, causa uma séria preocupação ambiental. Os impactos decorrentes podem ser evidenciados pela poluição dos recursos hídricos, da atmosfera, do solo, além da geração de problemas ambientais e sócio-econômicos. Assim, percebe-se uma necessidade da adoção de medidas para amenizar os impactos ambientais, desde a redução na produção de resíduos até o destino final (GODOY et al, 2008).

Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento de descarte de rejeitos sólidos, bem como problemas advindos da exaustão de matérias-primas, e isto vêm impulsionando os estudos sobre aproveitamento de resíduos industriais como novos materiais, reduzindo o impacto ambiental e viabilizando a redução de custos industriais. No caso de materiais à base de cimento, o uso de resíduos não envolve apenas questões ambientais e econômicas, mas também resulta em melhorias de certas propriedades.

O objetivo deste trabalho foi analisar a resistência à compressão de corpos-de-prova de argamassa com a incorporação na fração areia de percentuais do lodo gerado nos decantadores de uma concreteira no município de Santa Maria – RS. O projeto executivo e financeiro não fez parte do escopo deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho desenvolveu-se no município de Santa Maria-RS, com base em visitas técnicas na Indústria Supertex Soluções em Concreto Ltda (figura 1). Para a análise da resistência à compressão da argamassa, o lodo coletado foi encaminhado para ensaios no Laboratório de Concreto do Centro Universitário Franciscano - UNIFRA, localizado na Rua Silva Jardim, nº 1323, Bairro Centro.



Figura 1 – Vista aérea da Indústria Supertex Soluções em Concreto Ltda (Google Maps, 2011).

O lodo utilizado para este trabalho é proveniente dos decantadores em operação na indústria estudada. Estes decantadores possuem a função de reter grande parte dos sólidos que são incorporados à água quando ocorre a lavagem dos caminhões betoneira. Para saber se o lodo possui resistência para integrar o concreto como material alternativo foi necessário a incorporação deste em corpos-de-prova (CP) de argamassa, a fim de ser determinada a resistência à compressão do mesmo.

Para a realização do experimento, foram necessários os seguintes materiais, de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996): Areia de diferentes granulometrias; cimento; água; balança digital; misturador mecânico; molde; soquete e prensa hidráulica.

O lodo foi removido dos decantadores com a ajuda de pás, transportado em sacos até o Laboratório de Engenharia Ambiental – UNIFRA, onde foi primeiramente seco ao ar. Após 24 horas de secagem foi constatado que este possuía ainda umidade presente, ficando em estufa a 105°C por mais 24 horas.

Após a perda total da umidade, o lodo foi peneirado por meio de um peneirador mecanizado, foram selecionadas as peneiras nº 16, 30, 50, 100 e fundo, conforme a figura 2.

Para a realização deste trabalho foram escolhidos três tipos de mistura, uma mistura mínima, de 10% de incorporação de lodo na fração de areia, uma mistura média, com a incorporação de 25% de lodo, e uma mistura máxima de 50% de incorporação de lodo na fração de areia.



Figura 2 - Peneirador Mecanizado.

Para a determinação da resistência à compressão foram pesados (figura 3.a) três tipos diferentes de areia, todos com a quantidade de 468g e 624g de cimento Portland. O cimento é hidratado com 300 mL de água no misturador mecânico, seguindo a orientação da NBR 7215 (ABNT, 1996). A norma fornece a quantidade de materiais necessários para a argamassa de referência, de acordo com a tabela 1:

Tabela 1 – Quantidade de materiais necessários para a argamassa de referência.

Material	Massa para a mistura (g)
Cimento Portland	624 ± 0,4
Água	300 ± 0,2
Areia Normal	
Fração grossa	468 ± 0,3
Fração média grossa	468 ± 0,3
Fração média final	468 ± 0,3
Fração fina	468 ± 0,3

O misturador mecânico (figura 3.b) mistura em velocidade baixa e após 30 segundos inicia-se a adição das frações de areia. Ao marcar 1 minuto, a velocidade do misturador altera-se para alta, ficando assim por 1 minuto e 30 segundos.



Figura 3 - (a) Balança digital, modelo BG 2000; (b) Misturador planetário, modelo E094X.

A argamassa obtida desta mistura adiciona-se em corpos-de-prova de formato cilíndrico em metal com 10,00 cm de altura e 5,00 cm de diâmetro, sendo a base rosqueada. As formas tiveram suas superfícies internas untadas com uma fina camada de óleo, para facilitar a retirada dos corpos-de-prova.

A distribuição da argamassa (figura 4) é feita imediatamente após a mistura, com o auxílio de uma espátula, coloca-se porções de argamassa em quatro camadas de altura aproximadamente iguais, seguida por trinta golpes uniformes com um soquete manual. Depois de preenchidos os corpos-de-prova, sua base superior é emparelhada com uma espátula, de maneira que as bases sejam paralelas. A cura dos corpos-de-prova foi realizada em períodos de 7, 14 e 28 dias, sendo que a cura inicial (24 horas) foi feita ao ar, após desforma, os CP permaneceram o restante dos dias de cura na câmara úmida.



Figura 4 – Corpos-de-prova moldados.

Conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996), a fim de corrigir as imperfeições das superfícies dos corpos-de-prova, estes foram capeados com mistura de enxofre a quente. Os corpos-de-prova foram rompidos em uma prensa hidráulica (figura 5).



Figura 5 – Corpo-de-prova sendo rompido na prensa hidráulica, Pavitest Servi.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria do lodo, após a secagem e peneiramento variou de 0,3 mm a menores que 0,15 mm, de acordo com a tabela 2. Com este resultado, foi possível classificar os sólidos presentes no lodo como muito fino por se tratar de material retido em grande parte na peneira número 100 e até passante desta.

Tabela 2 – Porcentagem retida de lodo em cada peneira.

Peneiras		Determinação
Nº	Mm	% retida
4	4,8	0
8	2,4	0
16	1,2	0
30	0,6	0
50	0,3	5,9%
100	0,15	77,3%
Fundo	< 0,15	16,8%

Os corpos-de-prova foram moldados, numerados, medidos, capeados e rompidos com idade de 7, 14 e 28 dias, obtendo-se os resultados de resistência à compressão média apresentada na figura 6. Os corpos-de-prova de argamassa com 10% de lodo incorporado na fração fina da areia obteve para o sétimo dia 19,58 MPa, para o décimo quarto dia 22,76 MPa, e para o vigésimo oitavo dia 29,03 MPa. Enquanto que os CP contendo 25% de lodo incorporado apresentou para o 7º dia 18,89 MPa, 23,04 MPa para o 14º dia, e 22,56 MPa para o 28º dia. Por último, os CP contendo 50% de adição de lodo na argamassa resultou em 15,56 MPa ao 7º dia, 16,09 MPa no 14º dia, e 18,48 MPa no 28º dia.

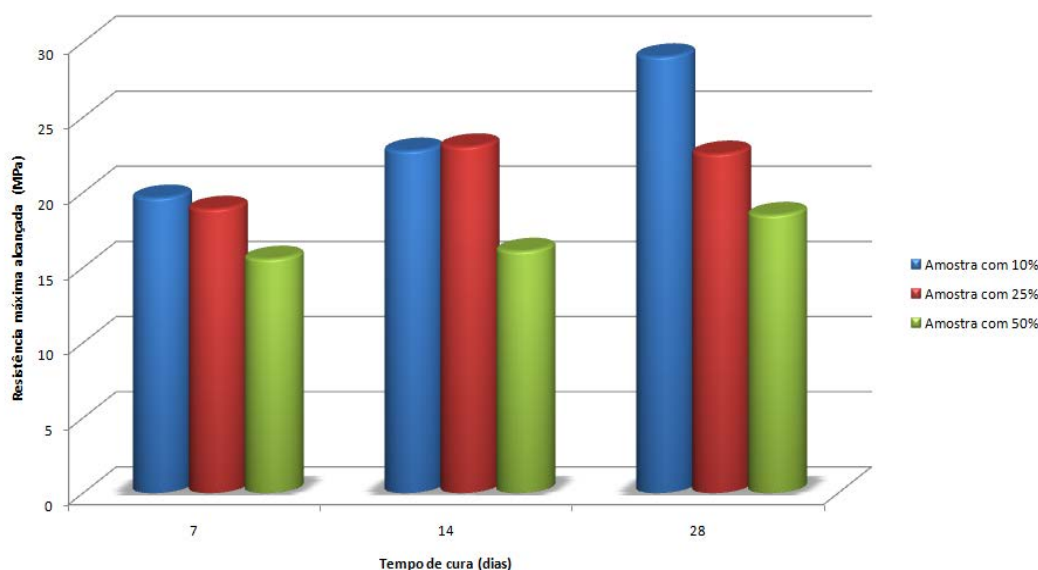


Figura 6 – Tensão em MPa dos corpos-de-prova.

Washington (2009) encontrou resistências médias de 17,7 MPa aos 28 dias com 10% de substituição de areia por resíduo de mármore, utilizado na fabricação de lajotas. No presente trabalho com 10% de substituição do lodo gerado nos decantadores obteve-se uma resistência de 29,03 MPa. Por comparação o lodo incorporado na argamassa poderia ser utilizado na fabricação de lajotas.

Segundo Godoy et al (2008) utilizando sucata de vidro na fabricação de argamassa, com substituição de 25% da areia pela sucata de vidro encontrou-se resistência aos 7 dias de 20,42 e aos 28 dias de 30,19 MPa. Os autores relatam ainda sobre os traços de referência, com 22,84 Mpa aos 7 dias e 31,96 Mpa aos 28 dias. O lodo gerado a partir dos decantadores, com 25% de substituição alcançou uma resistência de 18,89 Mpa ao 7º dia, e

resistência final no 28º dia de 22,56 MPa, portanto resultados inferiores tanto ao traço de referência como ao traço de argamassa com a adição de sucata de vidro.

Enquanto Gomes e Silva (2006) relatam sobre as especificações do cimento CP IV-32, na qual a resistência à compressão para a idade de 7 dias deve ser maior do que 20,00 Mpa, e aos 28 dias maior ou igual a 32,00 MPa.

É importante salientar que a resistência mínima exigida no caso de concreto estrutural é um valor acima de 15 MPa. Já para pavimentação de circulação de pedestres e veículos leves a resistência deverá ficar com um valor acima de 7,5 MPa (PAREJA et al, 2008). Portanto, os valores encontrados com a incorporação do lodo na argamassa mostram uma boa resistência já na fase inicial de cura, e podem ser utilizados para concreto em locais que exijam pouca resistência.

Os resultados comprovam que a incorporação de apenas 10% do lodo gerado nos decantadores da Indústria pode gerar uma alta resistência inicial. Ao sétimo dia de cura, esta porcentagem igualou o que as outras duas porcentagens (25 e 50%) obtiveram ao final de 28 dias, suportando então ao final de 28 dias uma tensão e carga máxima na prensa muito superior.

De acordo com a Secretaria dos Transportes de São Paulo – SP (2010), o concreto empregado na moldagem dos meios-fios, sarjetas e sarjetões devem possuir resistência mínima de 20 MPa no ensaio de compressão simples, aos 28 dias de idade. Já a fabricação de lastros de concreto exige no mínimo uma resistência de 15 MPa.

A figura 7 mostra o ensaio realizado para o rompimento do corpo-de-prova, expresso em Carga (Kgf) versus Tempo (segundo), onde uma linha mostra a carga que está sendo aplicada sobre o corpo-de-prova.

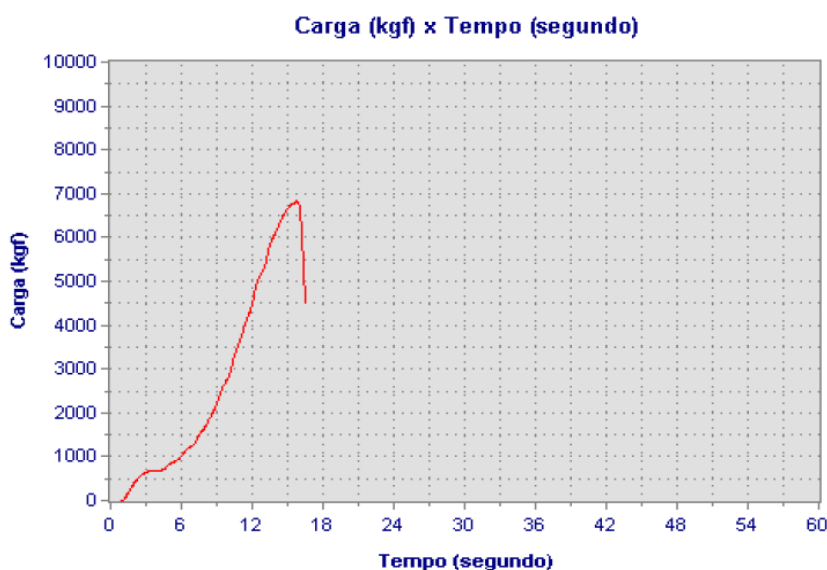


Figura 7 – Ensaio realizado em corpo-de-prova de argamassa com 10% de lodo aos 28 dias.

CONCLUSÕES

A incorporação do lodo gerado na indústria pode significar a redução de um impacto ambiental, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável, onde não será desperdiçado nenhum material gerado.

A resistência atingida no 28º dia pelo corpo-de-prova com 10% de lodo incorporado, 29,03 MPa, mostra-se um ótimo resultado para a sua adição em lastros de concreto, e pode ainda ser incorporado em meios-fios, sarjetas e até em ruas e estradas que exijam maior controle de resistência. Embora com resistência final atingida menor, os valores obtidos para os corpos-de-prova com 25% (21,51 Mpa) e 50% (17,78 Mpa) de adição de lodo são valores preliminares satisfatórios.

Para a aplicação do concreto com o lodo em ruas e estradas com solicitações de veículos comerciais e de linha é necessária uma resistência mínima a compressão de 35 MPa, estabelecidos pela norma NBR 9780 (ABNT, 1987). A fim de resultados mais prolongados, fazem-se necessários novos estudos, com tempo de cura maior, e com diferentes porcentagens de adição do lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.
2. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1987.
3. DIAS, J.F. **A construção civil e o meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.feciv.ufu.br/palestras/Palestra3.pdf>>. Acesso em 13/09/2010.
4. FONTENELE, S. B.; GUIMARÃES, J. L. S.; SABIÁ, J. R. Legislação ambiental versus tecnologia limpa: uma reflexão junto ao setor industrial do Triângulo Crajubar – CE. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, XXVI, 2006, **Anais...** Fortaleza CE. Disponível em <<http://www.abepro.org.br>> Acesso em 15/09/2010.
5. FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Produção e Tecnologias Limpas**. Boletim Fundação Vanzolini. Ano IX. Número 42. Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da USP, 2000.
6. GODOY, J. et al. **Utilização de sucata de vidro na fabricação de argamassa**. XII Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão, SEPE – 2008, UNIFRA, Santa Maria – RS.
7. GOMES, A. O.; SILVA, V. S. **Caderno de Aulas Práticas (ENG-101 Materiais de Construção II)**. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. DCTM. Salvador, 2006.
8. GOOGLE MAPS. **Endereço: BR 392 Km 3,5 nº 4401, Bairro Minuano, Santa Maria - RS**. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>> Acesso em: 09/05/2011.
9. MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. Editora Saraiva. 2ª edição, São Paulo SP, 2006.
10. PAREJA, J. A. M. et al. **Substituição da areia por polietileno de alta densidade (PEAD) na produção de concreto**. Vi Simpósio de Engenharia Ambiental, 2008, Serra Negra - SP.
11. SCHENINI, P. C.; SILVA, A.; SILVA, F. A.; RENSI, F. **Gestão da produção mais limpa: um estudo de caso**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2005, Bauru. Anais ... Bauru: UNESP, 2005. p. 1-12. Disponível em: <<http://www.simpep.feb.unesp.br>>. Acesso em 18/09/2010.
12. Secretaria dos Transportes de São Paulo – SP. **Resistência do concreto a compressões**. Disponível em: <<http://www.transportes.sp.gov.br/v20/default.asp>>. Acesso em 18/09/2010.
13. SPADOTTO, C.A. **Classificação de impactos ambientais**. Comitê de Meio Ambiente. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas/download/classif.pdf>>. Acesso em 10/09/2010.
14. WASHINGTON, A. M. **Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção para piso**. Disponível em: <http://residuosindustriais1.locaweb.com.br/arquivos/Artigos/utilizacao_do_residuo_de_corte_de_marmor_e.pdf> Acesso em 12/09/2010.