

REUTILIZAÇÃO DE LODO TÊXTIL NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E ESTRUTURAL

P. A. Rodrigues, M. E. D. Altidis, C. R. S. Morais, L. M.S. Pereira

Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, CEP 58109-900, Campina
Grande – PB
E-mail: pablor_engenheiro@hotmail.com
crislene@dema.ufcg.edu.br

RESUMO

A preocupação com resíduos industriais tem aumentado, devido o impacto sócio-ambiental que tem causado a humanidade. Uma alternativa de utilização dos resíduos de indústrias têxteis (lodo), tem sido sua reutilização em compósitos na construção civil, visando minorar os impactos causados por esses rejeitos. O objetivo deste trabalho é o estudo mecânico e estrutural de concretos com incorporação de lodo têxtil. Foram confeccionados corpos de provas para os traços 1:3 e 1:4 com teores de substituição de 3%, 5% e 7% e cura de 7 e 28 dias. Foram avaliados o comportamento mecânico e a microestrutura dos concretos. A massa unitária da mistura (agregados) que favorece maior compactação na massa de concreto foi de 52,5% de areia e 47,5% de brita. O índice de vazios, e a absorção de água aumentou com o aumento do traço e percentual de lodo. A resistência a compressão simples atingiu valores de 30MPa, e a densidade diminuiu com o aumento do teor de resíduo têxtil.

Palavras-chave: Resíduos têxteis, compostos, comportamento mecânico.

TEXTILE SLUDGE REUSE IN CONSTRUCTION: STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION

ABSTRACT

The concern with industrial residues has increased, due to socio-environmental impact that has caused to humanity. An alternative use of textile industries residues (sludge) has been reuse in composites in construction industry to mitigate impacts of these tailings. The objective of this work is mechanical and structural studies of concrete with textile sludge incorporating. Test samples were fabricated with 1:3 and 1:4 trace with substitution levels of 3%, 5% and 7% and cure at 7 and 28 days. It was evaluated mechanical behavior and concrete microstructure. The mixture (aggregate) unit mass which favors higher compression in the concrete mass was 52.5% sand and 47.5% gravel. The gaps ratio and water absorption increased with trace and sludge percentages increasing. The simple compressive strength reached values of 30MPa, and density decreased with textile residues content increasing.

Keywords: Textile residues, compounds, mechanical behavior.

INTRODUÇÃO

Através dos anos, os materiais e técnicas de construção foram mudando. Não que o processo construtivo esteja relacionado a modismos, mas por causa de uma oferta de novas tecnologias, que fizeram avançar esta área, apesar de certos aspectos terem se mantido constantes, outros variaram muito. Enquanto surgiram produtos e processos novos e inovadores, outros se tornaram obsoletos e arcaicos, assim como as necessidades do homem [1].

“A construção civil é o setor responsável pelo consumo de maior volume de recursos naturais em estimativas que variam entre 15 e 50% dos recursos extraídos, além de seus produtos serem grandes consumidores de energia e, por estas razões, é de fundamental importância o desenvolvimento de materiais alternativos que atendam a essa atividade” [2].

O Concreto é um dos produtos mais consumidos no mundo, perdendo apenas para a água (MEHTA & MONTEIRO, 2008)[3], e os descartes industriais vem aumentando avassaladoramente. Estudos que visam o reaproveitamento de diversos rejeitos na construção civil, tem sendo incisivos, com o objetivo de minorar o impacto ambiental causado pelos mesmos [3].

O lodo de indústria têxtil, trata-se de um resíduo sólido. Segundo a NBR 10004/2004 [4], resíduos sólidos são resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A incorporação do lodo proveniente das indústrias têxteis em blocos e concretos na construção civil tem sido estudada com uma perspectiva sustentável, que propõe a reutilização deste material dispostos a natureza sem nenhum fim, transformando em um novo produto para construção civil, fazendo bem a sociedade e a natureza, pela diminuição do impacto ambiental que seria causado pela má disposição no meio ambiente.

Para que o resíduo de indústria têxtil seja utilizado em concretos na construção civil deve atender a especificações técnicas. Deve apresentar interação com a massa de concreto, de forma a garantir a trabalhabilidade da massa, apresentar resistência mecânica que atenda as especificações da aplicação e não reagir com o aço usado em armaduras [5].

Hoppen et al. [6] realizaram um estudo da incorporação do lodo de estação de tratamento de água em matriz de concreto, em substituição parcial à areia e concluíram que uma proporção inferior a 7% resulta em um concreto de melhor desempenho. Por meio da análise conjunta de fatores como trabalhabilidade, resistência mecânica, massa específica, absorção da água e consumo de matéria-prima, pôde-se concluir que a incorporação do lodo em teores inferiores a 10% diminuir a resistência do concreto, ainda assim continua dentro dos padrões aceitáveis pela construção civil.

Este trabalho tem como objetivo a produção e caracterização mecânica e estrutural de concretos incorporados com lodo têxtil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a realização deste trabalho de pesquisa foram utilizados os materiais relacionados a seguir:

Lodo Têxtil – O Lodo têxtil, proveniente da indústria Coteminas S.A., localizado no distrito industrial de João Pessoa - PB.

Brita 0 e Areia - São provenientes de pedreiras da cidade de Campina Grande - PB, localizada na região metropolitana.

Cimento - São adquiridos no comércio de Campina Grande - PB, do tipo Portland, referência o CP II Z-32.

Água - Foi utilizada água canalizada proveniente do açude Epitácio Pessoa, da cidade de Boqueirão, fornecida pela companhia de abastecimento (CAGEPA).

Por ensaio de massa unitária foi verificado que a composição que favoreceu um melhor empacotamento e compactação foi 52,5% de areia e 47,5% de brita.

Foram confeccionados corpos de provas com os traços 1:3 e 1:4, com e sem adição de lodo em substituição da areia com teores de 0%, 3%, 5% e 7%. O valor de 0% significa que o traço é puro, sem adição de lodo.

Foram confeccionados quatro corpos de prova para cada data de cura e cada tipo de ensaio: absorção, resistência a tração por compressão diametral, e resistência a compressão simples.

Será utilizada a nomenclatura Ta:b c%, onde: T = Traço, a=cimento, b=areia, c= porcentagem de substituição de lodo na areia. A proporção da brita é a mesma da areia sem substituição de lodo.

Métodos

Os corpos de prova foram confeccionados nos traços 1:3 e 1:4 com teores de substituição de lodo de 3, 5 e 7% de lodo, com curas de sete e vinte e oito dias, seguindo as normas NBR 12655:1996 e NBR 5738:2008.

Caracterização Mecânica

- Resistência a compressão simples – Os ensaios foram realizados conforme a norma NBR 7215:1996
- Tração por Compressão diametral – Os ensaios foram realizados conforme a norma NBR 7222:2011
- Absorção de Água, Índice de Vazios e Massa específica – Os ensaios foram realizados segundo a norma NBR 9778:2009

Caracterização Estrutural

- Microscopia Óptica – Foram realizadas microscopias ópticas nos concretos puros e com teores de substituição de lodo, nos aumentos de 4x e 10x, no equipamento marca LEICA modelo ICC50HD.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resistência à Compressão Simples

As Figuras 1 e 2, a seguir apresentam os valores de resistência à compressão simples para todas as composições dos traços 1:3 e 1:4, com curas de 7 e 28 dias.

Figura 1 – Resistência a compressão simples do traço 1:3 com teores de substituição de lodo de 3, 5 e 7% e cura de 7 e 28 dias

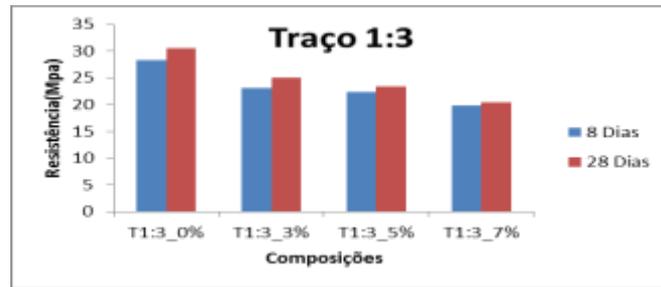
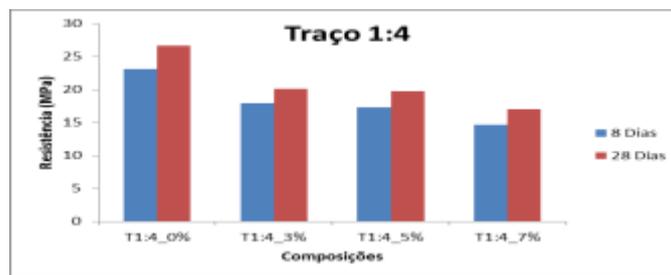


Figura 2 – Resistência à compressão simples do traço 1:4 com teores de substituição de lodo de 3, 5 e 7% e cura de 7 e 28 dias



Conforme os dados obtidos pelas Figuras 1 e 2, acima, pode-se perceber um aumento da resistência com o aumento dos dias de cura, e uma diminuição da resistência, com o aumento do teor de substituinte(lodo), na massa de concreto seguindo a seguinte ordem: T1:4 7%<T1:4 5%<T1:4 3%<T1:4 0% e T1:3 7%<T1:3 5%<T1:3 3%<T1:3 0%.

O traço 1:3 apresentou uma maior resistência em relação ao traço 1:4, como já esperado. O traço puro, o que apresentou maior resistência, atingiu 30,48MPa a vinte e oito dias, e o T1:3 7%, que apresenta maior teor de lodo na massa de concreto, obteve menor resistência, atingindo 20,14MPa. Estes resultados corroboram com [7].

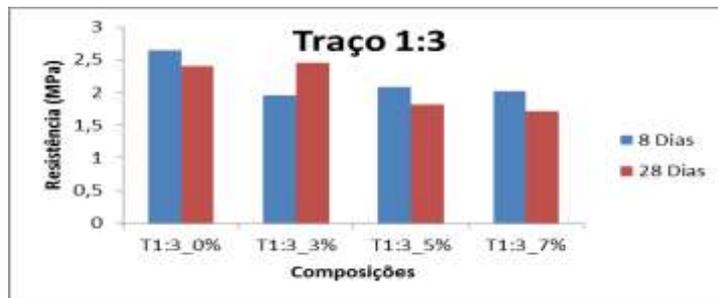
Nas composições quatro composições do traço 1:4, a composição sem adição de lodo apresentou maior resistência (traço puro), atingindo 26,62MPa, a vinte e oito dias, e o traço 1:4 7%, o menos resistente, obteve resistência de 17,03MPa a vinte e oito dias. Pelos dados obtidos, pode-se constatar que, aumento do percentual de lodo tem relação inversamente proporcional à resistência do concreto.

Os resultados de resistência a compressão, são classificados como resultados moderados apresentando uma média de resistência acima de 20 MPa [5].

Resistência à Tração por Compressão Diametral

As Figuras 3 e 4, apresentam os valores de tração por compressão diametral, obtidos nos traços 1:3 e 1:4.

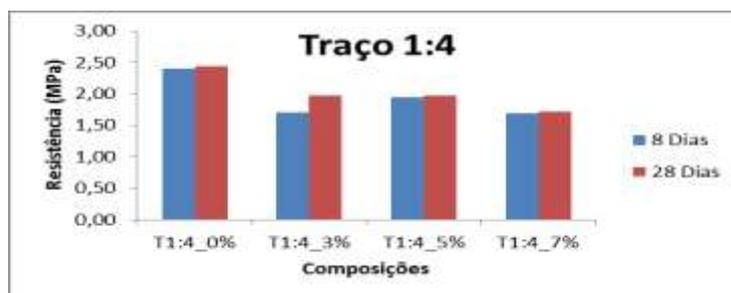
Figura 3 – Gráfico da Resistência à tração por compressão diametral do traço 1:3 com teores de substituição de lodo de 3,5 e 7% e cura de 7 e 28 dias



Conforme os dados obtidos pela figura acima, observamos uma diminuição da resistência a tração por compressão de diametral com o aumento dos dias de cura, exceto para T1:3 3%. O concreto puro apresentou a maior resistência atingindo 2,77MPa, e o com maior substituição de lodo (T1:3 7%) apresentou a menor resistência com 1,70MPa.

Segue abaixo os resultados da tração por compressão diametral do traço 1:4

Figura 4 – Gráfico da Resistência à tração por compressão diametral do traço 1:4 com teores de substituição de lodo de 3,5 e 7% e cura de 7 e 28 dias



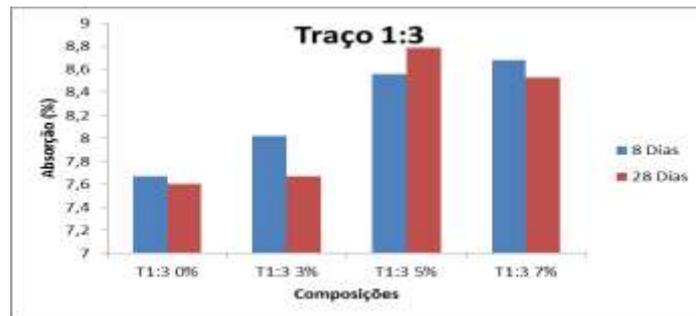
O traço 1:4 apresentou um comportamento diferenciado do traço 1:3. Com o aumento dos dias de cura, percebeu-se um aumento das resistências dos corpos de prova, mesmo que pequena. Não diferente, o concreto puro apresentou maior resistência com 2,75MPa, e o menor T1:4 7% com 1,72MPa.

Os resultados de ambos os traços apresentaram pequeno aumento na resistência com o aumento dos dias de cura, não variando mais que 1MPa, conforme já esperado.

Absorção

Podemos visualizar na Figura 5, os resultados de absorção de água dos corpos de prova com Traço 1:3, e curados em 7 e 28 dias.

Figura 5 – Gráfico da Absorção de água (%), para o traço 1:3 puro e com teores de substituição de lodo de 3,5 e 7% de lodo.

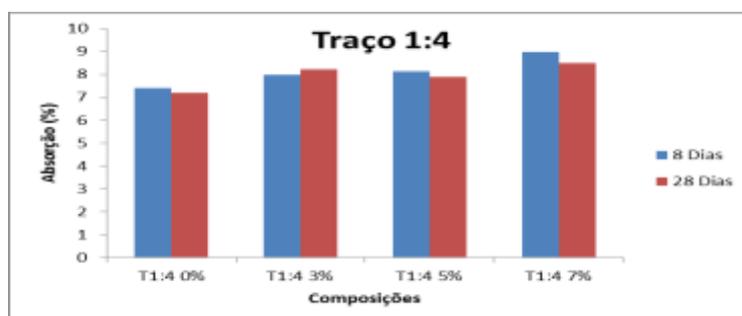


Podemos perceber conforme os resultados acima, uma diminuição do percentual de absorção com o avanço dos dias de cura, exceto para a composição T1:3-5%.

A composição sem adição de percentagens de lodo como substituinte da areia (traço puro) apresentou menor percentual de absorção, 7,67% e 7,6% para sete e vinte e oito dias, respectivamente. À medida que foi adicionando lodo à massa do concreto, pode-se verificar um aumento na absorção seguindo a seguinte ordem: T1:3 7%>T1:3 5%>T1:3 3%>T1:3 0%, para 8 dias. Para 28 dias, a composição T1:3 5% apresentou o maior percentual de absorção, 8,79%.

Segue abaixo a Figura 2, com os resultados de absorção de água dos corpos de prova com Traço 1:4, e curados em 7 e 28 dias.

Figura 6 – Gráfico da Absorção de água (%), para o traço 1:4 puro e com teores de substituição de lodo de 3,5 e 7% de lodo



O comportamento da absorção do traço 1:4 em suas quatro composições, apresentaram algumas semelhanças com o comportamento do traço 1:3, já discutido.

À medida que foi adicionando lodo à massa do concreto, verificou-se um aumento na absorção, obedecendo a seguinte ordem: T1:4 7%>T1:4 5%>T1:4 3%>T1:4 0%, para 8 dias. Para 28 dias, a composição T1:4 3% apresentou um comportamento diferenciado da ordem descrita.

O traço puro apresentou um menor percentual de absorção em relação aos demais com 7,4% e 7,18%, para sete e vinte e oito dias, respectivamente. O traço que apresentou, maior percentual de absorção foi T1:4 7%, atingindo 8,98%.

Índice de Vazios

A Tabela abaixo apresenta os valores dos índices de vazios, nos corpos de provas dos traços 1:3 e 1:4

Tabela 1 – Índice de vazios dos traços 1:3 e 1:4 com teores de substituição de 3,5 e 7% de lodo e cura de 7 e 28 dias.

Traço	% de Lodo	Índice de Vazios	
		7 Dias	28 Dias
1:3	0%	12,80	31,85
	3%	26,51	24,43
	5%	27,34	32,20
	7%	32,88	17,65
1:4	0%	12,67	25,33
	3%	18,17	10,42
	5%	19,62	13,17
	7%	24,28	15,77

Pode-se observar que as composições sem adição de lodo, T1:3 0% e T1:4 0%, apresentaram um aumento significativo do número de vazios. Para as composições com adição de lodo na massa de concreto, observou-se uma diminuição do número de vazios com um aumento dos dias de cura.

Por um lado, a adição de lodo na massa de concreto o fragiliza, diminuiu sua resistência simples e resistência a tração por compressão diametral, por outro lado a adição de lodo no concreto favorece uma diminuição do índice de vazios com o aumento dos dias de cura. Neste caso, a aplicação do concreto que responderá

sobre qual a percentagem de lodo deve ser utilizada. Estes resultados corroboram com [7].

Massa específica Real

Segue abaixo a Tabela 2, que apresenta os valores de massa específica real dos corpos de prova dos traços 1:3 e 1:4

Tabela 2 – Massa específica real dos traços 1:3 e 1:4 com teores de substituição de 3,5 e 7% de lodo e cura de 7 e 28 dias.

Traço	% de lodo	Massa específica real	
		7 Dias	28 Dias
1:3	0%	12,1	12,76
	3%	11,98	12,52
	5%	11,27	11,02
	7%	11,18	11,3
1:4	0%	12,51	13,39
	3%	11,87	10,86
	5%	11,71	11,74
	7%	10,67	11,07

Os observa-se pelos dados acima, que para a cura de sete dias, ocorreu uma diminuição da massa específica real com o aumento da percentagem de lodo, tanto no traço 1:3, quanto no traço 1:4.

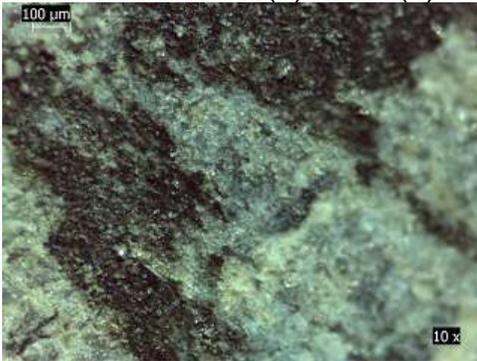
Para a cura de vinte e oito dias o traço 1:3 obteve uma massa específica um pouco maior que a de sete dias, exceto T1:3 5%. O traço 1:4, apresentou um comportamento semelhante ao traço 1:3, com um aumento da massa específica em relação a sete dias de cura, exceto T1:4 3%.

Os concretos puros apresentaram os maiores valores de massa específica real, atingindo 12,76 e 13,39 para T1:3 0% e T1:4 0%, respectivamente. O menor valor foi o T1:4 7%, com massa específica real de 10,67. Em ambos os traços os valores variaram entre 10 e 13.

Microscopia Óptica

Segue abaixo as Figuras de 07 a 10, com as microscopias ópticas das composições T1:3 0%, T1:3 5%, T1:4 0% e T1:4 5% com aumentos de 4x e 10x.

Figura 07 – Traço 1:3 0%, com aumento de 4X(a) e 10X(b)



(a)

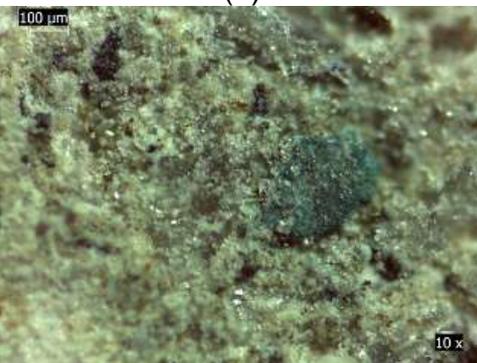


(b)

Figura 08 – Traço 1:3 5%, com aumento de 4X(a) e 10X(b)



(a)



(b)

Figura 09 – Traço 1:4 0%, com aumento de 4X(a) e 10X(b)



(a)



(b)

Figura 10 – Traço 1:4 5%, com aumento de 4X(a) e 10X(b)



(a)



(b)

Pode-se verificar pelas figuras 7 e 9 que correspondem ao traço T1:3 0% e T1:4 0%, respectivamente, a boa interação entre o concreto e seus agregados (areia e brita), formando uma estrutura homogênea e com excelente interação entre os constituintes da massa de concreto. No traço 1:4 a quantidade de agregados é maior podendo observar a presença da brita exposta pela micrografia.

Nas figuras oito e dez que correspondem ao traço T1:3 5% e T1:4 5%, respectivamente, podemos observar a presença do resíduo de lodo têxtil na estrutura, com coloração esverdeada. Observa-se na figura 8 a péssima interação entre a partícula de lodo e todo o resto da massa de concreto, verificando uma partícula disposta de forma “solta” na microestrutura, se caracterizando como uma partícula indiferente à estrutura do concreto. Na figura nove observamos uma presença mais incisiva de lodo na microestrutura, e a presença de vazios em derredor, favorecendo a fragilização do concreto.

CONCLUSÃO

Foi possível concluir que com o aumento dos dias de cura, aumentou-se a resistência a compressão simples, e com o aumento do percentual de lodo na composição, diminuiu-se a resistência, por o lodo não apresentar interação do lodo com o resto dos constituintes do concreto conforme as microscopias. Os traços sem adição de lodo apresentaram maiores valores de resistência.

Para absorção percebeu-se uma diminuição com o avanço dos dias de cura, e um aumento da absorção com as composições com maiores teores de lodo. A massa específica real diminuiu com o aumento da percentagem de lodo. Os índices de vazios, aumentaram a medida que foi adicionando maiores percentagens do resíduo de indústrias têxteis na massa de concreto.

A tração por compressão diametral apresentou uma variação pequena com o avanço dos dias de cura, e os corpos de prova puro apresentaram maiores valores de resistência.

REFERÊNCIAS

[1] BARROS, C., **Introdução aos Materiais de Construção**. Disponível em:

<http://edificacoes.files.wordpress.com/2010/04/apo-rev-evolucao-dos-materiais.pdf>

Acesso em 15/04/2013.

- [2] JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**, 2000. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [3] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Estruturas, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [4] RAMOS F. M. S.; KAMINATA O. T.; TAVARES C. R. G.; BENATTI C. T.; CAPELASSO M.; INNOCENTI B. D. Avaliação da técnica de solidificação/estabilização no tratamento de resíduo têxtil - produção de bloco cerâmico de vedação. **Revista Cerâmica**. São Paulo, v. 55, p. 408-414, 2009.
- [5] SALES A., CORDEIRO J. S., SOUZA F. R., **Estudo da resistência à compressão e absorção de água em concretos produzidos com adição conjunta de resíduos de construção e demolição e lodos de estações de tratamento de água**, 2004
- [5] ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 10.004/2004** – Resíduos Sólidos - Classificação. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.
- [6] HOPPEN, C., PORTELLA, K. F., ANDREOLI, C.V., SALES, A., JOUKOSKI, A. Estudo de dosagem para incorporação de lodo de ETA em matriz de concreto como forma de disposição final. **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande, 2005.
- [7] TENÓRIO, J. J. L., **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção demolição visando aplicações estruturais**, Dissertação de mestrado – UFAL, Maceió – 2007.