

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE BRITAGEM DE ROCHA E DE PÓ DE ALUMÍNIO RECICLADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO CELULAR

Paulo Hidemitsu Ishikawa*

** Prof. (Mestre) da Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Edifícios
e-mail : paulo.ishikawa@uol.com.br*

Resumo

Este trabalho teve como objetivo apresentar as características do concreto celular com resíduo de britagem de rocha (areia artificial) e pó de alumínio reciclado como agente formador de gás, sem utilização de autoclave, diferenciando-se assim do concreto celular autoclavado. O concreto celular autoclavado é um concreto leve obtido por processo industrial, constituído de cimento e/ou cal como aglomerante, um agregado silicoso finamente moído. A esta mistura é adicionado um agente formador de gases, água e aditivos. Este produto é colocado na forma e na seqüência, é autoclavado, isto é, submetido à pressão e temperatura [1]. Neste sentido, para avaliar a utilização destes dois resíduos, este trabalho apresenta os resultados obtidos na produção do concreto celular com estes materiais.

1 - Introdução

O alumínio é o metal mais utilizado depois de ferro. A utilização deste metal para produção de embalagem para refrigerante e pelo preço do metal, faz deste material um dos metais mais reciclados no mundo. O alumínio ao ser produzido gera um resíduo denominado de escória primária de alumínio. Esta escória de alumínio é comprada por outras indústrias secundárias que recuperam o metal através da fusão com o cloreto de sódio. Esta reciclagem acaba gerando novos resíduos do metal, produzindo novas escórias, porém com quantidade menor do metal. As novas escórias de alumínio geradas são adquiridas por micro empresas que recuperam o metal através de processos artesanais de moagem e lavagem, e são posteriormente vendidas às indústrias de fundição de alumínio. Este ciclo de reciclagem beneficia parcialmente o meio ambiente, uma vez que os resíduos finais, que contém pouco alumínio, acabam sendo descartados no próprio local produção sem sofrer tratamento algum.

Os finos gerados na britagem de rocha, denominados de areia artificial de rocha, são materiais ainda pouco utilizados na produção de argamassas. Talvez, a sua pouca utilização deve-se a maior oferta de areia de rio disponível em todas as lojas de materiais de construção. A areia artificial, como os demais produtos da britagem de rocha, é estocada em montes ao ar livre, exposto às intempéries, gerando uma série de impactos ao ambiente, como poluição atmosférica. Quando não armazenado, apropriadamente, a água da chuva carrega o material,

provocando assoreamento de leitos de cursos d'água e drenagem.

Com o intuito de reciclar estes dois tipos de resíduo (escória primária de alumínio e areia artificial), esta pesquisa teve como objetivo utilizar estes resíduos na produção de concreto celular. A produção de concreto celular necessita de um agregado miúdo apropriado e um agente expensor (pó de alumínio) para geração de gás. O pó de alumínio reagindo com um aglomerante mineral (cimento Portland) irá gerar bolhas de gás que será encapsulado no interior da argamassa, tornando-o mais leve, caracterizando o concreto celular. O termo "concreto celular" não é apropriado a este produto pelas características de seus constituintes (aglomerante mineral e agregado miúdo). O termo que melhor identifica este produto é "argamassa celular". Neste trabalho será utilizado o termo concreto celular, pois as literaturas técnicas as denominam como tal.

2 - Reciclagem

As normas da série ISO 14 000, em implementação no Brasil, é uma ferramenta disponível para orientar a mudança de atitude em relação ao meio ambiente. Assim, as construções civis, na sua cadeia produtiva, apresentam importantes impactos ambientais e, em função disso deve se buscar um aperfeiçoamento das várias atividades que se envolvem na sua construção. Por exemplo, na cidade de São Paulo, o esgotamento das jazidas de areias de rio ou de cava próximas a RMSP fez com que as areias sejam buscadas de regiões a mais de 130 km. Isso implica no custo da areia em torno de 2/3 do preço final devido ao transporte, acarretando um enorme consumo de combustível e geração de poluição [2]. Uma alternativa para substituir as areias de rio ou cava é a utilização de areia artificial (pó-de-pedra) disponível nas pedreiras próximas a RMSP. Por sua vez, a areia artificial é um resíduo que é gerado na produção de pedra britada utilizada também pela construção civil e representa em torno de 40% da produção de pedra britada. Desta forma, as pedreiras necessitam cada vez mais de área dentro da reserva para estocar o "resíduo" de areia artificial e o incremento do seu consumo atenderia as pedreiras com a diminuição de área para sua estocagem e o consumidor pela diminuição do custo na produção de argamassas [3].

Assim, os resíduos de construção civil se transformaram em graves problemas ambientais e urbanos, pela falta de espaços disponíveis para o seu descarte que foram ocupados e pela valorização

dessas áreas. Os resíduos de construção e demolição podem também causar danos ao ambiente por estarem contaminados por produtos tóxicos, por exemplo, de indústrias químicas [4]. O descarte irregular de resíduos de construção e demolição e outros resíduos podem criar um ambiente propício para a proliferação de vetores prejudiciais ao saneamento e à saúde humana como a presença de roedores, insetos peçonhentos e insetos transmissores de doenças, como a dengue [5].

3 - Materiais e Métodos de Ensaios

Para o desenvolvimento do estudo experimental foram coletadas uma amostra de areia artificial de granito, de uma pedreira situada próxima da RMSP e uma amostra de areia de rio (rio Paraíba, região de Caçapava – SP), como agregado miúdo. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland CP II E 32 [6]. O agente expensor utilizado foi o pó de alumínio reciclado de escória primária.

3.1 - Agregado miúdo

As amostras de areia artificial e de areia de rio apresentavam materiais retidos na peneira ABNT [7] de 4,8 mm, acima de 10%, tiveram essa fração separada na peneira de 2,4 mm. A caracterização física dos agregados foi realizada conforme os métodos indicados na especificação na NBR 7211 [8].

3.2 - Cimento Portland

O cimento Portland utilizado foi o CP-II-E-32, conforme a especificação NBR-11578 [6].

3.3 - Pó de alumínio

O pó de alumínio reciclado utilizado foi fornecido pelo pesquisador Edval Gonçalves de Araújo [9] que desenvolveu um método de reciclar a escória primária de alumínio. Este pó de alumínio, também denominado de “agente expensor à base de escória primária de alumínio” apresenta característica de 700 ml/3g/ 15’, isto é, 3g de agente expensor libera 700 ml de gás após 15 minutos de reação.

Nas dosagens do concreto celular foi adicionado a quantidade de 0,5% do agente expensor em relação a quantidade de cimento.

4 - Programa Experimental

O trabalho desenvolvido apresenta as propriedades do concreto celular com adição de pó de alumínio reciclado produzidas com areia artificial comparando-se com o concreto celular com pó de alumínio reciclado com areia de rio, e também entre argamassa com areia artificial e areia de rio sem adição de pó de alumínio reciclado. Para tanto, foi realizado ensaio em argamassa no estado fresco sem adição de pó de alumínio de determinação da consistência, e determinação de massa específica do concreto celular com adição de pó de alumínio. No estado endurecido foram realizados ensaios de determinação da resistência à compressão simples e

de massa específica, em corpos-de-prova cilíndricos. Foram moldados também blocos cúbicos de concreto celular para determinação da resistência à compressão simples e de massa específica.

Nesta pesquisa foi utilizado só o cimento Portland como aglomerante.

5 - Resultados Obtidos e Análises

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios realizados nos materiais do estudo das argamassas e concretos celulares produzido com esses materiais no estado fresco e endurecido.

5.1 - Caracterização dos materiais

5.1.1 - Agregados miúdos

O desenvolvimento do estudo experimental iniciou-se com os ensaios de caracterização física dos agregados miúdos.

Uma característica da areia artificial é o teor elevado de materiais pulverulentos cujo valor situou-se em 16%. Em relação à areia natural ensaiada apresentou teor de 6%. A especificação NBR 7211 [8] limita o teor máximo de materiais pulverulentos para as areias artificiais para concreto em 12%. A massa específica e unitária da areia artificial é um pouco maiores do que a das areias naturais devido aos grãos menores que 0,150 mm que preenchem os vazios entre os grãos maiores.

Os índices de vazio das areias ensaiadas apresentaram valores, praticamente, idênticos. O cálculo do índice de vazios é obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{Índice de vazios} = 1 - \frac{\delta}{\gamma}, \quad (\text{fórmula 5.1})$$

onde:

δ = massa unitária do agregado no estado solto;

γ = massa específica do agregado.

Um resumo das características físicas da areia artificial e natural, após o corte na peneira ABNT de abertura de 2,4 mm, são apresentada na Tabela 5.1.

5.1.2 - Cimento Portland

O cimento Portland utilizado foi o CP-II-E-32. Suas características físicas encontram-se na Tabela 5.2 e atenderam a especificação NBR-11578 [6].

5.2 - Propriedades da argamassa - Resultados

5.2.1 - Argamassa no estado fresco

Com os materiais descritos foram preparadas as argamassas nos traços, em massa, de 1: 2; 1:3; 1:4; (cimento: agregado miúdo). Para cada argamassa foi adicionada uma determinada quantidade de água necessária para se obter a consistência fixada em 270 ± 20 mm, medida na mesa de consistência (*flow-table*) [14]. Esta consistência apresentou-se com trabalhabilidade adequada para adição do agente expensor e deixar o concreto celular em condição de moldagem de bloco ou seja, com fluidez adequada para o concreto celular ser vertido para a

forma e apresentando facilidade no seu manuseio (Fotos 1, 2 e 3). A seguir apresenta-se a análise dos resultados obtidos em argamassas de cimento e areia artificial no estado fresco comparado à argamassa de areia de rio.

5.2.1.2 - Massa específica

No estado fresco, as argamassas com adição de pó de alumínio reciclado apresentaram massa específica 25% menos que as argamassas tradicionais de cimento e agregado miúdo.

Os resultados obtidos em argamassa no estado fresco são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.1 – Agregados – Características físicas

Tabela 01 - Agregados - Características físicas												
Amos. n.º	Granulometria – Método de ensaio [10]								γ (kg/l)	δ (kg/l)	Mat. Finos (%)	Índice de vazios
	% retida acumulada						Dim. Máx. (mm)	M. F.				
	Peneiras ABNT - (mm)											
	2,4	1,2	0,6	0,3	0,150	<0,150						
01	00	14	36	53	73	100	2,4	1,76	2,67	1,47	15,6	0,45
02	00	8	41	69	94	100	2,4	2,12	2,62	1,43	1,8	0,45

Legenda:

Amostra n.º 01 = areia artificial de granito;

Amostra n.º 02 = areia natural de rio;

Dim. Máx. = Dimensão máxima;

M. F. = módulo de finura; γ = massa específica - Método de ensaio NBR NM52:2003[11];

δ = massa unitária – Método de ensaio NBR 7251/1982b [12];

Mat. Finos. = materiais finos passantes na peneira 75 μ m, por lavagem - Método de ensaio NBR NM 46:2003 [13].

Tabela 5.2 – Cimento Portland CP-II-E -32 – Características físicas

Ensaio	Resultados obtidos			Métodos de ensaios
Resistência à compressão simples	03 dias	07 dias	28 dias	NBR 7215 /1996 [14]
	M = 12,3 MPa DRM = 5 %	M = 24,5 MPa DRM = 5 %	M = 36,7 MPa DRM = 4 %	
Finura por peneiramento	5,8 %			NBR 11579/1991b [15]
Finura Blaine	3500 g / cm ²			NBR-NM-76/1998b [16]
Expansibilidade a quente	0,0 mm			NBR 11582/1991e [17]
Tempo de pega	Início = 03:05 h; fim = 05:00 h			NBR 11581/1991d [18]
Massa específica	3,10 g/ cm ³			NBR-NM-23/2001 [19]

Legenda: M = média; DRM = desvio relativo máximo.

5.2.1.1 - Consistência da argamassa

As argamassas ensaiadas para assentamento de blocos de concreto simples para alvenaria, tiveram suas consistências fixadas em 270 ± 20 mm, os quais apresentaram-se apropriadas para esta finalidade, ou seja, com fluidez adequada para o concreto celular ser vertido para a forma e com facilidade no seu manuseio. Foi observado que as argamassas nos 4 e 10, com areia de rio, apresentaram consistência abaixo do limite estabelecido de 270 ± 20 mm. Entretanto, observa-se que as argamassas no 1 e 7, com areia artificial, apresentaram consistência dentro do limite estabelecido, indicando que o teor de material pulverulento atua como plastificante na argamassa [20].

5.2.2 - Resistência à compressão simples em blocos cúbicos

Com as mesmas argamassas, que foram moldados os corpos de prova cilíndricos, foram moldados os blocos cúbicos, para determinação da resistência à compressão simples (Fotos 4 e 5). Os resultados de 28 dias dos blocos cúbicos apresentaram a menor resistências de 4,60 MPa no concreto celular com areia artificial e, de 4,71 MPa no concreto celular com areia natural de rio, e massas específicas de 1.372 e 1.395 kg/m³, respectivamente (Tabela 5.4).

Comparando-se com as resistências mínimas da especificação NBR 13438 [1], para blocos de concreto celular classe 45 autoclavado, de resistência média de 4,5 MPa, os blocos de concreto celular sem tratamento em autoclave, somente

curado ao ar, atende esta especificação. Entretanto, as massas específicas aparente do concreto celular em estudo, curado e seco ao ar, apresentaram valores duas vezes maiores em relação ao concreto celular autoclavado, que deve apresentar valor máximo de

650 kg/m³, sendo esta uma vantagem do concreto celular autoclavado.

Tabela 5.3 – Resultados obtidos na argamassa fresca - Características físicas

Agregado miúdo	Argamassa n.º	Traço em massa (*)	Consistência NBR 7215/1996 [14] Média (mm) (**)	Massa específica NBR 13278/1995a [21] (adaptado) (g/ cm ³)
Areia artificial com pó de alumínio	1	1: 2: 0,583: 0,05	285	1,658
	2	1: 3: 0,778: 0,05	280	1,579
	3	1: 4: 0,939: 0,05	276	1,483
Areia de rio com pó de alumínio	4	1: 2: 0,583: 0,05	232	1,676
	5	1: 3: 0,778: 0,05	292	1,497
	6	1: 4: 0,939: 0,05	279	1,469
Areia artificial sem pó de alumínio	7	1: 2: 0,583	262	2,058
	8	1: 3: 0,778	274	2,011
	9	1: 4: 0,939	293	1,978
Areia de rio sem pó de alumínio	10	1: 2: 0,583	241	2,107
	11	1: 3: 0,778	297	2,070
	12	1: 4: 0,939	281	1,965

(*) cimento: agregado miúdo: água : pó de alumínio reciclado.

(**) ensaio de consistência antes de adicionar pó de alumínio reciclado

Tabela 5.4 – Resultados obtidos com a argamassa no estado endurecido.

Agregado miúdo	Argam. n.º	Relação a/c (kg/kg)	Ensaio			Massa específica aparente seca ao ar (g/cm³)	Consumo de cimento efetivo (kg/m³)
			Resistência à compressão simples NBR 5739 [22] Média (*) (MPa)				
			3 dias	7 dias	28 dias	28 dias	
Areia artificial com pó de alumínio	1	0,583	2,44	3,94	5,62	1,529	427
	2	0,778	1,42	2,52	2,80	1,458	305
	3	0,939	0,71	1,61	2,19	1,372	231
Areia de rio com pó de alumínio	4	0,583	2,56	4,04	5,31	1,621	452
	5	0,778	1,41	2,22	3,69	1,443	302
	6	0,939	0,68	1,85	2,63	1,395	235
Areia artificial sem pó de alumínio	7	0,583	18,60	24,53	27,41	2,010	561
	8	0,778	11,50	15,89	20,60	1,884	394
	9	0,939	6,93	11,15	14,67	1,884	317
Areia de rio sem pó de alumínio	10	0,583	24,28	28,03	31,09	2,053	573
	11	0,778	13,11	17,11	20,73	2,000	419
	12	0,939	6,89	9,43	13,30	1,883	317

(*) Média de 2 corpos-de-prova



Foto 1 – Concreto celular fresco em expansão na forma cilíndrica.



Foto 2 - Concreto celular fresco em expansão na forma cúbica.



Foto 3 - Concreto celular fresco em expansão no primeiro plano e com a superfície acabada no segundo plano.



Foto 4 – Corpo-de-prova de concreto celular endurecido.

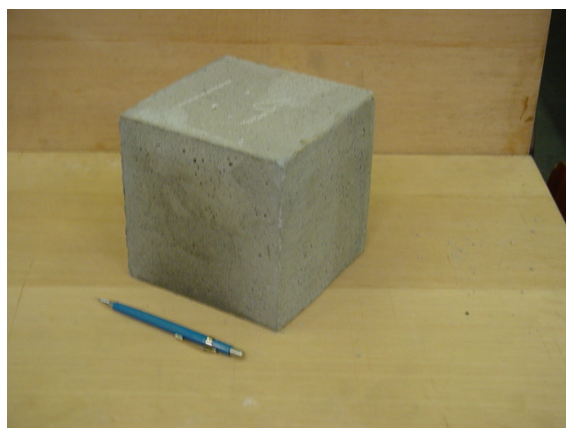


Foto 5 – Corpo-de-prova cúbico de concreto celular endurecido para ensaio de resistência à compressão simples.

6 – Conclusões

Este trabalho mostrou a possibilidade de produzir concreto celular sem o tratamento de cura em autoclave, sendo esta uma vantagem significativa por não demandar a necessidade deste equipamento. A cura do concreto celular foi realizada ao ar no ambiente do laboratório. Para tal, foi utilizado somente como aglomerante mineral o cimento Portland e como agregado miúdo, sem moagem, a areia artificial de granito e natural de rio, cortado na peneira ABNT de 2,4 mm. Como agente expensor foi adicionado o pó de alumínio, obtido no aproveitamento da escória primária do alumínio. Este agente expensor foi doado pelo pesquisador Edval Gonçalves de Araújo [9] que desenvolveu o processo de obtenção do pó de alumínio a partir da escória primária de alumínio. Os traços de argamassas produzidos foram de 1:2; 1:3; 1:4, em massa, e a quantidade de agente expensor adicionado em cada traço foi de 0,5% em relação à quantidade de cimento. A consistência da argamassa, antes da adição do agente expensor foi fixada em (270 ± 20) mm. Esta consistência apresentou uma argamassa com fluidez adequada para lançamento da mesma na forma, após a adição do agente expensor.

No intuito de ter um entendimento deste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica

sobre a reciclagem de resíduos e demolição na construção civil, das características do concreto celular, do resíduo de alumínio que a indústria do alumínio gera e a possibilidade da sua reciclagem. Juntamente com a reciclagem do resíduo de alumínio, foi utilizado também um outro resíduo que é gerado da produção de agregado graúdo de granito, que é o pó de pedra ou areia artificial de granito. Assim, foram estudadas as propriedades físicas do concreto celular no estado fresco e endurecido, para um melhor entendimento do comportamento mecânico em função de seus constituintes, cimento, agregado miúdo e agente expensor de pó de alumínio reciclado.

A consistência da argamassa de (270 ± 20) mm, antes da adição do agente expensor, mostrou-se adequada para a adição do pó de alumínio. A adição do pó de alumínio na argamassa muda a sua característica após alguns minutos. Assim, a argamassa deve apresentar fluidez por um determinado tempo após a adição do pó de alumínio, para que se possa encher as formas sem dificuldade.

Foi observado que as argamassas nos 4 e 10, com areia de rio, apresentaram consistência abaixo do limite estabelecido de 270 ± 20 mm. Entretanto, observa-se que as argamassas n^{os} 1 e 7, com areia artificial, apresentaram consistência dentro do limite estabelecido, indicando que o teor de material fino atua como plastificante na argamassa [20].

A massa específica do concreto celular, no estado fresco, foi determinada para verificar a formação de bolhas de ar, caracterizando o concreto celular. Em comparação com a argamassa de mesmo tipo de agregado, observou-se uma redução de, aproximadamente, 25% da massa específica, indicando a reação do pó de alumínio com os produtos de hidratação do cimento Portland, na produção de gás para formação de células de ar no interior da argamassa.

A resistência do concreto celular em corpos de prova cilíndricos, como era esperado, apresentou resistência à compressão simples menor em relação à argamassa de mesmo tipo de agregado miúdo sem adição do pó de alumínio. O concreto celular produzido com areia artificial apresentou resultados similares ao concreto celular produzido com areia de rio, indicando que a areia artificial pode ser utilizado para esta finalidade também. Salientamos que os agregados miúdos foram utilizados como são encontrados, sofrendo apenas um corte na peneira ABNT de 2,4 mm. Os mesmos não foram moídos como é realizado na produção do concreto celular autoclavado, sendo, portanto uma vantagem econômica e também do processo produtivo.

Os resultados obtidos em blocos de concreto celular com areia artificial apresentam, também, resultados semelhantes ao concreto celular com areia natural de rio. Os resultados variaram de 11,0 MPa a 4,6 MPa, com os traços em massa variando de 1:2 a 1:4. Analisando as resistências mínimas da especificação NBR 13438 [1], verifica-se que os resultados obtidos estão muito acima da maior resistência especificada de 4,5 MPa. Assim, é

possível produzir blocos com as resistências especificadas com traço mais pobres, diminuindo assim o consumo de cimento e aumentando a adição de areia artificial na sua produção e, em consequência, diminuindo o custo do concreto celular. A diferença observada é no valor da massa específica aparente que é, praticamente, o dobro do concreto celular autoclavado, acarretando uma carga maior na fundação, sendo esta uma desvantagem. Assim, a massa específica aparente, do bloco de concreto celular curado ao ar, está entre os de blocos de concreto celular autoclavado e os blocos de concreto tradicional. Portanto o bloco de concreto celular sem cura em auto-clave poderá ser mais um tipo de bloco de alvenaria disponível no mercado.

7 – Sugestões para Trabalhos Futuros

Para o prosseguimento desta pesquisa sugere-se o estudo com adição do pó de alumínio em diferentes quantidades percentuais nos mesmos e diferentes traços com intuito de verificar a possibilidade de diminuir a massa específica com resultados de resistência à compressão simples compatível à especificação. A adição de cal junto com o cimento é uma outra possibilidade de verificar as características que poderão ser obtidas, assim com a utilização de diferentes tipos e classe de cimento.

Outra sugestão para pesquisa futura é a verificação da influência dos materiais pulverulentos da areia artificial no desenvolvimento da resistência das argamassas nas primeiras idades, como considerado por BONAVETTI e CABRERA [20].

Referências Bibliográficas

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13438: Blocos de Concreto Celular Autoclavado – Especificação**. Rio de Janeiro, 1995b. 4 p.
- [2] Valverde, F. M. **Agregados para construção civil**. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção – ANEPAC, 2003. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/suma2002/Agregados_rev_isado_doc>. Acesso em: 19 set. 2003.
- [3] Ishikawa, P. H. **Propriedades de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural**. Campinas- SP, 2003 – 158 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas.
- [4] John, V. M.; Ângulo, S. C.; Agopyan, V. Sobre a Necessidade de Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento para Reciclagem. **Habitare Infohab**, mai. 2004. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Data de acesso: 27/05/2004.
- [5] Pinto, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11578**: Cimento Portland Composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1991a. 5 p.
- [7] _____. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de Ensaio – Requisitos Técnicos e Verificação – Parte 1: Peneiras de Ensaio com Tela de Tecido Metálico. Rio de Janeiro, 1997. 12 p.
- [8] _____. **NBR 7211**: Agregado para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.
- [9] Araújo, E. G. de; Biffi, R. T.; Tenório, J. A. S. Processo de Obtenção de Agente Expansor de Argamassa a Partir de Escória de Alumínio. **Gerenciamento & Obra**, n. 4, p.22-31, ano 1, 2002.
- [10] Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- [11] _____. **NBR NM 52**: Agregado Miúdo - Determinação da Massa Específica e Massa Específica Aparente – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- [12] _____. **NBR 7251**: Agregado no Estado Solto – Determinação da Massa Unitária – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1982. 3 p.
- [13] _____. **NBR NM 46** – Agregados - Materiais Finos Passantes na Peneira 75 μ m, por Lavagem – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.
- [14] _____. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.
- [15] _____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação da fFnura por Peneiramento – Método de Ensaio . Rio de Janeiro, 1991b. 3 p.
- [16] _____. **NBR NM 76** : Cimento Portland – Determinação da Finura Através do Permeabilímetro de Blaine. Rio de Janeiro, 1998. 12 p.
- [17] _____. **NBR 11582**: Cimento Portland – Determinação da Expansibilidade de Le Chatelier – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1991e. 2 p.
- [18] _____. **NBR 11581**: Cimento Portland – Determinação dos Tempos de Pega – Método de Ensaio . Rio de Janeiro, 1991d. 3 p.
- [19] _____. **NBR NM 23**: Cimento Portland e Outros Materiais em Pó – Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, 2001b. 5 p.
- [20] Bonavetti, V. L.; Cabrera, O. A. Efecto del Polvo de Piedra en Hormigones Estructurales. In: XXVI Jornadas Sudamericanas De Ingenieria Estructural. 26., 1993, Monevideo, Uruguai. **Anais...** Montevideo: 1993. v. 4, p. 221-32.
- [21] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13278**: Argamassa para Assentamento de Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos – Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1995a. 2 p.
- [22] _____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos . Rio de Janeiro, 1994. 4 p.