

Área: Inovação | **Tema:** Inovação em Serviços

Desempenho de Blocos de Concreto e Concreto leve

PERFORMANCE OF CONCRETE AND LIGHT CONCRETE BLOCKS

Sabiana Gilsane Mühlen Dos Santos, Nelson Seidler, Leonardo Limana, Gustavo Henrique Ortiz Clerici,

Franco Da Silveira e Alessandro Soardi

RESUMO

A constante evolução do mercado tem promovido a busca por materiais de alta qualidade com menores custos na construção civil. Sendo assim, o presente artigo enfoca a análise comparativa de desempenho de blocos de concreto convencionais com blocos de concreto leve na alvenaria estrutural. Os blocos de concreto leve foram produzidos com argila expandida triturada na granulometria desejada e corpos de prova para o mesmo traço. Para tal, foi feita a caracterização dos materiais, ensaio de resistência à compressão e ensaio de densidade e absorção das amostras. A partir dos dados encontrados verificou-se que o bloco de concreto convencional atingiu características técnicas superiores ao bloco de concreto com agregado leve. O bloco de concreto com agregado leve obteve uma redução de 78,45% na resistência à compressão e um aumento de 200% no índice de absorção de água. Divergindo com os resultados dos corpos de prova, que atingiram a resistência de norma. Tal fato deve-se à máquina de moldar ser inadequada quanto a pressão, desforma e compactação dos blocos. Ainda, constatou-se a redução de 34,73% do peso com o traço utilizando agregado leve, confirmando seu auxílio para o aumento de produtividade no canteiro de obras. Fez-se a análise estatística dos resultados dos ensaios através da ANOVA.

Palavras-Chave: bloco de concreto leve, agregados leves, alvenaria estrutural.

ABSTRACT

The constant evolution of the market has promoted the search for high quality materials with lower costs in construction. Thus, the present article focuses on the comparative performance analysis of conventional concrete blocks with lightweight concrete blocks in structural masonry. The lightweight concrete blocks were produced with shredded expanded clay in the desired granulometry and test bodies for the same trace. For this purpose, the material characterization, compression strength test and density and absorption tests were performed. From the data found it was verified that the block of conventional concrete reached technical characteristics superior to the block of concrete with light aggregate. The lightweight aggregate concrete block achieved a 78.45% reduction in compressive strength and a 200% increase in water absorption index. Diverging with the results of the test bodies, they reached standard resistance. This is due to the fact that the molding machine is inadequate for the pressure, deformation and compression of the blocks. Also, it was verified the reduction of 34.73% of the weight with the trace using light aggregate, confirming its aid for the increase of productivity in the construction site. Statistical analysis of the results of the tests was performed using ANOVA.

Keywords: lightweight concrete block, light aggregates, structural masonry.

Eixo temático do artigo: Inovação em serviços.

DESEMPENHO DE BLOCOS DE CONCRETO E CONCRETO LEVE

PERFORMANCE OF CONCRETE AND LIGHT CONCRETE BLOCKS

RESUMO

A constante evolução do mercado tem promovido a busca por materiais de alta qualidade com menores custos na construção civil. Sendo assim, o presente artigo enfoca a análise comparativa de desempenho de blocos de concreto convencionais com blocos de concreto leve na alvenaria estrutural. Os blocos de concreto leve foram produzidos com argila expandida triturada na granulometria desejada e corpos de prova para o mesmo traço. Para tal, foi feita a caracterização dos materiais, ensaio de resistência à compressão e ensaio de densidade e absorção das amostras. A partir dos dados encontrados verificou-se que o bloco de concreto convencional atingiu características técnicas superiores ao bloco de concreto com agregado leve. O bloco de concreto com agregado leve obteve uma redução de 78,45% na resistência à compressão e um aumento de 200% no índice de absorção de água. Divergindo com os resultados dos corpos de prova, que atingiram a resistência de norma. Tal fato deve-se à máquina de moldar ser inadequada quanto a pressão, desforma e compactação dos blocos. Ainda, constatou-se a redução de 34,73% do peso com o traço utilizando agregado leve, confirmando seu auxílio para o aumento de produtividade no canteiro de obras. Fez-se a análise estatística dos resultados dos ensaios através da ANOVA.

Palavras-chave: bloco de concreto leve, agregados leves, alvenaria estrutural.

ABSTRACT

The constant evolution of the market has promoted the search for high quality materials with lower costs in construction. Thus, the present article focuses on the comparative performance analysis of conventional concrete blocks with lightweight concrete blocks in structural masonry. The lightweight concrete blocks were produced with shredded expanded clay in the desired granulometry and test bodies for the same trace. For this purpose, the material characterization, compression strength test and density and absorption tests were performed. From the data found it was verified that the block of conventional concrete reached technical characteristics superior to the block of concrete with light aggregate. The lightweight aggregate concrete block achieved a 78.45% reduction in compressive strength and a 200% increase in water absorption index. Diverging with the results of the test bodies, they reached standard resistance. This is due to the fact that the molding machine is inadequate for the pressure, deformation and compression of the blocks. Also, it was verified the reduction of 34.73% of the weight with the trace using light aggregate, confirming its aid for the increase of productivity in the construction site. Statistical analysis of the results of the tests was performed using ANOVA.

Keywords: lightweight concrete block, light aggregates, structural masonry.

1 INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura econômica brasileira, profissionais com visão de mercado, atentos as inovações de métodos e materiais se destacam na obtenção de lucros e redução de custos nos seus empreendimentos (SOUSA; ÁVILA, 2014).

A opção pelo sistema construtivo de alvenaria estrutural apresenta algumas vantagens como a economia de fôrmas, grande redução dos revestimentos, menores desperdícios de material e mão de obra, redução de serviços especializados (armadores e carpinteiros) e flexibilidade no ritmo de execução da obra. Apesar de ter desvantagens que diminuem seu favoritismo na construção, tais como: a impossibilidade de adaptação arquitetônica para novo uso da edificação e necessidade de mão de obra qualificada, seu emprego está em crescimento (MOHAMAD, 2015).

Outra alternativa para a minimização de custos e aumento da qualidade é o uso de concreto leve. Material que promove menores esforços nas estruturas, proporcionando conforto térmico e acústico, além de maior vantagem na produtividade do operador. O emprego desse tipo de concreto permite a redução de custos nas fundações e a execução de construções em solos de menor capacidade de carga. No sistema construtivo de pré-fabricado, reduz o custo de transporte e tempo de montagem e possibilita ainda a produção de peças com dimensões maiores (SCOBAR, 2016).

Em vista disso, o presente trabalho apresenta análise comparativa do bloco de concreto leve com o bloco de concreto convencional. Produto com densidade inferior ao bloco de concreto convencional, constituído por agregados leves e demais materiais do bloco convencional. Neste estudo buscou-se aliar as vantagens do concreto leve junto ao sistema construtivo de alvenaria estrutural buscando um bloco de concreto leve que proporcione bom desempenho e atinja os valores normativos exigidos. Por fim, será feita uma análise estatísticas dos resultados alcançados através da metodologia da ANOVA.

2 DESEMPENHO DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS DE CONCRETO E CONCRETO LEVE

Com o surgimento acelerado de novas tecnologias e materiais que facilitam a vida do homem. O setor da construção civil busca alcançar tais avanços, com um aumento em produtos, serviços e materiais de propriedades mais elevadas (NASCIMENTO, 2016).

Nesse ritmo de mercado, um novo tipo de material passou a ganhar espaço no cenário da construção civil: o concreto, desde a sua utilização estrutural até a fabricação de blocos. Esses produtos estão em uso nacional gradativo, sendo aplicados em larga escala fora do Brasil (NASCIMENTO, 2016).

Sobre uma perspectiva de evolução, as construtoras buscam incessantemente inovações que conciliem redução de custos com a implantação de diferentes sistemas construtivos, pesquisando métodos de controles tecnológicos para garantir lucro e qualidade nas construções (PASSOS, 2010; NASCIMENTO, 2016).

A alvenaria estrutural é sistema construtivo com vantagens singulares frente as demais opções. Essa técnica utiliza pouca armadura, reduz o número de etapas na execução, diminui o número de fôrmas e elimina a aberturas de orifícios para as instalações de eletrodutos e canalizações. Portanto, se torna lucrativo a opção por esse sistema, desde que se tenha um gerenciamento eficiente com mão de obra qualificada e materiais de boa qualidade (PASSOS, 2010).

O emprego de blocos de concreto leve aumenta a produtividade do operador, otimizando tempo e auxiliando no cumprimento dos prazos da obra. Além disso, a redução das cargas nas fundações devido ao peso da alvenaria leva a minimização dos custos totais, oportunizando a

execução de edificações cada vez mais esbeltas em alvenaria estrutural (PRESOTTO, 2011; MENDES et. al, 2017).

2.1 BLOCOS DE CONCRETOS CONVENCIONAIS E LEVES PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

O aumento da produção de concreto devido o surgimento do cimento Portland, deu início ao emprego de blocos de concreto na alvenaria. A partir de então o aperfeiçoamento na fabricação de blocos de concreto foi surgindo à medida que ocorria sua utilização nesse sistema construtivo. Porém, a matéria-prima, dosagem e esquemas do processo produtivo mantém-se basicamente os mesmos (SALVADOR FILHO, 2007).

A associação de construções de alvenaria estrutural com o uso de blocos de concreto é bastante comum. Entretanto as unidades empregadas nesse tipo de sistema construtivos podem ser classificadas de forma sintetizada em blocos (cerâmico, concreto, concreto celular autoclavado e sílico-calcário) e tijolo furado (cerâmico) e maciço (sílico - calcário, cerâmico e concreto) (POYASTRO, 2008).

Os blocos de sílico - calcário são resultado do processo de prensagem e da cura a alta pressão, em autoclave, de areia quartzoza e cal. Sua utilização é incomum em obras de alvenaria devido a concentração de fabricação em regiões específicas do Brasil. Seu produto final é pouco poroso, compacto e com um bom acabamento superficial sendo aplicado com uma camada final de revestimento. Apresentam várias resistências, porém devem ser aplicados corretamente, uma vez que apresentam alta retração na secagem (MOHAMAD, 2015).

Os blocos de concreto geralmente são unidades vazadas, com dois ou três furos, em formatos cônicos que facilitam a retirada da forma, após a compactação. As resistências variam entre 4,0 MPa e 20 MPa, o aumento desses valores se dá com a ampliação do teor de cimento, pela carga de compactação, pelo número de vibrações e pelo baixo fator água/cimento. A fabricação desse material é feita em vários tipos de tamanhos, com variadas funções, seguem modulações de 7,5cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm, respeitando a malha modular definida em projeto. No assentamento da alvenaria seu peso dificulta a colocação concomitante da argamassa pelo operador (MOHAMAD, 2015).

2.2 PROPRIEDADES DOS BLOCOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

As características mecânicas dos blocos variam de acordo com materiais constituintes, umidade do material empregado na moldagem, grau de compactação, proporcionalidade dos materiais e do método de cura. Deve-se buscar um aspecto homogêneo nos blocos, com arestas vivas, sem o sinal de trincas ou outras deformações que possam danificar o seu assentamento, ou durabilidade e as características mecânicas da edificação (MOHAMAD, 2015).

Segundo a NBR 6136: 2014, apresenta o requisitos físico-mecânicos para blocos de concretos utilizados em alvenaria, na tabela 1 estão indicados os valores limites para cada propriedade.

Tabela 1- Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a [MPa]	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$			
	B	$4,0 \leq f_{bk} \leq 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065 \%$

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal.

^c Blocos fabricados com agregado leve.

^d Ensaio facultativo.

Fonte: NBR 6136:2014

Considera-se conforme as exigências normativas as resistências mínimas de acordo com a sua aplicação na alvenaria, de 3,0 MPa a 8,0 MPa. Sendo os de classe A aqueles usados abaixo ou acima do nível do solo, para a classe B o emprego é acima do nível do solo e na classe C, apenas acima do solo para edificações de no máximo cinco pavimentos, conforme suas dimensões (MOHAMAD, 2015).

2.2.1 Resistência à compressão

Na pesquisa realizada por PRESOTTO (2011) onde foi feita a moldagem de corpos de provas e blocos de concreto em substituição total do agregado graúdo por isovolume de agregado leve, alcançaram-se resistência à compressão axial elevadas. A tabela 2 mostra os valores de resistência obtidos conforme a massa específica alcançada por cada traço de bloco de concreto.

Tabela 2- Traços a serem empregados na produção de blocos de concreto com função estrutural

Resistência do bloco (MPa)	F_{bm}	Resistência do corpo de prova	Traços			
			Agregado Convencional		Agregado Leve	
			Traço	Massa específica	Traço	Massa específica
11,0	14,62	17,51	1:12	2,364	--	--
12,0	15,95	19,10	1:12	2,400	1:12	1,631
13,0	17,28	20,69	1:12	2,436	--	--
14,0	18,61	22,28	1:9	2,364	--	--
			1:12	2,471	--	--
15,0	19,94	23,87	1:9	2,382	--	--
16,0	21,27	25,46	1:9	2,405	1:9	1,631

Fonte: PRESOTTO, 2011.

Apesar de ter sido obtida uma redução de até 34% da massa específica do bloco de concreto, esses resultados ainda continuaram elevados devido aos parâmetros exigidos pela norma. Houve o enquadramento para produção de blocos com classe de resistência elevada, acima de 11 MPa.

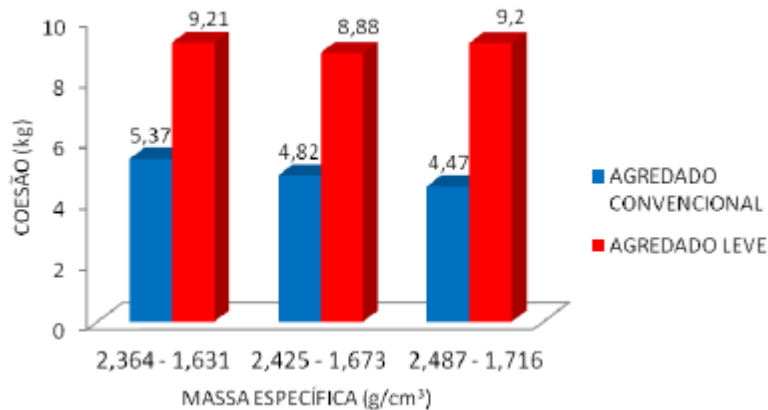
2.2.2 Absorção de água

A taxa de absorção de água varia com o tipo de agregado e possui relação indireta com a densidade dos blocos. Portanto, diminui à medida que a densidade do bloco aumenta. Seus efeitos estão no isolamento térmico e acústico, pintura, porosidade, aparência e qualidade da argamassa requerida. Em unidades que possuem alta absorção de água, recomenda-se o uso de uma argamassa com maior retenção de água ou molhar levemente a área de assentamento do bloco. Assim, mantém-se a trabalhabilidade do material (MOHAMAD, 2015).

O volume reduzido no bloco devido a evaporação da quantidade de água excedente deve ser menor ou igual a 0,065%.

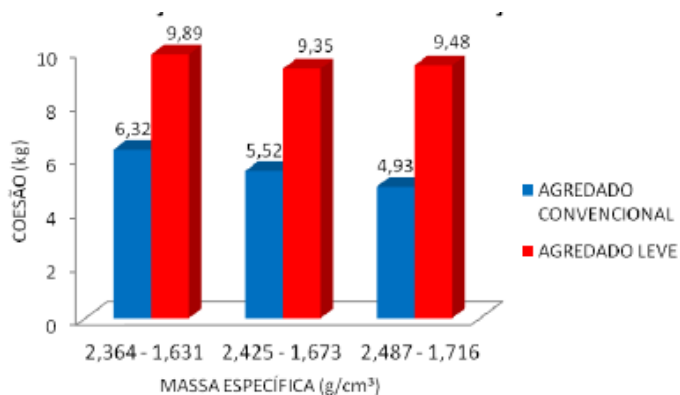
Segundo PRESOTTO (2011) o agregado leve em função de sua porosidade apresenta elevada absorção de água comparado ao agregado convencional. Nas figuras 1, 2 e 3 são demonstrados os valores de absorção de água das misturas moldadas em cada traço pelo autor supracitado, com o agregado gráudo convencional e com o agregado leve (argila expandida) em substituição total no bloco de concreto.

Figura 1 - Absorção das misturas para o traço 1:6



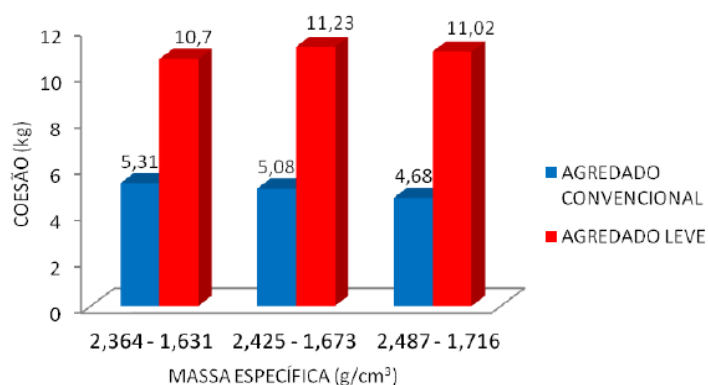
Fonte: PRESOTTO, 2011

Figura 2 - Absorção das misturas para o traço 1:9



Fonte: PRESOTTO, 2011.

Figura 3 - Absorção das misturas para o traço 1:12



Fonte: PRESOTTO, 2011.

Notou-se que para os agregados convencionais o índice de absorção se enquadra nos parâmetros da norma, porém não atende todas as classes. Já para o agregado leve atende os limites de absorção estabelecidos.

3 METODOLOGIA

Os ensaios experimentais foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da URI - campus de Santo Ângelo.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para o presente estudo foi feita a caracterização dos materiais a serem utilizados, bem como a sua análise granulométrica para posterior avaliação na comparação dos resultados.

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado será o cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos (CP V- ARI – RS) produzido por Itambé Cimentos. Na tabela 3 está exposto as especificações do fabricante.

Tabela 3 - Relatório de Ensaio de Cimento - Tipo CP V- ARI

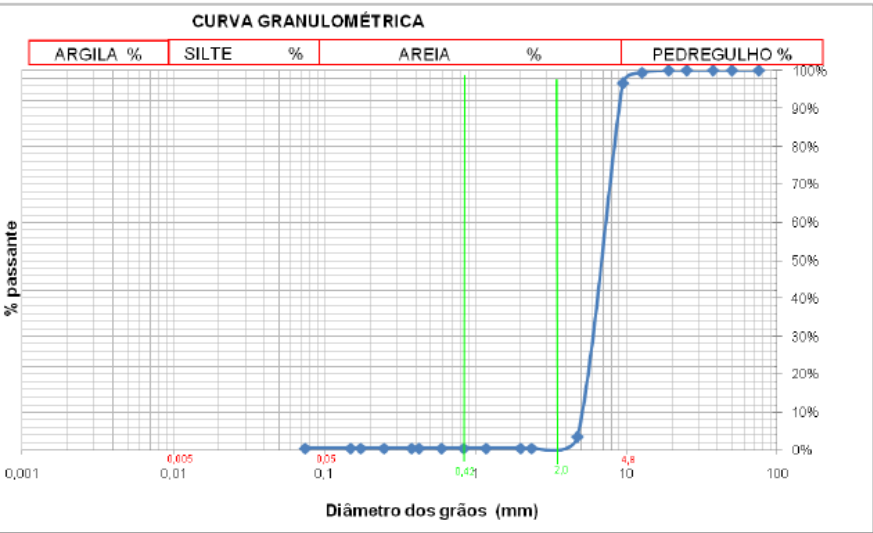
ÍNDICES FÍSICOS										
	Tempo de Pega		Cons. Normal	Blaine	# 200	#325	Resistência à Compressão			
	Início	Fim					1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
	h: min	h : min	%	cm ² / g	%	%	MPa	MPa	MPa	MPa
Média	3:29	4: 10	30,0	4,554	0,14	0,96	22,6	44,4	44,4	53,1
Sd	00:17	00:20	0,4	86,04	0,10	0,56	0,8	1,1	1,0	1,1
Min	3: 00	3:30	29,5	4,460	0,04	0,40	21,6	36,7	42,3	51,9
Max	3:50	4:30	30,5	4,700	0,30	2,10	24,1	39,6	45,5	55,4

Fonte: CIMENTO ITAMBÉ, 2017.

3.1.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado no traço é a brita zero de formação basáltica, com dimensão máxima menor ou igual a metade da menor espessura da parede do bloco, 25 mm. Na figura 4 está representada a curva granulométrica da brita zero, sendo que a brita ficou retida na peneira de 4,75 mm. Durante o procedimento de moldagem verificou-se que a brita zero deixava muitos vazios no acabamento do bloco e optou-se por fazer novos traços com o pedrisco em substituição total da brita zero.

Figura 4 - Curva granulométrica da Brita zero

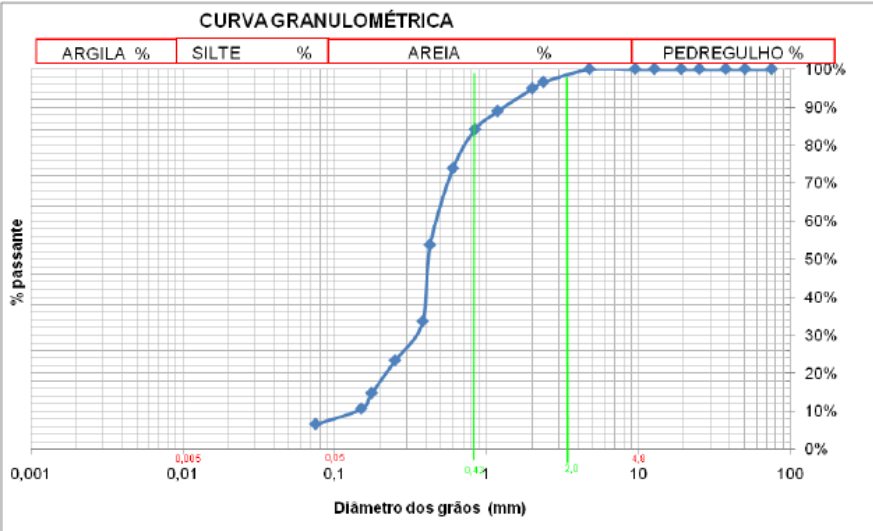


Fonte: O autor.

3.1.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo usado é a areia média de rio, proveniente da cidade de Santo Maria/RS, de origem mineral e composta basicamente de dióxido de silício. Sua distribuição granulométrica está apresentada na figura 5.

Figura 5 - Curva granulométrica da areia média



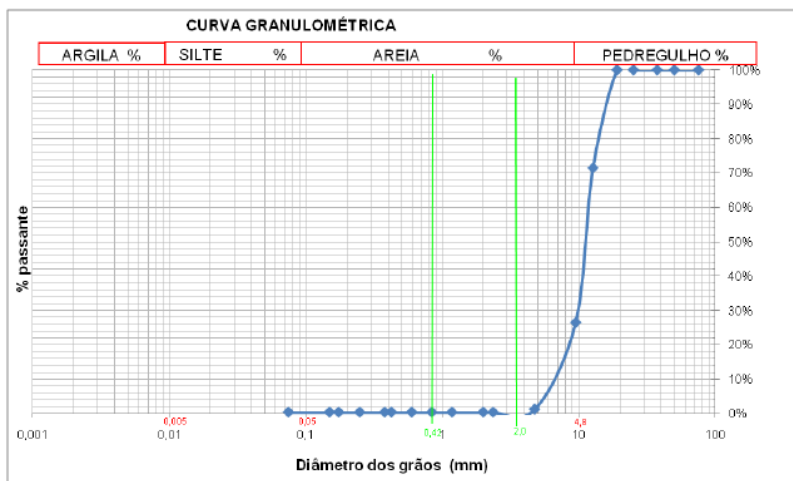
Fonte: O autor.

3.1.4 Argila expandida

Como agregado leve será utilizada a argila expandida como substituto do agregado graúdo. Produzida em fornos rotativos em Várzea Paulista/SP, só foi possível a encomenda do agregado leve em dimensões superiores à do agregado desejado. Sendo assim, a mesma foi

submetida ao procedimento de trituração tendo dimensões similares a brita zero e o pedrisco, como pode ser observado na figura 6.

Figura 6 - Curva granulométrica da argila expandida



Fonte: O autor.

3.1.5 Água

A água para a produção dos blocos é proveniente da Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN (Santo Ângelo). Sendo de natureza potável, incolor, inodora e insípida e livre de qualquer substância que possa intervir nas características dos blocos.

3.2 TRAÇOS E MOLDAGENS

O traço utilizado nas moldagens é baseado no estudo de PRESOTTO (2011), de uma pesquisa realizada na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santo Ângelo, onde foram dosados os materiais para compor o bloco de concreto, substituindo agregados naturais convencionais por agregado leve.

Os blocos de concreto foram moldados em laboratório na universidade. Foram usados o traço médio de 1:9 e fraco de 1:12 do autor supracitado, pois foram os que alcançaram as resistências desejadas para blocos de concreto com função estrutural. Moldou-se 6 corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm.

Após 24 horas foram desmoldados e colocados em câmara úmida a temperatura de 21 ± 2 °C e umidade relativa do ar com 95%. Aos 28 dias, 4 corpos de prova foram rompidos à compressão, analisando sua resistência e 2 foram submetidos ao ensaio de absorção.

Foi utilizada a máquina de blocos existente na universidade para moldagem dos blocos estruturais com dimensões 14x19x39 cm. Estes foram adequadamente compactados e curados por 28 dias, em 21 ± 2 °C e umidade relativa do ar com 95%.

Para satisfazerem as exigências da alvenaria estrutural, tanto os blocos leves como os com agregado mineral de brita basáltica terão que ter uma resistência a compressão mínima de 4,5 MPa. Foi feita a moldagem de 6 blocos para cada traço, indicado na tabela 4, para a idade de 28 dias. Estes serão submetidos aos ensaios de resistência à compressão e absorção de água, obedecendo a Normas Técnicas NBR 12118:2013.

Tabela 4 - Traços dos blocos de concreto

Traço unitário (kg)	Cimento (kg/m³)	Argila exp. (kg/m³)	Agreg. miúdo (kg/m³)	Agreg. Graúdo Brita 0 (kg/m³)	Agreg. Graúdo Pedrisco (kg/m³)	Água (kg/m³)
1:9	1,05	-	4,725	4,725	-	0,725
1:9	1,00	4,52	4,52	-	4,813	1,00
1:9	1,05	4,725	4,725	-	-	0,648
1:12	0,81	-	4,85	-	4,85	0,721
1:12	0,81	4,845	4,845	-	-	0,751

Fonte: Adaptado do estudo de PRESOTTO (2011).

Ao ser feita a primeira moldagem de blocos com o a brita zero sendo o agregado graúdo, verificou-se a existência de uma quantidade elevada de poros no bloco. Essa característica é indesejável tanto para os critérios técnicos como para a logística de mercado e utilização do material no canteiro de obras. Dessa forma, optou-se por utilizar apenas o pedrisco nas moldagens que se sucederam.

No dia da moldagem dos blocos, o pedrisco utilizado estava úmido então foi feita a verificação do percentual de umidade e descontado o mesmo. Na figura 7 está demonstrado o procedimento para a verificação da umidade, sendo o agregado pesado antes e depois do aquecimento. Verificou-se o percentual de 6,5% de umidade.

Figura 7 - Procedimento para a verificação de umidade no pedrisco



Fonte: O autor.

Para a moldagem dos blocos com agregados leves foi colocada a argila expandida no triturador e separada na granulometria desejada. Observou-se que o agregado leve fica com a granulometria aberta quando é triturado.

Visualmente comparando as moldagens realizadas, foi notável o destaque que o acabamento com o agregado leve apresentou diante dos traços com os materiais convencionais. Isso se deve pela granulometria empregada e menor quantidade de vazios. Na figura 8 pode ser constatado o acabamento dos blocos com agregado leve.

Figura 8 - Blocos com agregado leve



Fonte: O autor

3.3 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

3.3.1 Determinação do índice de absorção

Foi seguido o método descrito pela NBR 12118:2013, atendendo o recomendado na NBR 6136:2014 para a determinação do índice de absorção de água. Os corpos de provas e blocos moldados foram pesados para determinar sua massa ao ar, em seguida foram secados em estufa a temperatura de $(105 \pm 5^\circ\text{C})$ até a massa ficar constante. Depois resfriados ao ar a temperatura de $(23 \pm 2^\circ\text{C})$, para uma outra determinação da massa.

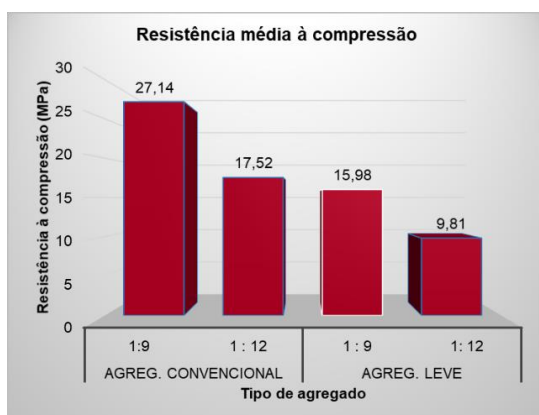
Em seguida foi feita a imersão do corpo de prova num recipiente de ensaio com água, de modo que o nível da água permaneça constante (5 ± 1) mm acima de sua face inferior.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado após 28 dias da moldagem. Os blocos de concreto foram capeados e submetidos ao ensaio na prensa hidráulica conforme o descrito na NBR 12.118.

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observou-se que nos ensaios de resistência à compressão aos 28 dias dos corpos de prova, os traços atingiram a resistência desejada para blocos estruturais. Na figura 9 é possível verificar a resistência média dos corpos de prova.

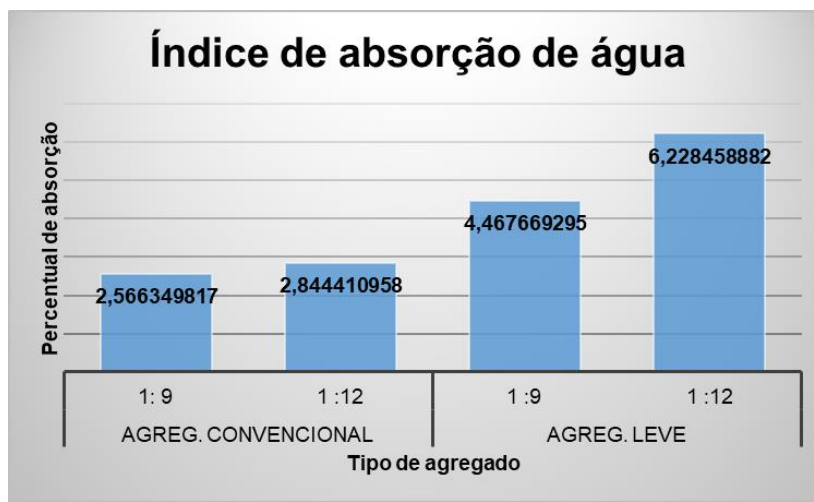
Figura 9 - Resistência média à compressão dos corpos de prova



Fonte: O autor.

Pode-se constatar que o traço 1:9 obteve melhores resultados tanto para o agregado convencional quanto para o agregado leve. O agregado leve diminuiu a resistência em 41,12% no traço 1:9 e em 44% no traço 1:12 comparando os traços respectivamente com os valores alcançados na utilização de agregado convencional. Notou-se que no geral os traços com agregado leve obtiveram uma redução de 42,25% na resistência à compressão em relação ao agregado convencional. Contudo, todos os traços foram superiores aos 4,5 MPa exigido por norma para blocos de concreto. Os valores dos ensaios de absorção podem ser visualizados na figura 10.

Figura 10- Índice de absorção dos corpos de prova



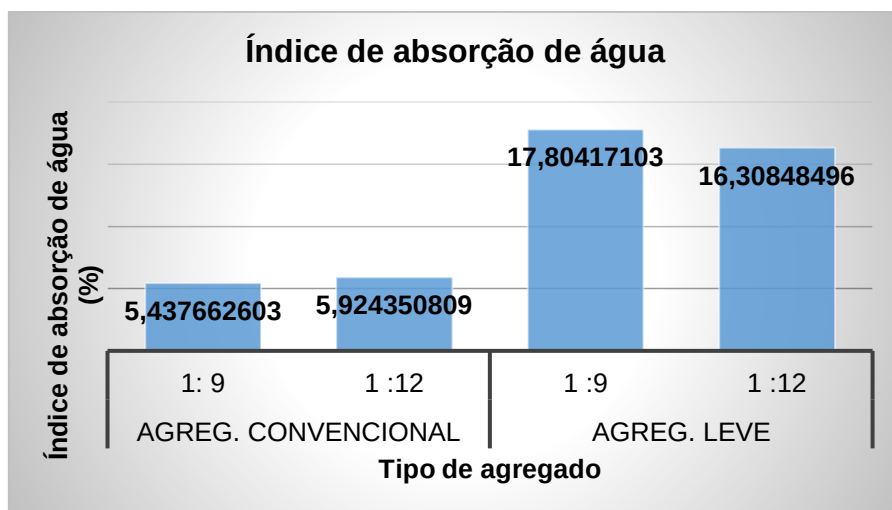
Fonte: O autor.

Observa-se que o agregado leve alcançou os maiores índices. Para o traço 1:9, com agregado leve, apresentou um aumento de 74,08% em relação ao agregado convencional. Para o traço 1:12 com agregado leve esse aumento foi maior ainda, sendo 118,97 % superior ao agregado convencional. Na média geral dos índices, os traços com agregados leves absorvem 97,68% mais que os traços com agregados convencionais.

4.1 ÍNDICE DE ABSORÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

Nos ensaios do índice de absorção dos blocos de concreto, a tendência da moldagem com agregado leve ter maior absorção, manteve-se. O bloco de concreto leve absorveu 200% a mais que o bloco de concreto convencional, em ambos os traços usados. Na figura 11, pode-se observar esses resultados.

Figura 11 - Índice de absorção dos blocos de concreto



Fonte: O autor.

Percebe-se que no traço 1:9 o bloco com agregado leve aumentou em 227,42% em comparação com o mesmo traço para o bloco com agregado convencional. No bloco com traço 1:12 seguiu-se esse comportamento, tendo um aumento de 175,28% no traço com agregado leve. A tabela 5 mostra a Análise da Variância entre blocos de concreto com agregado convencional e leve na absorção.

Tabela 5 – Análise da Variância da absorção entre blocos de concreto com agregado convencional e leve

ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ANOVA				
GI	MQ	F	Valor -P	F crítico
8	670,52	172,83	2,46E-10	4,45
11	3,87			

Fonte: O autor.

Através da tabela 5 conclui-se que existem diferenças significativas na absorção de blocos de concreto comparando o uso de agregados convencional e leve. Pode-se concluir que a menor absorção se deu em blocos de concreto utilizando agregado convencional. Sabe-se que para blocos este resultado é extremamente importante, pois menor será a probabilidade de ocorrerem manchas na alvenaria, ocasionados pela umidade.

A tabela 6 mostra o peso alcançado por cada bloco de concreto pesado antes do ensaio de absorção de água.

Tabela 6 - Peso dos blocos de concreto

Média de pesos dos blocos de concreto (Kg)	
Agregado Convencional	9,3625
Agregado Leve	6,110909

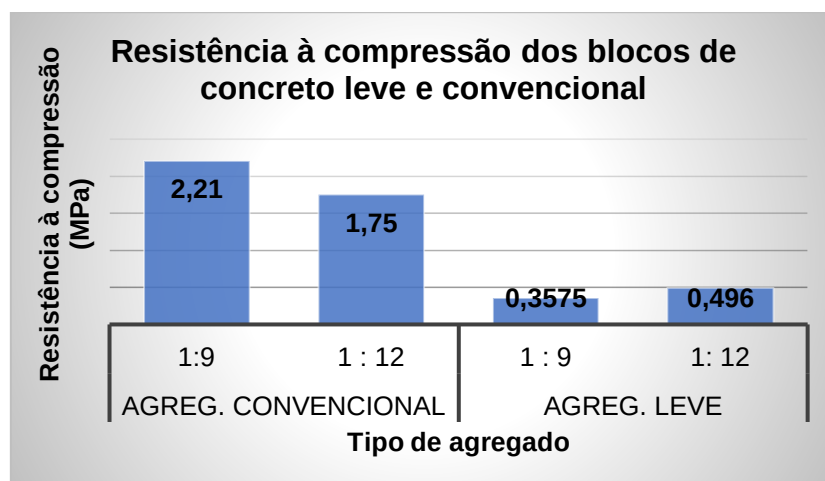
Fonte: O autor.

Verifica-se que ocorreu uma redução de 34,73% no peso do bloco de concreto leve em relação ao bloco de concreto com agregado convencional. Em comparação ao peso comercial do bloco de concreto, que é de 10,5 Kg, observa-se uma redução de 41,8%.

4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

Nos resultados do ensaio de resistência à compressão nenhum alcançou a resistência mínima para bloco de concreto conforme exigência de norma. Na figura 12 pode-se observar as resistências alcançadas.

Figura 12 -Resistência à compressão dos blocos de concreto leve e convencional



Fonte: O autor.

Verifica-se que as resistências foram muito inferiores as alcançadas com os corpos de prova, causando contradição. Além disso, a redução da resistência com o bloco de concreto leve em comparação ao convencional foi de 78,45%, para a média dos dois traços.

A tabela 7 mostra a Análise da Variância na resistência a compressão comparando blocos com agregado convencional e com agregado leve.

Tabela 7 – ANOVA de blocos de concreto com agregado leve e convencional.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA – ANOVA				
GI	MQ	F	Valor -P	F crítico
8	12,99	60,84	1,17E-06	4,54
9	0,21			

Fonte: O autor.

De acordo com a tabela 7 e como $F > F_{\text{crítico}}$, existem diferenças significativas entre os grupos, considerando blocos de concreto convencional e leve, mostrando que as resistências à compressão de blocos com agregados convencionais são muito superiores aos que foram moldados com agregado leve de argila expandida.

Alguns fatores foram observados durante a moldagem dos blocos que podem ter ocasionando essa diferença discrepante, tais como:

➤ A pressão ideal de operação da máquina de moldar blocos é de 120 Pa e em muitas moldagens operou com 60, 70 ou 80 Pa, conseguindo força com a ajuda manual do operador, a mesma se mostrou ineficiente para a compactação e desforma dos blocos;

➤ Outro fator foi a trituração da argila que alterou as propriedades de agregado leve e a deixou similar a mais um fino adicionado na mistura, com esse procedimento ela perdeu a sua estrutura esférica formada pela camada externa vitrificada e consequentemente sua alta resistência mecânica.

O ideal seria a encomenda na granulometria desejada direto do fabricante, porém o tempo disponível para os ensaios depois da chegada da máquina ao laboratório, não permitia essa substituição do material para novas moldagens.

5 CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho foram apresentados os estudos de viabilidade do uso de blocos de concreto leve. A partir da pesquisa bibliográfica, encontraram-se estudos que comprovam as vantagens do concreto leve em vários segmentos dos sistemas construtivos na construção civil. Sendo assim, buscou-se associar essas vantagens aos blocos de concreto, material de uso comum na alvenaria estrutural.

Com base nessa abordagem bibliográfica fez-se a pesquisa exploratória no laboratório, a fim de aplicar o traço exposto por pesquisadores da área e ainda avaliar as características técnicas do bloco de concreto leve. Analisou-se as principais características exigidas segundo a NBR 6136/2014, resistência à compressão e índice de absorção.

Nos resultados encontrados verificou-se que os blocos de concreto convencional alcançaram melhor desempenho em suas características técnicas. Contudo, o bloco com agregado leve obteve menor peso, confirmando o que indicava a bibliografia.

Além disso, deve-se considerar que alguns fatores influenciaram nos dados, para a aplicação da metodologia utilizada, pois nem os blocos de concreto convencional alcançaram a resistência mínima exigida e atingida na pesquisa bibliográfica referência. Indica-se a substituição do agregado leve a ser usado com a granulometria desejada sob encomenda direta do fabricante, para que não ocorra alterações nas propriedades do material a ser acrescentado.

Ainda, recomenda-se substituição para uma máquina de moldar blocos que faça a moldagem correta, sem acarretar em prejuízos nos resultados, de forma que não altere a compactação e desforma dos blocos.

Sabe-se que os corpos de prova com o mesmo traço atingiram as especificações normativas, confirmando que o fato dos blocos com a mesma proporção de dosagem obterem resultados tão contraditórios deve-se a máquina de moldar blocos não ser eficiente e confiável. Portanto, sugere-se que para trabalhos futuros essas aferições sejam feitas visando a análise mais realista dos dados e a averiguação dos resultados expostos nesse estudo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro. 2014.!

_____. **NBR 12118** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 1: projeto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

CIMENTO ITAMBÉ – Relatório de Ensaio de Cimento. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/relatorios-de-ensaio/?pro=371>> Acesso em 17 jun. 2017.

MENDES, André Soares et al. Desenvolvimento de concretos leves para o Concrebol. **Revista Ibracon Concreto & Construções**. Ano XLIV, p. 84-90, 2017.

MOHAMAD, G. **Construções em Alvenaria estrutural – Materiais, projeto e desempenho.** São Paulo/SP: Blucher, 2015.

PASSOS, Robinson Ferreira dos. **Verificação da produtividade na construção de paredes estruturais de blocos de concreto pelo modelo dos fatores em um empreendimento.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.

PRESOTTO, Vanderlei Cesar. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de agregado leve em blocos estruturais de concreto.** Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Santo Ângelo, 2011.

POYASTRO, Patricia Carone. **Comparação entre Blocos Cerâmicos e em Concreto, quanto a Custo e Produtividade, quando utilizados em Alvenaria Estrutural.** 2008.

SALVADOR FILHO, José Américo Alves. **Blocos de Concreto Para Alvenaria em Construções Industrializadas.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2007.

SCOBAR, Renan Luna. **Concreto leve estrutural: substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

DE SOUSA, João Victor Lima; DE ÁVILA, Ricardo Angélico Godinho. **Análise comparativa da viabilidade econômica entre os sistemas construtivos “Parede de concreto” e “Alvenaria estrutural”–Estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2014.