



**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO NA
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DE AGREGADOS E AGLOMERANTES
EM TRAÇO DE CONCRETO ESTRUTURAL**

**USE OF CONCRETE STRUCTURAL BLOCK RESIDUE IN THE PARTIAL AND
TOTAL SUBSTITUTION OF AGGREGATES AND AGGLOMERANTS IN
TRUCK OF STRUCTURAL CONCRETE**

Antonio Carlos Vilella Caldeira¹

Vitor Henrique Serradilha²

Pedro Sergio Hortolani Rodrigues³

RESUMO: O reaproveitamento de resíduos pela indústria da construção civil vem se tornando uma fonte alternativa e sustentável, seja reduzindo os custos e principalmente atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor. Entretanto, ainda há uma resistência por parte dos produtores e utilizadores do concreto em aplicar resíduos na composição do traço que tenha fins estruturais. Atualmente, o Laboratório de Engenharia Civil da Unitoledo de Araçatuba/SP recebe mensalmente das empresas privadas em média 1755 kg de blocos de concreto estruturais, que após realizados os ensaios, são descartados. No intuito de aplicar um destino adequado ao resíduo gerado nesta atividade, o objetivo deste artigo é analisar a viabilidade de produção de concreto estrutural substituindo parcial e totalmente os agregados e aglomerantes em um traço controlado.

Palavras-chave: Concreto; Bloco de Concreto; Resíduo; Agregados; Aglomerantes

¹ Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

² Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

³ Mestre em Engenharia Civil, UNESP, 2008.

ABSTRACT: The reuse of waste by the construction industry has become an alternative and sustainable source, either by reducing costs and mainly by mitigating the environmental impact generated by the sector. However, there is still resistance by producers and users of concrete to apply residues in the composition of the trait that has structural purposes. Currently, the Civil Engineering Laboratory of Unioledo de Araçatuba / SP receives 1755 kg of concrete concrete blocks from the private companies on a monthly basis, which after the tests are discarded. In order to apply a suitable fate to the waste generated in this activity, the objective of this paper is to analyze the viability of structural concrete production by partially and totally replacing the aggregates and binders in a controlled trait.

Key words: Concrete; Concrete block; Residue; Aggregates; Binders

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo do crescimento econômico e social. Contudo, esta também se constitui em uma atividade geradora de impactos ambientais (FERNANDEZ, 2011).

O setor da construção civil vem, ao longo do tempo, aprimorando suas técnicas construtivas e caminhando com o avanço tecnológico que hoje se espalha pelo mundo. Ao mesmo tempo em que cresce e se aprimora, é o setor que mais consome recursos naturais gerando um grande volume de resíduos, muitas das vezes por má qualidade do material em sua fabricação, no transporte que pode gerar perdas e falhas no processo de construção, seja na elaboração do projeto e sua execução.

Segundo Mariano (2008), a construção civil é uma das indústrias que mais utiliza recursos e é, também, a maior geradora de resíduos, sendo que a tecnologia construtiva adotada no Brasil favorece o desperdício de materiais.

Além do alto consumo de recursos naturais, os grandes empreendimentos de construção acarretam a alteração da paisagem e, como todas as atividades da sociedade, geram resíduos (FERNANDEZ, 2011).

De modo geral, os resíduos de construção civil são considerados de baixa periculosidade, sendo o principal impacto o volume gerado, nesses resíduos podem se encontrar, materiais orgânicos e diversos tipos de embalagens que podem favorecer o acúmulo de água, possibilitando assim a proliferação de insetos e doenças. (FERNANDEZ, apud KARPINSK.2009).

Estudam-se assim, alternativas para reduzir o acúmulo desses resíduos. Pode-se começar na melhoria da qualidade dos bens e serviços dentro da construção civil, provocando uma diminuição de perdas de materiais e que em longo prazo vão diminuir o percentual de resíduos gerados. Outra alternativa é a reciclagem desses materiais como já é realizado em alguns países, mas ainda com pequena atividade no Brasil, sendo uma boa alternativa, unindo dois pontos positivos: eliminar a grande deposição de entulho às margens de vias públicas, rios, terrenos baldios e, ao mesmo tempo, obter materiais de construção mais baratos e de boa qualidade.

1.1 RESÍDUOS DA CONTRUÇÃO CIVIL

Todo processo econômico gera resíduos. Mesmo sendo considerados inservíveis por grande parcela sociedade, os resíduos possuem, aproximadamente, 40% de materiais recicláveis. Esta parte é atrativa econômica, energética ou ambientalmente (MARIANO, apud FIGUEIREDO, 1994).

Para Fernandez (2011 apud BRASIL, 2005), os resíduos da construção civil representam um grave problema em muitas cidades brasileiras. Por um lado, a disposição desses resíduos pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. De outro lado, eles representam um problema que sobrecarrega os sistemas de limpeza pública municipais, visto que, no Brasil, os RCC podem representar de 50 a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2002), pela sua Resolução nº 307, propõe a seguinte definição para resíduos de construção civil:

“Art. 2º Inciso I: Resíduos Sólidos da Construção Civil: são os provenientes de construções, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimentos asfáltico,

vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha”

Ainda segundo CONAMA (2002), Outra definição importante é de Agregado Reciclado conforme a mesma resolução:

“**Art. 2º Inciso IV – Agregado reciclado:** é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia”

1.2. CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS

Em seu Art. 3º, o CONAMA (2002) propõe a classificação dos resíduos da construção civil, da seguinte forma:

I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solo provenientes de terraplanagem;

- a) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- b) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II – Classe B – são resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III – Classe C – são resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV – Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais a saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais contenham amianto ou outros produtos nocivos a saúde”

A Figura 1 apresenta a exemplificação de uma caçamba com resíduos de construção civil, situação comumente encontrada em ambiente urbano.



Figura 1 - Exemplo de resíduos de construção civil pertencente à classe A

1.3. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONTRUÇÃO CIVIL

É o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (SMMA, 2004).

Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.

Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.

Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.

O Gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil se faz necessário e é definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos Brasileira, pela lei 12.305/2010 Art. 3º X:

“Gerenciamento de Resíduos Sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, traspordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão

integrada dos resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma de Lei”

O Gerenciamento adequado ainda encontra obstáculos pelo desconhecimento da natureza dos resíduos, pela ausência de cultura de separação e pelo aumento de novos materiais, portanto, conhecer os resíduos gerados possibilitará o melhor encaminhamento para seu gerenciamento (FERNANDEZ, 2011).

1.4. BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO

Os blocos de concreto são elementos estruturais componentes de sistemas construtivos em alvenaria estrutural e também em elementos de fechamento, as alvenarias de vedação. Projetos em alvenaria estrutural ganham cada vez mais espaço na área da construção civil, por serem processos econômicos e racionais. Desta maneira, nos dias atuais, evidencia-se no Brasil uma grande difusão de obras principalmente de padrão popular onde este tipo de material vem sendo utilizado em larga escala, conseqüentemente com uma maior geração de resíduo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2014), pela sua NBR 6136, define bloco de concreto vazado simples como sendo “componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

1.5 RESÍDUOS DE BLOCOS DE CONCRETO

Nas fábricas de blocos de pequeno porte, em sua maioria, são locais onde os equipamentos para a fabricação são geralmente antigos e ultrapassados, isso favorece a geração de resíduos, diferindo das fabricas modernas que produzem blocos em grande escala e com alto controle de qualidade (MARTINS, 2012).

Ainda segundo Martins (2012), Durante o processo de fabricação dos blocos, a geração do resíduo ocorre momentos distintos, ora na linha de produção onde se encontra no estado fresco, onde o maior volume de resíduo gerado é no momento da prensagem, ora

no manuseio, transporte, controle de qualidade e estocagem, ou seja, no estado já endurecido.

Além do resíduo dos blocos de concreto gerados nas fábricas e no transporte, observa-se a geração de mais resíduo em ambiente de obras, seja na estocagem, transporte horizontal, transporte vertical, assentamento e retrabalhos.

Para que seja realizado o controle tecnológico do material seja na fase de produção ou execução de obra, são separadas amostras que são enviadas a laboratórios de ensaios de materiais de construção civil. Após os ensaios, também é gerado resíduo em proporções significantes.

O Centro Universitário Toledo Araçatuba/SP comporta atualmente o Laboratório de Engenharia Civil - LEC, que presta serviços a empresas privadas da região e que, desta maneira recebe amostras de blocos de concreto diariamente para se realizar ensaios específicos. Preocupando-se com o resíduo gerado desses ensaios lançou-se o propósito de estudar formas de beneficiamento e reaproveitamento destes materiais, antes descartados.

2. OBJETIVO

Utilizando o resíduo gerado pelos ensaios dos blocos de concreto estrutural, o objetivo deste artigo é analisar a viabilidade de produção de concreto estrutural substituindo parcial e totalmente os agregados e aglomerantes em um traço controlado.

3. METODOLOGIA

O procedimento experimental desse trabalho é constituído das etapas de obtenção do resíduo, do beneficiamento do mesmo, dosagem experimental dos concretos, execução dos ensaios e análise dos resultados obtidos.

Os agregados reciclados utilizados foram provenientes de resíduos de blocos de concreto ensaiados no LEC. Os resíduos foram separados e em sequência foi realizada a

etapa de seleção e retirada das impurezas, como materiais utilizados no capeamento dos mesmos, no caso, enxofre e gesso.

O resíduo foi triturado de forma manual com auxílio de um soquete e separado em três diferentes granulometrias, recebendo a seguinte denominação: O Agregado Miúdo Reciclado (AMR), O Agregado Graúdo Reciclado (AGR) e o Agregado Fino Reciclado (AFR). A Figura 2 ilustra o material beneficiado e separado, em relação aos materiais naturais, areia grossa, cimento e brita.



Figura 2 - Agregados naturais e reciclados

Para os agregados naturais e reciclados, foi realizada a seleção granulométrica respeitando NBR NM 248 (ABNT, 2003). Foram realizados ensaios de massa específica, respeitando a NBR NM 52 (ABNT, 2009). Para obtenção da massa específica aparente do agregado miúdo foram utilizadas medições diretas estimadas utilizando um Becker graduado. Na obtenção das massas específicas absoluta e aparente do agregado graúdo foi seguida a NBR NM 53 (ABNT, 2009). A composição granulométrica e a caracterização física dos agregados naturais e reciclados está descrita no item 5, nas Tabelas 1 e 2 .

Na produção dos concretos foram definidos quatro traços dosados através do método ACI (American Concrete Institute), segundo Bauer (2001), com diferentes percentuais de substituição de agregados e aglomerantes e sem uso de qualquer tipo de aditivo na mistura. O fck (Resistência característica à compressão) escolhido foi igual a todas amostras, com valor de 20 MPa e conseqüentemente valores iguais de relação água/cimento. Utilizou-se também o mesmo tipo de cimento, CII E 32, sendo o primeiro traço o convencional com agregados naturais, o segundo traço com substituição total do

agregado miúdo por AMR, o terceiro traço com substituição de 30% do agregado graúdo por AGR, e por fim o quarto traço com substituição de 30% do aglomerante (cimento) por AFR.

Com relação à massa específica dos agregados reciclados, os valores obtidos foram menores que os agregados convencionais. Em função disso, na dosagem dos concretos as massas desses materiais tiveram que passar por uma compensação, para que não houvesse diferença nos volumes de material quando fossem utilizados agregados naturais e reciclados nas misturas. Verificou-se também que os agregados reciclados tem uma taxa superior de absorção de água que os naturais quando realizada a mistura do concreto, essa taxa de absorção não foi compensada visto que era suficiente para saturar os agregados não aumentando assim a relação água/cimento que poderia diminuir a resistência mecânica do concreto, tornado assim a mistura pouco trabalhável e seca em relação a mistura com agregados naturais (Figura 3).



Figura 3 - Concreto com agregado reciclado

Para cada traço foram moldados 9 corpos-de-prova, respeitando a ABNT (2015), pela sua NBR 5738. Os corpos-de-prova após a moldagem são ilustrados nas Figuras 4 e 5.



Figura 4 - Corpos-de-prova do traço convencional

Figura 5 - Corpos-de-prova do traço com AMR

Após o desmolde (Figura 6), os corpos-de-prova foram imersos em uma solução de água e cal para ficar em processo de cura até o dia do seu ensaio, sendo 4 corpos-de-prova separados para os ensaios aos 07 dias e 5 corpos-de-prova para 28 dias.

Foi realizada uma avaliação da propriedade mecânica de resistência à compressão respeitando a ABNT (2015), pela sua NBR 5739, utilizando uma máquina de ensaios de compressão marca/modelo EMIC SSH300 classe I, devidamente calibrada.

Na data do ensaio, os corpos-de-prova foram retirados da cura e foram realizadas, com auxílio de um paquímetro as medições de seus diâmetros e alturas com precisão necessárias para o ensaio. Em sequência, os corpos-de-prova foram capeados com enxofre (Figura 7). A Figura 8 mostra um corpo-de-prova preparado e sendo submetido ao ensaio.



Figura 6 - Corpos-de-prova desmoldados





Figura 7 - Capeamento com enxofre



Figura 8 – Realização do ensaio de compressão axial

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios de caracterização física dos agregados naturais e reciclados podem ser verificados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Composição granulométrica dos agregados naturais e reciclados

Agregado Miúdo Natural		Agregado Miúdo Reciclado	
Dimensão máxima característica (mm)	4,8	Dimensão máxima característica (mm)	4,8
Módulo de finura	2,3	Módulo de finura	2,82
Agregado Graúdo Natural		Agregado Graúdo Reciclado	
Dimensão máxima característica (mm)	19	Dimensão máxima característica (mm)	19
Módulo de finura	6,2	Módulo de finura	6,8

Tabela 2 - Caracterização física dos agregados

Agregado	Tipo de material	Massa específica Absoluta (g/cm³)	Massa específica Aparente (g/cm³)
-----------------	-------------------------	---	---

Graúdo	Natural	2,82	1,65
	Reciclado	2,50	1,53
Miúdo	Natural	2,63	1,76
	Reciclado	2,49	1,58

Os resultados do ensaio de compressão axial para os 07 e 28 dias estão indicados na Tabela 3 e Gráficos 1, 2, 3 e 4.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de compressão axial

TRAÇO	Convencional		100% (AMR)		30%(AGR)		30%(AR)	
	07 dias	28 dias						
Idade	Resistência (Mpa)							
CP1	20,16		20,68		20,16		14,41	
CP2	16,91		19,27		22,19		12,75	
CP3	18,33		21,85		21,79		13,03	
CP4	18,56		21,69		20,31		14,08	
CP5		20,72		26,03		26,37		14,5
CP6		20,19		27,19		25,46		14,41
CP7		20,8		24,29		25,55		15,6
CP8		21,62		25		24,87		14,61
CP9		23,53		25,48		24,19		14,62
Média	18,49	21,37	20,88	25,6	21,11	25,29	13,57	14,75

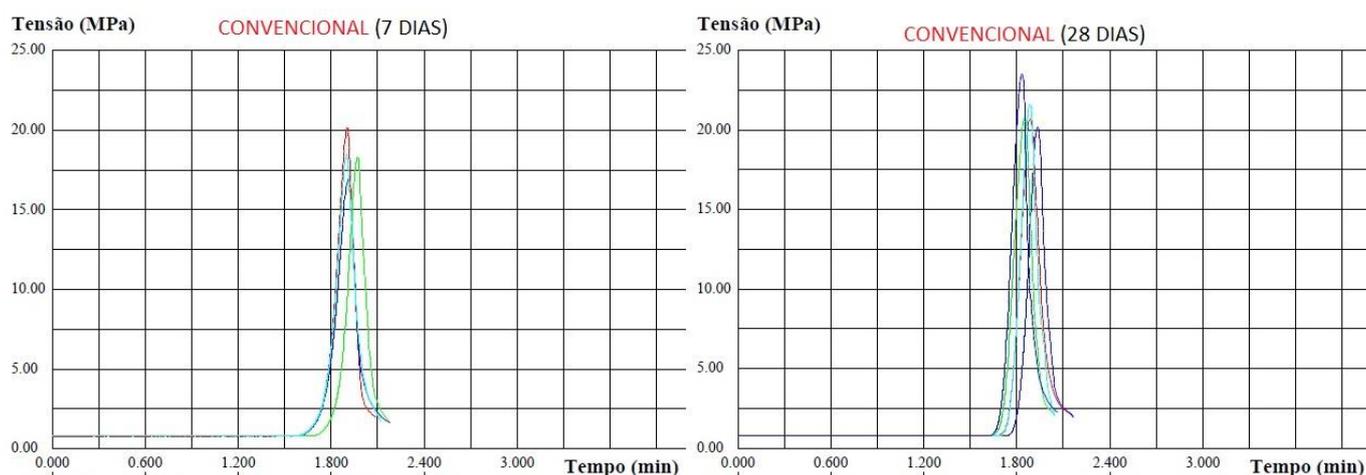


Gráfico 1 - Traço convencional

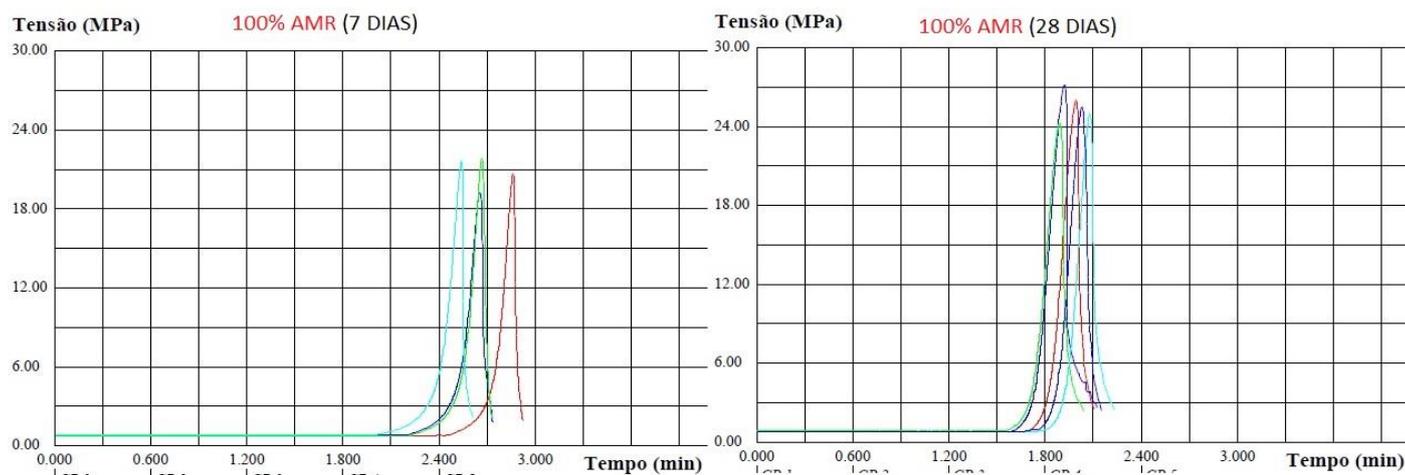


Gráfico 2 - Traço com 100% de Agregado Miúdo Reciclado

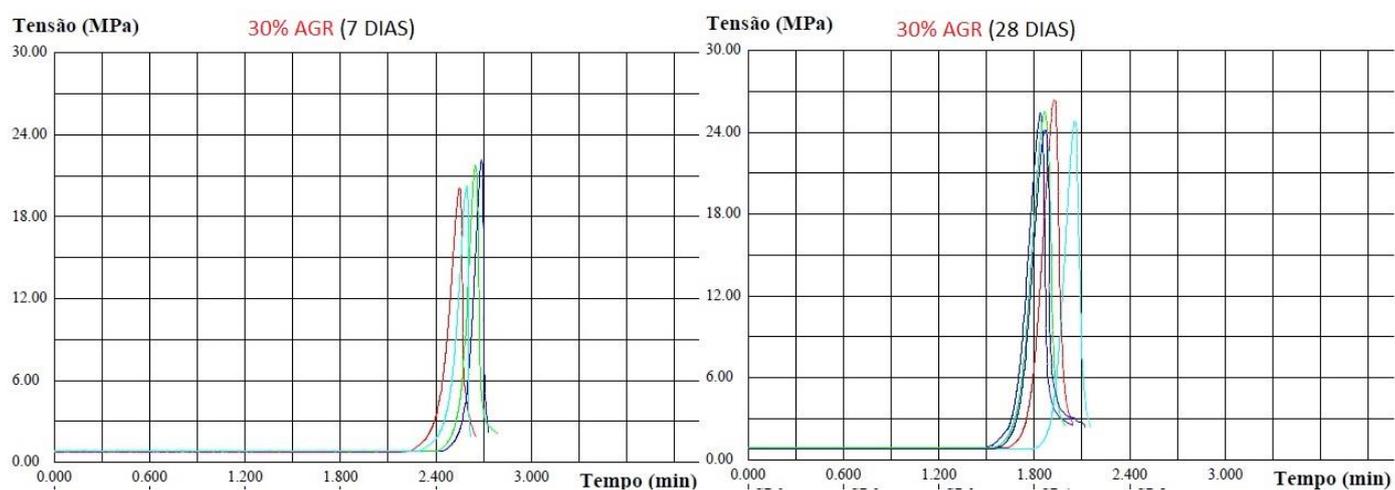


Gráfico 3 - Traço com 30% de Agregado Graúdo Reciclado

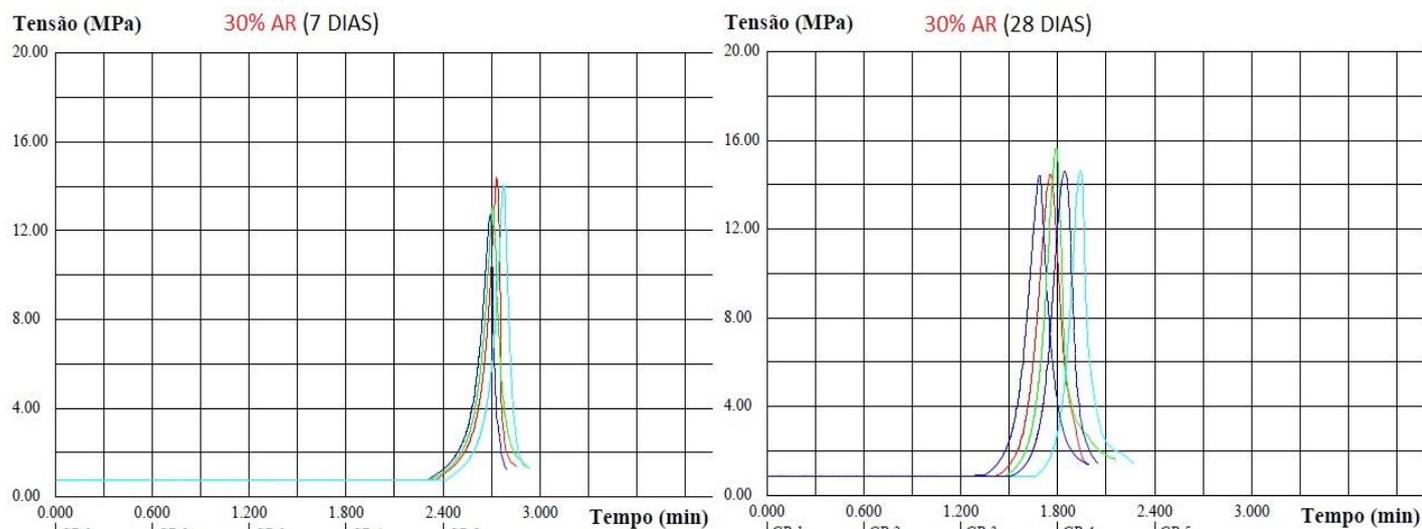


Gráfico 4 - Traço com 30% de Aglomerante Reciclado

Tomando como base o traço convencional, observou-se um aumento da resistência para os traços com substituição de agregados naturais pelos reciclados e uma queda da resistência para o traço com substituição do aglomerante, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagem de ganho e perda de resistência aos 7 e 28 dias

TRAÇO	100% (AMR)		30%(AGR)		30%(AR)	
	07 dias	28 dias	07 dias	28 dias	07 dias	28 dias
Idade	Ganho de resistência (%)	Perda de resistência (%)	Perda de resistência (%)			
	12,9	19,8	14,17	18,34	26,61	30,98

No Gráfico 5, tomando como base o traço convencional, podemos analisar de forma prática o comportamento dos diferentes traços no decorrer dos 7 e 28 dias.

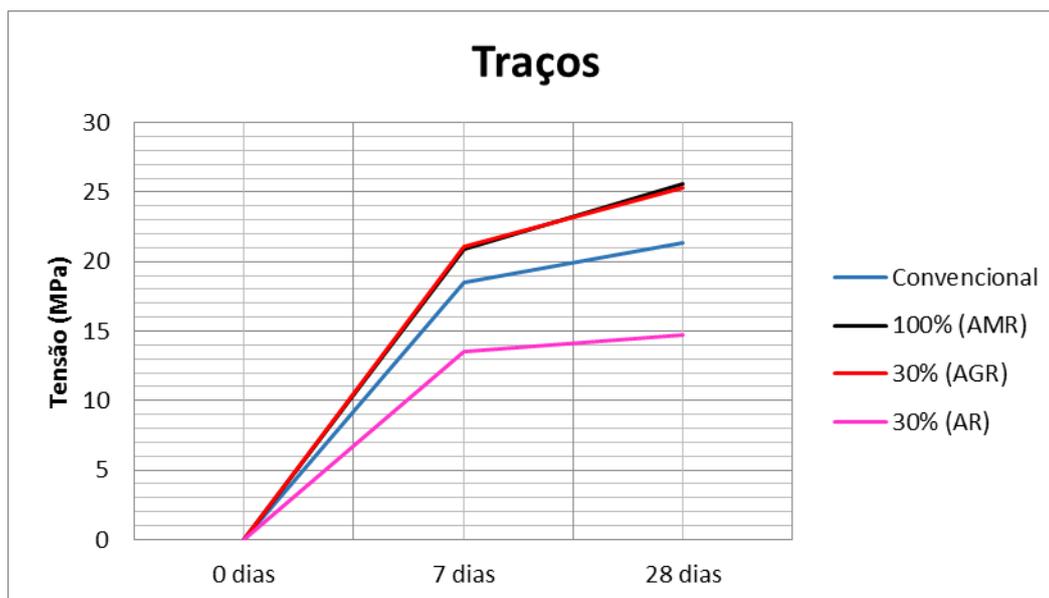


Gráfico 5 - Resistência a compressão das amostras aos 7 e 28 dias.

Os resultados obtidos esclarecem resultados positivos quando da substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados. Como a caracterização e granulometria dos materiais foi similar, esse efeito pode ser explicado devido a obtenção de misturas similares para as amostras convencionais em comparação com as de substituição.

A substituição do cimento por AR não gerou bons resultados, pois esse processo substitui materiais com propriedades diferentes, respectivamente um aglomerante e um agregado fino.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios levam a concluir que o uso de agregados reciclados em um traço de concreto com diferentes formas de dosagem afeta de forma a contribuir na sua resistência à compressão, por outro lado há uma perda de sua resistência quanto a substituição do aglomerante é realizada.

A substituição dos agregados por material reciclado torna-se viável para produção de concretos estruturais para as mais diversas finalidades.

Tais resultados positivos podem ser difundidos entre fábricas de blocos, construtoras, e laboratórios de ensaios, geradores desses resíduos, podendo desta forma dar

uma destinação mais apropriada a esses materiais e também gerando economia, pois é uma alternativa para reduzir a compra de agregados naturais.

Com o intuito de melhorar a trabalhabilidade desse concreto e consequente utilização em concretos estruturais de resistência mais elevada, novos estudos ainda devem ser conduzidos, acenando também para outras formas de utilização desses materiais. Também deve ser avaliada a durabilidade deste material ao longo do tempo de vida útil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248:2003**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 52:2009**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 53:2009**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:2015**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739:2007**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6136:2014**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014. 10p.
- BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. São Paulo: Ltc, 2001. 447 p. (Volume 1) Cartilha da SMMA (Novembro de 2004). *Gerenciamento de resíduos da construção civil*. Acesso em 20 de Julho de 2016, disponível em [sindusconpr: http://sindusconpr.com.br/gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil-1960-p](http://sindusconpr.com.br/gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil-1960-p)
- FERNANDEZ, J.A.B. (Agosto de 2011). Resíduos da Construção Civil. pp. 05-08.
- MACHADO, G. B.(16 de Março de 2015). *Classificação dos Resíduos da Construção Civil no Brasil*. Acesso em 20 de Julho de 2016, disponível em Portal Resíduos Sólidos: <http://www.portalresiduossolidos.com/classificacao-dos-residuos-da-construcao-civil-no-brasil/>

MACHADO, G.B. (16 de Março de 2015). *Definição de Resíduos da Construção Civil no Brasil*. Acesso em 20 de Julho de 2016, disponível em Portal Resíduos Sólidos:

<http://www.portalresiduossolidos.com/definicao-de-residuos-da-construcao-civil-no-brasil/>

MACHADO, G.B. (14 de Agosto de 2015). *Gerenciamento de Resíduos Sólidos*. Acesso em 20 de Julho de 2016, disponível em Portal Resíduos Sólidos: <http://www.portalresiduossolidos.com/gerenciamento-de-residuos-solidos/>

MARIANO, Leila Seleme. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM REAPROVEITAMENTO ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA COM 4.000m²**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Cap. 1.

MARTINS, Derival das Graças. **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO, NO MOMENTO DA Prensagem, para confecção de Micro Concreto**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Cap. 4.