

## CONCRETO ESTRUTURAL COM AGREGADO RECICLADO XIV INIC / X EPG - UNIVAP 2010

**Rogério André de Oliveira Mota<sup>1</sup>, Allan Richard Gonçalves Andrade<sup>2</sup>, Guido Santos de Almeida Junior<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>UNIVAP/Graduação em Engenharia Civil, São José dos Campos - SP, rogerioalano@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UNIVAP/Graduação em Engenharia Civil, São José dos Campos - SP, allanrichard2@yahoo.com.br

<sup>3</sup>UNIVAP/Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, São José dos Campos - SP, Guido@univap.br

**Resumo-** A quantidade de entulho gerado nas construções que são realizadas nas cidades brasileiras demonstra um enorme desperdício de material. Os custos deste desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho. Visando o meio ambiente e o aprimoramento das técnicas construtivas, este trabalho terá objetivo de estudar diferentes tipos de traços de concreto, com os agregados naturais sendo substituídos por agregados reciclados no intuito de avaliar a possibilidade de se obter concretos estruturais com agregados reciclados. Foram produzidos diferentes tipos de traço de concreto com agregados reciclados e concretos de referência foram produzidos com agregados naturais. Observou-se que os agregados reciclados têm potencial para aplicação em concreto estrutural.

**Palavras-chave:** Agregado reciclado, concreto estrutural, sustentabilidade  
**Área do Conhecimento:** III - Engenharias

### Introdução

A pesquisa do concreto estrutural com agregado reciclado se fez a partir do aprimoramento das técnicas construtivas e paralelamente da quantidade de entulho gerado nas construções e do enorme desperdício de material. Os custos deste desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho.

É possível produzir agregados reciclados a partir de entulho gerado nas construções, mas os agregados reciclados têm algumas particularidades como a variabilidade, heterogeneidade da composição e a menor resistência mecânica, que representam dificuldades não só à sua utilização como também a confiabilidade dos mesmos em aplicações de maior valor econômico e responsabilidade.

As conseqüências dessas particularidades são manifestadas nos próprios agregados reciclados e conseqüentemente nos concretos.

As classificações dos agregados são normalmente feita de forma visual e a definição das melhores categorias parte do princípio de que agregados contendo materiais tidos como mais resistentes, como o concreto, por exemplo, são também mais resistentes, por apresentar rocha em sua composição.

Nos agregados, a porosidade afeta outras de suas propriedades e duas delas refletem bem seu nível de porosidade e é de fácil determinação: a absorção de água e a massa específica. No concreto sua resistência, durabilidade, retração e permeabilidade sofrem influência direta do número, tipo, tamanho e distribuição dos poros presentes nos agregados e na pasta de cimento.

Visando o aprimoramento das técnicas construtivas e no meio ambiente, este trabalho terá objetivo de estudar diferentes tipos de traços de concreto, com os agregados naturais sendo substituídos por agregados reciclados no intuito de avaliar a possibilidade de se obter concretos estruturais com agregados reciclados e ainda reduzir o valor final em até 50% do concreto com agregado reciclado.

### Metodologia

No intuito de analisar a possibilidade de se produzir concretos para diferentes classes (C20, C25 e C30) com agregados reciclados, foram escolhidas para estudos as seguintes propriedades: resistência à compressão, absorção de água e massa específica. Também foi medida a consistência dos concretos pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone).

O resíduo utilizado foram coletados da obra de modernização da Refinaria Henrique Laje (Petrobras) – São José dos Campos. A massa específica desses agregados foi usada como parâmetro para manipulação de sua resistência em virtude da mesma refletir bem o nível de porosidade do material.

Foram tomados como variáveis para a pesquisa os seguintes parâmetros:

- **Traço:** adotado traços com Fck de 20 MPa, 25 MPa e 30 MPa.
- **Massa específica dos agregados:** foram adotados 2 valores, um para agregado graúdo (2,66 Kg/dm<sup>3</sup>) e outro para agregado miúdo (2,43 Kg/dm<sup>3</sup>).
- **Tipo dos agregados:** para os agregados (miúdo ou graúdo) foram adotados dois tipos: agregados 100% natural e agregados 100% reciclados.

Os materiais utilizados foram: agregado miúdo natural e reciclado (figura 1), agregado graúdo natural e reciclado (figura 2), o aglomerante utilizado foi um cimento Portland resistente à sulfatos (CPIII 40 RS) e água.



Figura 1 - Agregado miúdo reciclado



Figura 2 - Agregado graúdo reciclado

Os agregados miúdos naturais usados são provenientes de areia natural de rio.

Para se obter os agregados graúdos e miúdos, os entulhos são pré-selecionados e triturados em uma usina de trituração da região (figura 3) (correspondentes a brita 1 e areia respectivamente), foi selecionado uma amostra destes agregados e em laboratório passou por uma nova triagem.

Os agregados miúdos reciclados foram obtidos da trituração de entulhos e passante na peneira de 4,75mm.



Figura 3 – Usina de trituração

O agregado graúdo naturais usado foi a Brita 1 com diâmetro máximo de 19 mm obtida através da britamento de rocha de uma pedreira da região. Os agregados graúdos reciclados foram obtidos da trituração de entulhos e passantes na peneira de 19 mm. As características dos agregados graúdos e miúdos são listadas na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização física dos agregados			
Agregados	Tipos de Material	Absorção (%)	Massa específica (Kg/dm <sup>3</sup> )
Miúdo	Natural	-	2,60
	Reciclado	3,50	2,43
Graúdo	Natural	2,48	2,73
	Reciclado	5,62	2,66

Foram estabelecido três traços de concreto com diferentes resistências à compressão Fck 20 Mpa (classe C20), Fck 25 Mpa (classe C25) e Fck 30 Mpa (classe C30).

Na tabela 2 mostra a composição dos materiais (traço) utilizados para se obter os concretos.

Tabela 2 - Composição dos concretos reciclados e concretos de referência

Traço	Fator a/c	Materiais em massa (Kg)			
		Água	Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo
C 30	0,43	215	500	617	1038
C 25	0,53	213	402	703	1038
C 20	0,60	212	355	744	1038

Foi produzido concreto com 100% de agregados naturais e concreto com 100% de agregados reciclados para que houvesse um comparativo entre ambos.

A trabalhabilidade foi determinada pela consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme, ABNT NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Foram moldados 2 corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm x 20 cm para as seguintes idades, 3 dias, 7 dias e 28 dias e rompidos através de ensaios mecânicos de resistência à compressão em uma prensa (figura 4) de acordo com a norma ABNT NBR 5739 - Concreto – Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos, nestes corpos-de-prova. O capeamento dos corpos-de-prova foi através de enxofre diluído.

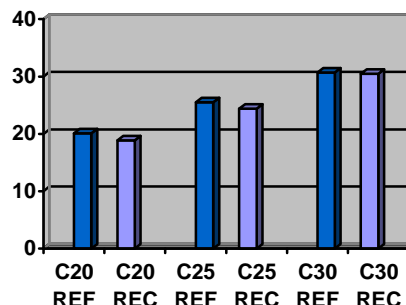
O método de cura adotado para todos os concretos foi a imersão total dos corpos-de-prova em água.



A figura 4 – Prensa - Ensaio mecânicos de resistência à compressão.

## Resultados

Os resultados do rompimento dos corpos-de-prova estão descrito no gráfico 1.



Legenda:

- REF – Concreto de Referência
- REC - Concreto Reciclado

Gráfico 1 – Resistência à compressão dos concretos

No gráfico 1 nota-se que os traços de classe C20 e C25 apresentaram resistência abaixo dos concretos de referencia, já o concreto classe C30 atingiu a resistência à compressão requerida ( 30 Mpa).

O slump encontrado pelo abatimento do cone de tronco está descrito na tabela 3.

Tabela 3 - Verificação da Trabalhabilidade – Slump

Agregados	Fck (MPa)	Slump do Traço (mm)	Slump Encontrado (mm)
Reciclados	20	90±10	80
Natural	20	90±10	100
Reciclados	25	90±10	75
Natural	25	90±10	95
Reciclados	30	90±10	75
Natural	30	90±10	90



## Discussão

O caso onde não atingiu a resistência à compressão requerida (classes C20 e C25), uma das possíveis explicações para isso é que os agregados reciclados absorveram parte da água de mistura, diminuindo a relação a/c efetiva. Outra explicação é que com o aumento da relação a/c, a pasta torna-se cada vez mais o fator limitante da resistência. A explicação encontrada para que o concreto classe C30 atingisse a resistência requerida foi a baixa relação água/cimento e uma maior aderência da pasta com o agregado, devido ter um consumo elevado de cimento.

A baixa trabalhabilidade obtida dos diferentes tipos de traços (C20, C25 e C30) foi devido a argamassa aglomerada nos agregados reciclados, tornando os mesmos mais porosos, assim absorvendo parte da água da mistura, o que deixou o concreto mais seco.

## Conclusão

Os resultados mostram grande potencial do uso de agregados reciclados, sendo por tanto um produto com grande potencial para utilização de concreto estrutural desde que se avalie outras características importantes que vão depender do tipo de obra e do ambiente a que a estrutura estará exposta.

Os concretos reciclados mostraram-se mais porosos e permeáveis, o que tendem a ser menos duráveis por proporcionar, no caso das aplicações estruturais, menor proteção à armadura contra agente agressivos externos. Entretanto, isso só vira a ser um fator extremamente limitante do uso desses concretos no caso daquelas estruturas que estiver aparente. A norma ABNT NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento, permite que revestimentos podem ser aplicados sobre o concreto no intuito de proteger o material das condições ambientais nocivas.

O comportamento dos concretos classes C20, C25 e C30 ocorreu independente do tipo de agregado (natural e reciclado) utilizado e, portanto, mostra que todos concretos obedeceram à Lei de Abrams, isto é, à medida que se aumentou a relação a/c, a resistência à compressão diminuiu.

A resistência à compressão dos concretos classes C20 e C25 não atingiram a resistência requerida, sendo assim os traços utilizados das classes C20 e C25 não podendo utilizar como concreto estrutural, já o traço classe C30 atingiu a resistência requerida, podendo ser utilizado como concreto estrutural.

## Referências

- ABNT NBR NM 30 – Agregado miúdo – Determinação da absorção de água
- ABNT NBR NM 33 – Concreto – Amostragem de concreto fresco
- ABNT NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente.
- ABNT NBR NM 53 – Agregado graúdo – Determinação de massa específica, específica aparente e absorção de água.
- ABNT NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- ABNT NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.
- ABNT NBR 5738 – Concreto Procedimento para moldagem e cura dos corpos-de-prova.
- ABNT NBR 5739 – Concreto – Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos.
- ABNT NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento.
- ABNT NBR 12654 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto.
- ABNT NBR 12655 – Concreto de cimento portland – preparo, controle e recebimento – Procedimento.
- ABNT NBR 14931 – Execução de estrutura de concreto – Cura.
- Manual de traços de concreto – Gildasio Rodrigues da Silva.
- [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)