



### III-137 – ADIÇÃO DE ENTULHO E RESÍDUO DE BORRACHA COMO AGREGADO NA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO

**Patrícia Rossoni<sup>(1)</sup>**

Acadêmica do 9º período de Engenharia Civil da Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó/SC).

**Rosiléa Gracia França**

Professora do Mestrado em Ciências Ambientais da Unochapecó. Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Oceânica pela Fundação Universidade do Rio Grande (FURG). Engenheira Civil pela FURG.

**Rebecca Iva Carreiro Simonetti do Pillar**

Acadêmica do 9º período de Engenharia Civil da Unochapecó/SC.

**Francielle Nicaretta**

Acadêmica do 9º período de Engenharia Civil da Unochapecó/SC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Frei A.J. Lazzarotto, 92 – Perpetuo Socorro - São Lourenço do Oeste - SC - CEP: 89990-000 - Brasil - Tel: (49) 3344-3574 - e-mail: [pattycivil@unochapeco.edu.br](mailto:pattycivil@unochapeco.edu.br)

#### RESUMO

Um dos grandes problemas enfrentados pela humanidade atualmente é como destinar adequadamente o resíduo produzido. Entre estes resíduos destacam-se: o entulho de obras e a borracha de pneus inservíveis. Com o crescente acúmulo de materiais depositados de forma incorreta no meio ambiente o mundo todo se depara com o seguinte questionamento: O que fazer com os resíduos produzidos diariamente em residências, obras, nas fabricas, nas empresas? Nos dias atuais ainda nos deparamos com entulho de construção civil, pneus, plásticos, garrafas Pet jogados em terreno baldios, margens de rios, beira de estradas, entre outros. Diante deste contexto, esta pesquisa visa minimizar o problema de destinação inadequada de entulho gerado pelo Setor da Construção Civil e de pneus inservíveis produzidos pela Indústria Automobilística. É proposto à utilização desses resíduos como matéria prima para a confecção de argamassa e concreto utilizados na Construção Civil. Desta forma obtendo um novo material, como forma de uma fonte retornável. Para isso, serão confeccionados em laboratório vários corpos-de-prova com argamassa e concreto utilizando percentuais variados de entulho e borracha de pneu. Assim, além de oferecer uma forma de utilização adequada a estes materiais, visa-se proporcionar ao setor da Construção Civil, argamassa e concreto de qualidade que atendam as Normas Técnicas vigentes. Almeja-se ainda contribuir para pesquisas futuras, cooperar para a fabricação de outros produtos com a utilização de resíduos, além de despertar o interesse das empresas de Construção por produtos que beneficiem o meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos, Meio ambiente, Concreto, Borracha, Argamassa.

#### INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande preocupação com a destinação de materiais considerados inservíveis, tais como, entulhos gerados em obras da Construção Civil, pneus fabricados pela Indústria Automobilística, entre outros.

A Resolução 258/99 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) prevê a proibição da destinação final inadequada de pneumáticos inservíveis, assim como a disponibilização em aterros sanitários, mar, rios, lagos ou riachos, terrenos baldios ou alagadiços e queimas a céu aberto. Com o intuito de minimizar o impacto ambiental, determina responsabilidades, prazos e quantidades para a coleta, reciclagem e destino final para os pneus inservíveis.

O entulho é outro resíduo causador da degradação do meio ambiente. O Setor da Construção Civil, é um dos grandes geradores de entulho, na maioria das etapas da construção é produzido um grande volume desse material. Na maioria das vezes, o entulho é retirado da obra e disposto clandestinamente em locais como terrenos baldios, margens de rios e ruas das periferias. “O tratamento dado ao entulho pode ser comparado ao



resíduo sólido urbano, ou seja, são destinados em aterros sanitários, bota-foras clandestinos, ao longo das margens de vias públicas, córregos e entre outros locais impróprios” (CAON, 2004, p.1).

Encontra-se cada vez mais evidenciada a necessidade de obtenção de local adequado para disponibilização deste material. Há várias pesquisas realizadas com intuito de encontrar uma solução viável para os pneus inservíveis, como: estabilização de encostas, fabricação de mistura asfáltica, fabricação de concreto, fabricação de argamassa, entre outras. Também são realizadas pesquisas para reutilização do entulho como: fabricação de concreto, fabricação de argamassa, contrapiso, entre outros.

Uma opção para utilização desses resíduos, pneus inservíveis e entulho, é através da fabricação de argamassa e concreto, utilizados pelo Setor da Construção Civil.

Esta pesquisa visa à utilização dos resíduos de pneus inservíveis e entulho para confecção de um novo material, agregando menor valor, para ser utilizado na Construção Civil, como forma de uma fonte retornável.

Inicialmente pretende-se utilizar entulho como agregado miúdo, para fabricação de argamassa. Em seguida realizar-se-á o mesmo procedimento para fabricação de argamassa utilizando fragmentos de pneus. Posteriormente será fabricada argamassa com a junção de fragmentos de pneus e entulho, substituindo um percentual de areia convencional. Objetiva-se em todas as etapas fabricar aleatoriamente a argamassa com adição de entulho e argamassa convencional, para obtenção de comparativos entre ambos.

Após a confecção da argamassa foi fabricado concreto. O concreto foi confeccionado em laboratório, onde serão realizados corpos-de-prova utilizando, além dos materiais já mencionados na confecção de argamassa, agregado graúdo sendo que uma parcela desse agregado graúdo poderá ainda ser substituída por entulho com granulometria maior.

Após a fabricação das amostras de argamassa e concreto serão realizados testes para verificar se as características do material encontrado atendem aos requisitos estabelecidos em Norma.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para realização desta pesquisa foi utilizado o método de pesquisa experimental. Objetivou-se produzir argamassa e concreto com adição de resíduos da Indústria Automobilística e da Construção Civil, os quais geralmente são destinados de forma incorreta causando danos incalculáveis ao meio ambiente.

O entulho utilizado para fabricação do concreto e da argamassa foi proveniente de restos de materiais de construção que foram coletados pela Central de Tratamento e Disposição de Resíduos Industriais e Comerciais - Cetric de Chapecó. O material foi fornecido já devidamente triturado, apresentando granulometrias variadas (Figura 1). Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizados ensaios de caracterização destes materiais e em seguida estes foram passados na peneira 2,4 mm, para desta forma estar pronto para serem utilizados na confecção do concreto e da argamassa.

A borracha foi proveniente do processo de recapagem de pneus e esta foi fornecida pela empresa Recap Pneus de Chapecó. A borracha apresentou granulometrias variadas e para ser utilizada foi passada na peneira 2,4 mm, como pode ser observado na Figura 2.

Foram utilizados ainda areia e brita cedidos pela Unochapecó.



**Figura 1 – Entulho passante na peneira 2,4 mm**



**Figura 2 – Borracha de pneu passante na peneira 2,4 mm**

Com todos os materiais já preparados realizou-se inicialmente os ensaios de caracterização dos mesmos. Foram realizados em laboratório os seguintes ensaios de caracterização:

- areia: Determinação da Massa Específica por meio do Frasco de Chapman, encontrando-se um de 2,613 g/cm<sup>3</sup>; determinação da Composição Granulométrica, onde a mesma foi caracterizada baseado na NBR 7211 como fina;

- brita: Determinação da Massa Específica com auxílio de Proveta onde foi encontrado o valor de 2,887 g/cm<sup>3</sup>; Determinação da Composição Granulométrica onde esta foi caracterizada baseando-se na NBR 7211 como do tipo 2;

- entulho: Determinação da Composição Granulométrica, onde este foi caracterizado como fino.

Após a realização dos ensaios de caracterização iniciou-se a etapa de fabricação dos materiais: argamassa e concreto.



### FABRICAÇÃO DA ARGAMASSA

Os materiais utilizados foram: areia convencional tipo fina, cimento CP II Z - 32, cal hidratada do tipo CH III (cal hidratada comum com carbonatos) e água. O traço utilizado será 1:2:8, em volume. Sendo uma medida de cimento para duas medidas de cal hidratada e oito medidas de agregado miúdo de granulometria média. Na porção referente às oito medidas de agregado miúdo de granulometria média foram adicionados os materiais reciclados (entulho e borracha juntamente com a areia convencional).

Foram realizados ensaios com os seguintes percentuais de areia e de material reciclado:

- a) Fabricação de argamassa convencional: 1 medida de cimento, 2 medidas de cal, 8 medidas de areia.
- b) Fabricação de argamassa com 50% de entulho: 1 medida de cimento, 2 medidas de cal, 4 medidas de areia e 4 medidas de entulho (passante na peneira 2.4mm);
- c) Fabricação de argamassa com 50% de borracha de pneu: 1 medida de cimento, 2 medidas de cal, 4 medidas de areia e 4 medidas de borracha passante na peneira 2.4mm;
- d) Fabricação de argamassa com 25% de entulho e 25% de borracha: 1 medida de cimento, 2 medidas de cal, 4 medidas de areia, 2 medidas de entulho e 2 medidas de borracha.

Quanto à água, esta foi adicionada na argamassa até se obter uma boa consistência para trabalhar, onde a consistência era medida com auxílio da colher de pedreiro.

Antes da utilização dos agregados reciclados na fabricação de argamassa foi realizado o pré-umedecimento dos mesmos. A mistura dos materiais ocorreu na argamassadeira da seguinte forma: primeiro foi colocada a areia, depois o material reciclado, em seguida o cimento, a cal e água, nas proporções especificadas no traço.

O conjunto ficou na argamassadeira por aproximadamente 5 minutos e, em seguida, realizou-se a confecção dos corpos-de-prova. Para a confecção dos mesmos foi utilizado cilindros com dimensões de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Foi passado óleo nos cilindros, em seguida moldou-se 36 unidades dos corpos-de-prova, sendo:

- a. Nove corpos-de-prova confeccionados com adição de 50% de entulho;
- b. Nove corpos-de-prova confeccionados com adição de 50% de borracha;
- c. Nove corpos-de-prova confeccionados com adição de 25% de entulho e 25% de borracha; e,
- d. Nove corpos-de-prova confeccionados com areia convencional sem adição de materiais reciclados.

Os corpos-de-prova ficaram no cilindro por um período de 24 horas. Posteriormente foram desmoldados, com auxílio de espátula e colocados em um tanque com água para cura.

Os corpos-de-prova foram rompidos aos 7, aos 14 e aos 28 dias. Estes ficaram em descanso por 1 hora para retirada do excesso de água, em seguida foram moldados com enxofre ficando prontos para realização do rompimento.

Posteriormente foi realizado ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova de argamassa segundo a NBR 13279/95 e 07215/96.

### FABRICAÇÃO DO CONCRETO

Os materiais utilizados para fabricação de concreto foram: areia convencional caracterizada como fina, brita do tipo 2, cimento CP II Z - 32 e água.

O traço utilizado foi 1:2:1 sendo a relação água cimento de 0,5.



A mistura dos materiais ocorreu conforme especificado por Scholz, Seidler e Jacoski (2008): primeiro colocou-se o agregado graúdo no misturador, em seguida adicionou-se a metade da água que é seguida pela adição de cimento e para finalizar acrescentou-se o restante do agregado no misturador com o restante da água.

Após realizada a fabricação do concreto, foi realizado Slump test para verificar a trabalhabilidade do concreto, para isso seguiu-se os procedimentos especificados pela NBR MN 67/98.

Em seguida foi realizada a confecção dos corpos-de-prova. Para tanto foram utilizados cilindros com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura.

Para confecção dos corpos-de-prova foi passado óleo nos cilindros, em seguida moldou-se 36 unidades dos mesmos, sendo:

- a. Nove corpos-de-prova confeccionados com adição de 50% de entulho;
- b. Nove corpos-de-prova confeccionados com adição de 50% de borracha;
- c. Nove corpos-de-prova confeccionados com adição de 25% de entulho e 25% de borracha, e
- d. Nove corpos-de-prova confeccionados com areia convencional sem adição de materiais reciclados.

Os corpos-de-prova ficaram no cilindro por um período de 24 horas. Posteriormente foram desmoldados com auxílio de espátula e colocados em um tanque com água para cura.

Estes ficaram em descanso por 1 hora para retirada do excesso de água, em seguida foram moldados com enxofre e ficaram prontos para realização do rompimento. Os corpos-de-prova foram rompidos aos 7, aos 14 e aos 28 dias.

Para verificar a resistência à compressão dos corpos-de-prova foi seguida a NBR 5739/94 onde se encontra as especificações para a realização do ensaio de rompimento dos corpos-de-prova.

## RESULTADOS

Após o rompimento dos corpos-de-prova foram atingidos os seguintes resultados de resistência à compressão da argamassa, conforme Tabela 1:

**Tabela 1 – Resistência dos corpos-de-prova de argamassa**

Argamassa				
	50% borracha	50% entulho	25%borracha 25% entulho	Convenciona l
Idade	Resistência (Mpa)	Resistência (Mpa)	Resistência (Mpa)	Resistência (Mpa)
7 dias	0,76	1,93	2,44	2,24
	0,71	1,68	2,14	2,6
	0,66	2,04	2,14	2,29
14 dias	0,71	1,63	2,29	3,51
	0,76	1,38	2,75	3,67
	0,76	2,04	2,65	3,62
28 dias	0,76	1,73	1,78	4,33
	0,92	1,68	2,9	4,02
	0,81	1,63	2,85	4,07

Segundo a NBR 13281/2001 as argamassa devem atender aos 28 dias a uma resistência a compressão superior ou igual a 0,1 MPa e inferior a 4 MPa. Logo, observando a Tabela 1 verifica-se que todas as argamassas



ensaiadas atingiram resistências maiores que as exigidas por Norma, no entanto a argamassa convencional chegou a atingir resistência superior a 4 MPa aos 28 dias, logo talvez haja a necessidade de refazer os testes com um número maior de amostras ou ainda fazer uma revisão referente ao traço utilizado.

Pode-se observar também que a argamassa com a junção de entulho, areia e borracha de pneus obteve boas resistências, superiores as resistências atingidas quando os materiais foram utilizados sozinhos. Observa-se que as resistências não variaram muito se compararmos aos 7, 14 e 28 dias. A argamassa com a junção destes materiais (entulho e borracha) obteve uma boa resistência inicial que se manteve aos 14 e aos 28 dias.

A argamassa produzida com adição de 50% de entulho também obteve boas resistências, no entanto estas ficaram bem abaixo das da resistência atingida pela argamassa convencional.

Já a argamassa produzida com 50% de borracha obteve as menores resistências. Durante os ensaios observou-se que para se atingir aproximadamente a mesma trabalhabilidade das outras argamassas utilizou-se uma menor quantidade de água na mistura, pois a borracha não absorve a água de amassamento. Observou-se também uma maior dificuldade para trabalhar com a mistura, pois esta apresentava partículas bem visíveis da borracha, sendo que os corpos-de-prova moldados ficaram com a superfície menos lisa.

Com relação aos corpos-de-prova de concreto pode-se observar os resultados de resistência a compressão na Tabela 2:

**Tabela 2 - Resistência dos corpos-de-prova de concreto**

Concreto				
	50% borracha	50% entulho	25%borracha 25% entulho	Convenciona l
Idade	Resistência (Mpa)	Resistência (Mpa)	Resistência (Mpa)	Resistência (Mpa)
7 dias	12,48	18,73	17,81	31,73
	12,67	19,2	18,11	30,42
	12,38	19,01	18,53	29,56
14 dias	14,94	23,99	23,19	36,43
	14,35	24,54	22,69	33,54
	14,5	23,33	23,22	34,3
28 dias	15,84	27,76	22,91	41,1
	15,56	27,99	21,67	42,16
	16,04	23,8	22,74	37,92

Para fabricação do concreto foi utilizado o auxílio da betoneira existente no laboratório de Engenharia Civil da Unochapecó. Depois de fabricado o concreto foi realizado o slump test, onde encontrou-se os seguintes resultados:

- concreto convencional - slump 3 cm;
- concreto com 50% de borracha - slump 4 cm;
- concreto com 50% de entulho - slump 2 cm;
- concreto com 25% de borracha e 25% de entulho – slump 3cm.

Observou-se que para atingir a mesma relação água/cimento (0,5), obtiveram-se consistências diferentes do concreto, sendo que o concreto com 50% de borracha atingiu a menor consistência. Este fato pode ser explicado pela presença da borracha que não absorve água de amassamento.

O rompimento dos corpos-de-prova foi realizado obedecendo-se as especificações apresentadas pela NBR 5739/94.



Pode-se observar que os corpos-de-prova com adição de agregados reciclados atingiram resistências bem abaixo das encontradas no concreto convencional. Sendo que o concreto com adição de 50% de entulho atingiu as maiores resistências se compararmos os concretos com adição de agregado reciclado.

Observa-se ainda, que se repetindo o resultado ocorrido com a argamassa, à junção de entulho, borracha e areia apresentou uma resistência superior aos corpos-de-prova confeccionados somente com borracha e areia.

## CONCLUSÕES

Com a realização dos ensaios práticos em laboratório, pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo sobre o assunto abordado, o conhecimento obtido com o estudo foi de suma importância para experiências futuras.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que a argamassa e o concreto fabricados com adição de agregados reciclados (borracha de pneus inservíveis e entulho de construção civil) podem ser utilizados pelo Setor da Construção Civil.

A argamassa fabricada com adição de agregados reciclados apesar de não atingir a mesma resistência da argamassa convencional (sem utilização de agregado reciclado), atingiu resistências acima do mínimo estabelecido por Norma. Logo, a argamassa fabricada com agregado reciclado pode ser utilizada em etapas da construção onde se necessita de material para assentamento sem atingir grandes resistências. O mesmo acontece com o concreto com adição de agregado reciclado, tanto entulho como borracha. O concreto com agregado reciclado pode ser empregado em etapas da construção onde não haja a necessidade de se atingir grandes resistências, pois a utilização de entulho e borracha em substituição de parte do agregado miúdo reduziu consideravelmente a resistência do produto final.

Cabe destacar que a utilização do entulho em substituição de parte do agregado reciclado se mostrou mais eficaz, tanto na fabricação de concreto como na fabricação de argamassa. Logo, sugere-se que sejam realizadas novas pesquisas utilizando outros percentuais de entulho e outros traços na fabricação de concreto e argamassa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.
2. \_\_\_\_\_. NM 67: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
3. \_\_\_\_\_. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.
4. CAON, Taciane. **Reutilização do entulho gerado na construção civil na produção de argamassa e concreto**: 2004. 82 f. Monografia (Conclusão do curso de Engenharia Civil) - Universidade Comunitária Regional de Chapecó - SC
5. CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução N° 307 de 05 de junho de 2002.
6. SCHOLZ, Susan; SEIDLER, Plínio; JACOSKI, Claudio. **Procedimentos para ensaios de concreto fresco: um comparativo entre as técnicas utilizadas no Brasil e Alemanha**. Chapecó, SC: Argos, 2008.

## AGRADECIMENTO

À Unochapecó (CCAA, CETEC e Coordenação do Mestrado) pelo apoio financeiro para participação no congresso.