



## Pneus Inservíveis como Agregados na Composição de Concreto para Calçadas de Borracha

A. C. A Romualdo<sup>a</sup>, D. E. dos Santos<sup>a</sup>, L. M. de Castro<sup>a</sup>, W. P. de Menezes<sup>b</sup>, A. Pasqualetto<sup>c</sup>, O. R. dos Santos<sup>c</sup>

*a. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, IFG Goiânia.*

*b. Furnas Centrais Elétricas, Goiânia, Goiás.*

*c. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, IFG Goiânia.  
pasqualetto@ifg.edu.br*

---

### Resumo

A disposição inadequada de pneus inservíveis tem se tornado um problema ambiental evidente. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma tecnologia capaz de reaproveitar estes resíduos inserindo-os na composição de concreto para pavimentação de calçadas, em substituição ao agregado miúdo.

Para isso foram feitos quatro traços de concreto, sendo um convencional e três com adição de 5%, 10% e 15% de raspas de pneus. Os ensaios foram realizados para as idades de 3, 7 e 28 dias, em corpos-de-prova cilíndricos de dimensões de 10 cm x 20 cm e corpos-de-prova prismáticos de dimensões de 5cm x 5cm x 20cm, onde foram avaliadas propriedades como resistência à compressão e tração na flexão, respectivamente.

Os resultados apontaram que o traço que melhor satisfaz o uso para pavimentação de calçadas foi o de 5% de adição fibras de pneus, porém, apesar de perder em resistência, o concreto borracha ganhou em outras propriedades mecânicas inerentes aos concretos convencionais, principalmente relacionadas à flexibilidade. A utilização deste concreto poderá promover a redução dos pneus inservíveis dispostos inadequadamente no meio ambiente.

*Palavras-chave: Pneus inservíveis, fibra de borracha, concreto, resistência.*

---

### 1 Introdução

Segundo Silva *et al* (2007), o concreto é o material mais consumido na fabricação de calçadas e nem sempre satisfaz as características exigidas no projeto. Entre as alternativas. Para melhorar certas características como durabilidade e elasticidade do concreto, a adição de fibras tem se mostrado promissora.

Os métodos de construção de pavimentos têm evoluído nas últimas décadas. Pesquisas que visam à viabilidade da utilização dos pneus inservíveis na

composição de concreto para construção das calçadas de borracha, poderão surgir como um instrumento tecnológico inovador.

Esse tipo de calçamento pode ter maior resistência a deformações e não apresentar fissuras, além de vantagens técnicas haveria um ganho ambiental. Recentemente surgiram estudos para utilização de raspas de pneus como agregado reciclado em substituição ao agregado graúdo convencional, como o Concreto Ecológico DI® - Deformável e Isolante desenvolvido e patenteado pelo Instituto Via Viva e os desenvolvidos por outros pesquisadores.

Segundo Alves e Cruz (2007) a química do pneu é avançadíssima e a sua matéria chega a ter uma duração de 600 anos na natureza. As propriedades químicas do pneu que o faz ser tão durável são transferidas para o concreto, tornando-o mais durável às intempéries, ao envelhecimento e mais elástico, sendo a grande vantagem do concreto borracha.

O descarte de pneus é hoje um problema ambiental grave ainda sem uma destinação realmente eficaz. Conforme Monteiro *et al* (2001, p.31), *são muitos os problemas ambientais gerados pela destinação inadequada dos pneus. Se deixados em ambiente aberto, sujeito a chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para a proliferação de mosquitos. Se encaminhados para aterros de lixo convencionais, provocam "ocos" na massa de resíduos, causando a instabilidade do aterro. Se destinados em unidades de incineração, a queima da borracha gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos, necessitando de um sistema de tratamento dos gases extremamente eficiente e caro.*

A Resolução nº. 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis.

No Brasil, as formas de destinação são regulamentadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que determina quais processos são ambientalmente corretos. Uma das formas mais comuns de reaproveitamento dos pneus inservíveis é como combustível alternativo para as indústrias de cimento. Outros usos dos pneus são na fabricação de solados de sapatos, borrachas de vedação, dutos pluviais, pisos para quadras poli-esportivas, pisos industriais, além de tapetes para automóveis.

A reutilização do pneu como agregado do concreto pode assumir um papel importante na preservação do meio ambiente, pois, além de diminuir a extração de recursos naturais, como a areia e a brita, também pode diminuir o acúmulo desses resíduos nas áreas urbanas.

Segundo dados do Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem do Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP) (2001), a produção de pneus novos está estimada em cerca de 2 milhões por dia em todo o mundo. Já o descarte de pneus velhos chega a atingir, anualmente, a marca de quase 800 milhões de unidades. Só no Brasil são produzidos cerca de 40 milhões de pneus por ano e quase metade dessa produção é descartada nesse mesmo período de um ano.

Segundo Almeida *et al* (2004) "atualmente, 90% da produção nacional de areia é obtida a partir da extração em leitos de rios e é da ordem de 155 milhões de metros cúbicos ao ano". Levando em consideração que um dos setores de maior crescimento na economia é a construção civil, subentende-se que esse número está aumentando a cada ano. A fabricação de calçadas com concreto borracha poderia contribuir com o Desenvolvimento Sustentável das cidades, valorizando, sobretudo, a preservação da natureza, a qualidade de vida e o bem-estar da população.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um concreto que tenha em sua composição raspas de pneus inservíveis, com conseqüente redução de agregado miúdo, verificando a possibilidade de implantá-lo na fabricação de calçadas de borracha.

## 2 Metodologia

Foram dosados concretos pelo método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) com duas características diferentes: com adição de fibras de borracha de pneus e convencional. Adotando-se quatro traços de concreto, sendo um convencional, um com 5% , um com 10% e um com 15% de adição de raspas de pneus, todos para uma resistência de 18,0 MPa para serem comparados, e 0,60 como relação de água/cimento (A/C). O cimento utilizado foi CP II-F-32. A fibra utilizada foi raspa de pneus.

Dos concretos confeccionados produziu-se um total de doze corpos-de-prova cilíndricos, com dimensões de 10 cm de diâmetro x 20 cm de altura, para testes de resistência à compressão e um total de vinte e quatro corpos-de-prova do tipo vigas prismáticas, com dimensões de 5 cm de altura x 5 cm de largura x 20 cm de comprimento (a altura de 5 cm é a espessura usual na maioria das calçadas), para testes de tração na flexão, sendo três corpos-de-prova cilíndricos e seis vigas prismáticas para cada traço. De cada série de três corpos-de-prova cilíndricos, um foi ensaiado com idades de 3, 7 e 28 dias respectivamente. De cada série de seis vigas prismáticas, duas foram ensaiadas com idades de 3, 7 e 28 dias. Os ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos seguiram recomendações normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 5739. Os ensaios de flexão das vigas prismáticas seguiram recomendações normativas da ABNT, NBR 12142.

As demais normas utilizadas na realização deste trabalho foram: caracterização básica do cimento - resistência à compressão (NBR 7215), finura por meio da peneira 200 (NBR 11579), tempos de pega (NBR NM 65), massa específica (NBR NM 23); caracterização básica do agregado miúdo - composição granulométrica (NBR NM 248), coeficiente de inchamento (NBR 6467), massa específica (NBR NM 52); caracterização básica do agregado graúdo - composição granulométrica (NBR NM 248), massa unitária e volume de vazios (NBR NM 45), massa específica, aparente e absorção de água (NBR NM 53); caracterização do concreto no estado fresco - consistência pelo abatimento no tronco de cone (NBR NM 67), procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova (NBR 5738); para a caracterização da raspa de pneus foram utilizados os resultados obtidos pelos ensaios realizados por Alves e Cruz (2007) com o mesmo tipo de fibras de borracha.

Segundo Alves e Cruz (2007) no Brasil não existem normas específicas para ensaio da borracha utilizada em pavimentação; os ensaios foram avaliados de acordo com os procedimentos do Departamento de Transporte do Arizona (ADOT). Os ensaios foram: análise granulométrica, determinação do teor de umidade, massa específica real de raspa de borracha pelo método dos aparelhos ultrapicnômetro e picnômetro e superfície específica de raspa da borracha. Os traços adotados para os concretos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Traços adotados para os concretos. Volume 12 litros.

Materiais	Traços			
	convencional	5%	10%	15%
Cimento	4,50 kg	4,50 kg	4,50 kg	4,50 kg
Areia	11,63 kg	11,05 kg	10,47 kg	9,88 kg
Brita	8,92 kg	8,92 kg	8,92 kg	8,92 kg
Água	3,10 kg	3,00 kg	3,15 kg	3,15 kg
Pneu*	-	0,58 kg	1,16 kg	1,74 kg

\* adicionado ao concreto na forma de fibras de borracha

### 3 Resultados e Discussão

Os resultados de resistência à compressão para os corpos-de-prova cilíndricos dos concretos ensaiados aos 3 dias, aos 7 dias e aos 28 dias de idade, convencional e com adição de fibras de borracha são apresentados nas tabela 2 e Figuras 1, 2, 3.

Tabela 2. Valores de resistência à compressão para os corpos-de-prova cilíndricos manufaturados com e sem adição de fibras, aos 3, 7 e 28 dias.

Corpo-de-prova	Idade (dias)	Tensão de ruptura (Mpa)
Convencional	3	8,60
Adição de 5%	3	5,20
Adição de 10%	3	3,70
Adição de 15%	3	2,20
Convencional	7	13,10
Adição de 5%	7	8,80
Adição de 10%	7	5,90
Adição de 15%	7	3,70
Convencional	28	19,00
Adição de 5%	28	12,40
Adição de 10%	28	8,96
Adição de 15%	28	5,76

Na tabela 3 são apresentadas as médias dos valores dos resultados dos ensaios de tração na flexão para as vigas prismáticas dos traços de concreto convencional e com adição de fibras de borracha, ensaiados aos 3 dias, aos 7 dias e aos 28 dias de idade.

Tabela 3. Valores de tração na flexão para as vigas prismáticas manufaturadas com e sem adição de fibras, aos 3, 7 e 28 dias.

Corpo-de-prova	Idade (dias)	Carga de ruptura (kgf)
Convencional	3	125,0
Adição de 5%	3	106,5
Adição de 10%	3	80,0
Adição de 15%	3	62,0
Convencional	7	156,5
Adição de 5%	7	99,5
Adição de 10%	7	144,0
Adição de 15%	7	74,0
Convencional	28	209,5
Adição de 5%	28	175,0
Adição de 10%	28	121,0
Adição de 15%	28	102,5

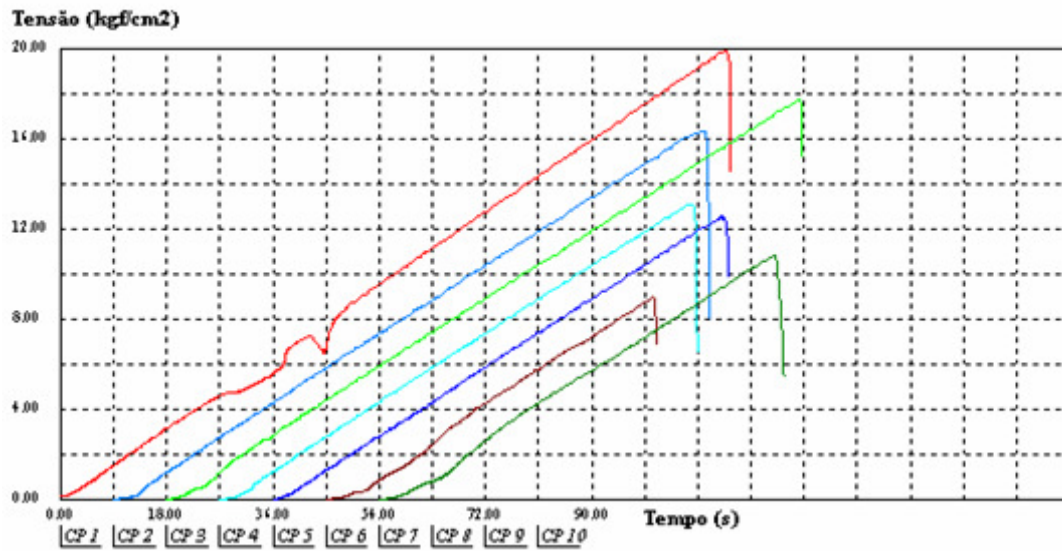


Fig. 1. Curva de Tração na flexão com 3 dias

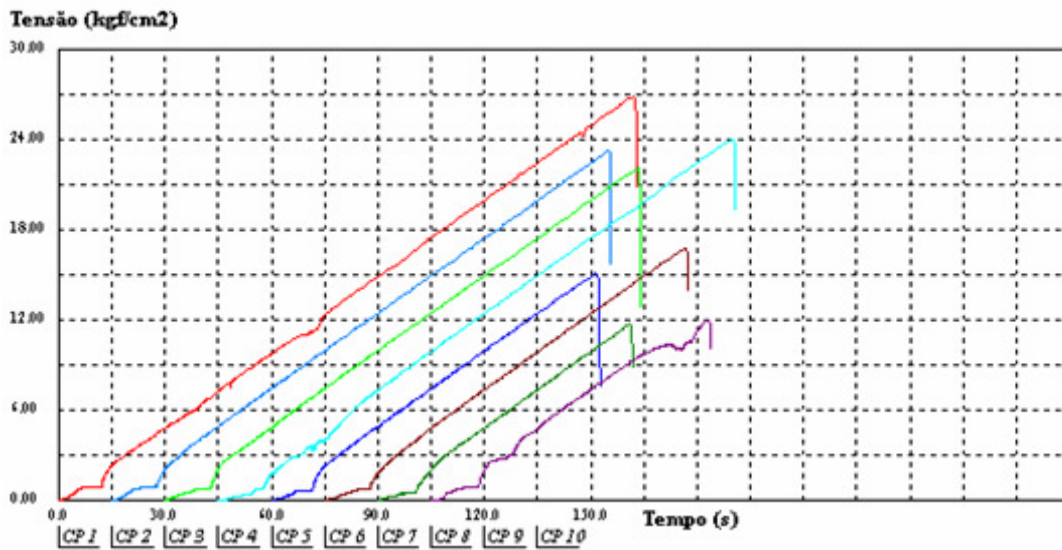


Fig. 2. Curva de Tração na flexão com 7 dias

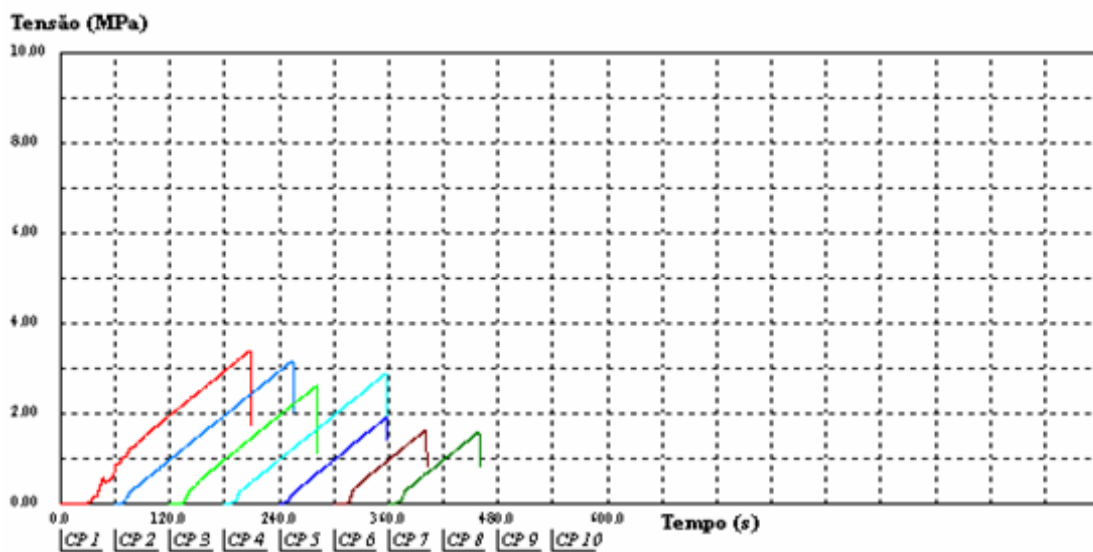


Fig. 3. Curva de Tração na flexão com 28 dias

Ao comparar os valores médios das resistências à compressão dos concretos convencionais com os valores apresentados para os concretos com adição de fibra (tabela 2) observou-se que cada traço apresentou perdas na resistência à compressão cujos valores estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de perdas de resistência à compressão dos concretos com adição de fibras de borracha de pneus em relação ao traço convencional.

<b>Corpo-de-prova</b>	<b>Idade (dias)</b>	<b>Perda de resistência (%)</b>
Adição de 5%	3	39,5
Adição de 10%	3	57,0
Adição de 15%	3	74,4
Adição de 5%	7	32,8
Adição de 10%	7	55,0
Adição de 15%	7	71,8
Adição de 5%	28	34,7
Adição de 10%	28	53,0
Adição de 15%	28	69,7

Ao comparar os valores médios de tração na flexão dos concretos convencionais, com os valores apresentados para os concretos com adição de fibra (tabela 3), observou-se que cada traço apresentou perdas na resistência cujos valores estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Valores de perdas de resistência à tração na flexão dos concretos com adição de fibras de borracha de pneus em relação ao traço convencional.

<b>Corpo-de-prova</b>	<b>Idade (dias)</b>	<b>Perda de resistência (%)</b>
Adição de 5%	3	14,8
Adição de 10%	3	36,0
Adição de 15%	3	50,4
Adição de 5%	7	8,0
Adição de 10%	7	36,4
Adição de 15%	7	52,7
Adição de 5%	28	16,5
Adição de 10%	28	42,3
Adição de 15%	28	51,0

Pode-se observar que através dos resultados apresentados os concretos com adição de borracha apresentaram resistências menores que os concretos convencionais, e quanto maior a porcentagem de fibras adicionadas, maior foi a perda das resistências, mas apesar disso os corpos-de-prova ganharam em outra propriedade, que é a flexibilidade. Como pode ser observado nas figuras 5 e 6 que trata de uma viga prismática com 15% de adição em momentos diferentes do mesmo ensaio. Após o rompimento normal dessa viga, foi aplicada uma carga excedente para verificar o comportamento desta, onde se observou que devido a presença da fibra de borracha, quando esta recebeu tal força, apesar da fissura aumentar, o corpo-de-prova não se rompeu por completo, pois as fibras esticaram e seguraram o concreto. Já ao cessar tal força as fibras contraíram, fazendo com que a largura da fissura do corpo-de-prova reduzisse. Tal propriedade se repetiu para os demais traços com adição de fibras. O mesmo não ocorreu para as vigas convencionais, que ao serem submetidas à força excedente não suportaram e se romperam por completo.

Com base nos resultados analisados verificou-se que é possível substituir parte do agregado miúdo por fibras de borracha de pneus. Através de cálculos práticos, constatou-se que a adição de 5% de raspas de pneus em um metro cúbico de

concreto corresponde a 48 kg destas raspas, conseqüentemente deixa-se de utilizar 32 litros de areia.

Segundo Alves e Cruz (2007) um pneu novo de um automóvel de passeio pesa cerca de 10 kg, sendo constituído de 85% de borracha, quando este se torna inservível o peso da borracha que o constitui passa a ser de aproximadamente 7,5 kg. Levando em consideração esses dados, estima-se que para cada metro cúbico de concreto borracha utilizado serão retirados aproximadamente 6 pneus inservíveis do meio ambiente.

#### 4 Conclusões

Dentre os traços com adição de fibras de borracha analisados, o que teve melhores resultados foi o de 5% de adição, que apesar de ter apresentado resistências menores que o concreto convencional, sua resistência de tração na flexão foi satisfatória para utilização em calçadas. Já os de 10% e 15%, apresentaram a vantagem de utilizar mais raspas e estas deram maior flexibilidade no concreto, mas tiveram a desvantagem de as resistências não satisfazerem o uso em questão.

Diante disso, se o concreto com adição de 5% de borracha de pneus inservíveis fosse utilizado na pavimentação de calçadas, além de aumentar a vida útil das mesmas, reduziria o montante de resíduos de pneus no meio ambiente, principalmente nos aterros sanitários e a quantidade de areia explorada para este uso.

Porém a quantidade de pneus que seria retirada do meio ambiente, caso esse concreto fosse utilizado, ainda seria bem reduzida. Espera-se que surjam pesquisas que utilizem novos traços com maior adição de borracha, sem comprometer significativamente a resistência desse tipo de concreto.

#### 5 Referências

Almeida, S.L.M. *et al.* 2004. Pesquisadores desenvolvem processo de produção de areia artificial que beneficia construção civil e preserva a natureza. Texto de divulgação científica publicado em 30 de março de 2004. Disponível em: <[http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref\\_pesquisa=210](http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref_pesquisa=210)>. Acesso em: 7de julho de 2010.

Alves, G.S.; Cruz, A.L., 2007. Asfalto-borracha – Uma Inovação na Tecnologia Aliada ao Meio Ambiente. Trabalho de Conclusão de Curso, Coordenação de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Goiânia,GO.

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2005 Método de dosagem.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos cilíndricos. Rio de Janeiro: 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 12142 - Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 11579 - Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 65 - Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro: 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 23 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 6467 - Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro: 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 53 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 67 - Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: 1998.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 5738 - Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: 2003.

Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem Sistema FIEP Ano I - Número 3 - JUL/AGO - 2001. Reciclagem de pneus. Disponível em: <<http://www.cetsam.senai.br/bolsa>

Concreto Ecológico DI® - Deformável e Isolante, Instituto Via Viva. Disponível em: <<http://www.viaviva.org/>>. Acesso em: 27 de outubro de 2009.

Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo: ensaios e propriedades /autores Equipe de Furnas, Laboratório de Concreto, Departamento de Apoio e Controle Técnico; editor Walton Pacelli de Andrade. São Paulo: Pini, 1997.

Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº. 258 de 26 de agosto de 1999. No uso das atribuições que lhes são conferidas pela lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto n.99274, de 6 de junho de 1990. Disponível em: < <http://www.lei.adv.br/258-99.htm>>. Acesso em: 13 de setembro de 2009.

Monteiro, J.H.P. *et al*, 2001. Gestão integrada de resíduos sólidos: manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ: IBAM, 2001. p. 31. Disponível em: <<http://www.ibam.org.br/publique/media/manualRS.pdf>>. Acesso em: 06 de julho de 2010.

MPa. Disponível em: <<http://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080703132858AAigBpy>>. Acesso em: 3 de março de 2010.



Reciclanip Formas de destinação,, Disponível em: <[http://www.reciclanip.com.br/?cont=formas\\_de\\_destinacao\\_paraondevaospneussinserviveis](http://www.reciclanip.com.br/?cont=formas_de_destinacao_paraondevaospneussinserviveis)>. Acesso em: 8 de agosto de 2009.

Silva, J.P.S., 2007. A Incorporação de Borracha de Pneus Inservíveis em Revestimentos Asfálticos de Pavimentos Rodoviários e Urbanos. Revista Espaço da Sophia – nº. 9 – Dezembro/2007 – Mensal – Ano I.

Silva, L.B.A. et al, 2007. Adição de Borracha de Pneu em Concreto. Disponível em:<http://www.abceram.org.br/51cbc/artigos/51cbc-14-26.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2010.