

Produção de concreto para piso intertravado com adição de resíduos de borracha de pneu inservível**Production of concrete for interlocking floor with addition of waste of useless tire**

DOI:10.34117/bjdv5n8-009

Recebimento dos originais: 14/07/2019

Aceitação para publicação: 12/08/2019

Samuel Guilherme Freire MarquesTecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará,
Campus Fortaleza

Endereço: Rua 214, 218 – Nova metrópole, Caucaia – CE, Brasil

E-mail: samusamu2x@yahoo.com.br

Aline Islia Almeida de SousaMestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará, Campus Fortaleza

Instituição: Cisne Faculdade de Quixadá

Endereço: Avenida Dr. Antônio Moreira Magalhães, 457 – Jardim dos Monólitos, Quixadá – CE,
Brasil

E-mail: alineislia@gmail.com

Adeildo Cabral da SilvaDoutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo
Instituição: Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Fortaleza

Endereço: Avenida Treze de Maio, 2081 – Benfica, Fortaleza, CE, Brasil

E-mail: cabral@ifce.edu.br

Perboyre Barbosa AlcântaraDoutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco
Instituição: Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Fortaleza

Endereço: Avenida Treze de Maio, 2081 – Benfica, Fortaleza, CE, Brasil

E-mail: perboyre@ifce.edu.br

RESUMO

Este trabalho é um ensaio experimental, que busca demonstrar estudos dos resíduos de pneus inservíveis incorporados ao concreto, dando-os uma destinação final como produto. Foram produzidos 3 (três) traços do concreto, calculado através do método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), onde 1 (um) não havia nada de resíduo de borracha e nos outros dois o volume do agregado miúdo foi substituído respectivamente 10% e 15% pelo aditivo reaproveitado. Nos ensaios de compressão os corpos de prova, obteve-se valores abaixo dos 35 Mpa definidos pela ABNT NBR 9781 para pisos intertravados, no qual, o valor máximo da resistência obtida foi de 25,98 Mpa para corpo com 10% de resíduo de borracha de pneu inservível, valor próximo à resistência máxima obtida para o corpo de prova sem borracha, que foi de 26,36 Mpa. Com os resultados obtidos, observou-se que o concreto adicionado do agregado de borracha chega

a valores próximo dos sem resíduos, para alcançar os 35 Mpa será necessário um maior controle do ambiente de fabricação e a utilização de um cimento de alta resistência.

Palavras-chave: pneu; borracha; concreto.

ABSTRACT

This work is an experimental test, which seeks to demonstrate studies of wastes of useless tires incorporated into concrete, giving them a final destination as a product. Three (3) traces of the concrete were produced, calculated by the ABCP (Brazilian Portland Cement Association) method, where 1 (one) had no rubber residue and in the other two the volume of the aggregate was respectively replaced by 10% and 15% of the reused additive. In the compression tests the test specimens obtained values below the 35 Mpa defined by ABNT NBR 9781 for interlocked floors, in which the maximum value obtained was 25.98 Mpa for body with 10% of rubber residue of useless tire, value close to the maximum resistance obtained for the test pieces without rubber, which was 26.36 MPa. With the results obtained, it was observed that the concrete added of rubber aggregate reaches values close to those without residues, to reach 35 Mpa it will be necessary a greater control of the manufacturing environment and the use of a cement of high resistance.

Keywords: tire; eraser; concrete.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A borracha empregada nos pneus tem o histórico datado de 1826 com Faraday que estabeleceu a fórmula da borracha sintética. Com o processo de vulcanização descoberto por Charles Goodyear em 1841, a borracha adquiriu durabilidade e elasticidade, aumentando assim a vida útil do material. Com o passar dos anos novas técnicas e modelos foram desenvolvidos e/ou aprimorados para melhorar as características do mesmo (Andrade, 2007; Rodrigues, 2008).

Em 1887, John Boyd Dunlop cria o primeiro pneu de bicicleta, mas os irmãos Michelin foram os pioneiros a implantar pneus em automóveis. Hoje os pneus são compostos basicamente por borracha natural ou sintética e aço (Rodrigues, 2008).

Com o aumento da utilização dos automóveis os pneus passaram a ser um grande vilão da natureza, pois possuem um grande poder contaminante. Segundo Fernandes (2016) as principais destinações incorretas dos pneus são: descarte irregular em vias públicas, a queima a céu aberto e armazenamento em meio aquoso, todas essas formas trazem graves problemas ao meio ambiente, seja na liberação de substâncias tóxicas na terra, no ar e nas águas, como também, para a saúde pública, acumulando água dentro deles, e tornando-se abrigo para vetores transmissores de doenças.

A busca por diminuir os impactos causados por esse produto quando descartado de forma irregular no meio ambiente, responsabiliza os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, obrigando-os a inserirem sistemas de logística reversa. Para tanto, há algumas leis,

normas, resoluções que tratam a respeito dos pneus, por causa da preocupação ambiental e bem-estar social.

Uma maneira para diminuir o descarte irregular desses pneus, seria mostrar que depois de chegarem ao fim da sua vida útil, ainda podem ser utilizados e gerar alguma renda. A incorporação da borracha triturada do pneu como agregado para a fabricação de concreto na construção civil, mais especificamente a produção de piso intertravado é uma alternativa para minimizar tal problema.

O objetivo deste trabalho é demonstrar que a incorporação do agregado de resíduos de borracha de pneus inservíveis¹ no concreto, produzirá blocos com à resistência compressão de 35 Mpa, valor indicado para o piso intertravado, conforme a Norma Brasileira (NBR) 9781.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PNEUS E A QUESTÃO AMBIENTAL

Robert Thompson criou o pneu de borracha depois do processo de vulcanização do látex por Charles Goodyear em 1841, porém, foi com John Dunlop construído o primeiro pneumático de bicicleta, sendo os processos aprimorados no decorrer do tempo (Lagarinhos, 2011).

De acordo com Mattioli *et al.* (2009, p. 7) “os pneus têm uma mistura de borracha sintética, borracha natural, óleos, enxofre, negro de fumo, óxido de zinco, entre outros compostos químicos”. Rodrigues (2008, p. 30) ressalta que “Hoje a maior parte dos pneus é feita de 10% de borracha natural (látex), 30% de petróleo (borracha sintética) e 60% de aços e tecidos tipo lona, que servem para fortalecer ainda mais a estrutura”. Esse produto é fabricado para suportar peso, transmissão, aceleração e paradas (Lagarinhos, 2011). Parte da borracha produzida no Brasil é destinada à fabricação de pneus (Rodrigues, 2008).

Com o aumento da utilização dos automóveis os pneus passaram a ser um grande vilão da natureza, pois depois de usados eram abandonados em locais inadequados constituindo um risco para o ambiente e para a saúde pública (Akasaki *et al.*, 2016). Segundo Fernandes (2016) as principais destinações incorretas dos pneus são: descarte irregular em vias públicas, a queima a céu aberto e armazenamento em meio aquoso, todas essas formas trazem graves problemas ao meio ambiente, seja na liberação de substâncias tóxicas na terra, no ar e na água, como também para a saúde pública por tornar-se abrigo para vetores transmissores de doenças.

¹ Resolução CONAMA nº 416/2009 Artigo 2º, inciso V “[...] pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma”.

A Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) publicou em 2015, a produção de pneus no Brasil chegou a 68,8 milhões de pneus, sendo que 16,9% foram destinados ao mercado externo, o restante, no total de 246 toneladas do produto foi destinado ao mercado interno (reposição e montadoras), em que, 108.000 toneladas são recicladas. Porém, há 138.000 toneladas que são descartadas de forma irregular. Ainda conforme as informações da ANIP (2015), as formas de destinação regular dos pneus inservíveis são:

- Para a indústria de cimento, como combustível alternativo, respondendo a 69,7% do total;
- Para a fabricação de granulado e pó de borracha para utilização em artefatos de borracha ou asfalto de borracha, respondendo por 17,8% da destinação;
- Para laminação, que utiliza o pneu inservível como matéria-prima para fabricar solado de sapato, dutos fluviais, etc., que representam 6,0%; e
- O aço que corresponde a 6,5% que também é reaproveitado.

No relatório de produção de fevereiro de 2017 da ANIP, no ano 2016 houve uma diminuição na produção de pneus em relação ao ano de 2015 de 760,65 pneus, esse fator pode ser por causa das aplicações das legislações vigentes, ou compromisso da sociedade civil na diminuição de compras de automóveis, como também, das indústrias na fabricação.

No Brasil existem algumas Leis, Normas, Resoluções, que abordam sobre pneumáticos como, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 416 de 2009 que revoga as Resoluções nº 258/1999 e nº 301/2002 que “Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.”.

A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) Lei nº 6.938/1981 considera Indústria da Borracha potencialmente poluidora e utilizadora de recursos naturais e descreve “beneficiamento de borracha natural, fabricação de câmara de ar, fabricação e acondicionamento de pneumáticos; fabricação de laminados e fios de borracha; fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex.”.

Assim, a Resolução CONAMA nº 416/2009 considera os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental que resulta em sério risco ao meio ambiente e à saúde humana”, e ainda responsabilizando as empresas fabricantes pelas coletas dos mesmos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 10.004 de 2004 classifica os resíduos em: Classe I – perigosos; Classe II – não perigosos; Classe A – não inertes; Classe II B – inertes. Os pneus usados nos automóveis são da Classe II B, conforme Rodrigues (2008, p. 31) “[...] não contém metais pesados, não sofre lixiviação e não pode ser solúvel em água.”. No entanto, os pneus são considerados não biodegradáveis (Takaki *et al.*, 2016).

A política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 12.305 de 2010, em seu artigo 33 expõe:

São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: III – pneus.

Com a necessidade de diminuir a produção de lixo, trabalhando com os produtos que supostamente seriam descartados e evitar que seus “efeitos nocivos se passado na incineração de resíduos domésticos pode comprometer aterros no caso dos pneus” (Takaki *et al.*, 2016, p. 2), estudos estão sendo desenvolvidos para a aplicação de borrachas de pneu inservíveis, principalmente no campo da Construção Civil, uma área que também têm grande influência no impacto ambiental, social e econômico (positivo e negativo), em que, a aplicação de resíduos sólidos aos poucos estão crescendo (Takaki *et al.*, 2016). E Menezes e Menezes (1999) salientam que a reciclagem ou o reaproveitamento não apresenta, a priori, qualquer limite desta natureza e é a única alternativa que pode gerar recursos financeiros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

- O concreto é formado pela mistura numa proporção de cimento Portland, agregados (grãos, miúdos e resíduos de borracha) e água.

- Cimento Portland é um material pulverulento, constituído por vários silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cálcio livre. Esses elementos ao serem misturados com água, produzem o endurecimento da massa, que pode então produzir um material de elevada resistência mecânica (Petrucci, 1993). Na fabricação dos blocos foi usado o Cimento Portland CII E-32, recomendado para estruturas que exijam um desprendimento de calor moderadamente lento.

- Agregados são compostos por grãos de diferentes tamanhos, no concreto eles chegam a representar 70% a 80% do seu volume. Cánovas (1988) diz que essas proporções procuram

adequar a granulometria do agregado resultante da mistura as curvas granulométricas, como a curva de Abrams, que estabelece a relação água cimento.

- A areia grossa (agregado miúdo) e a brita (agregado graúdo) foram fornecidas pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Campus Fortaleza.

• Resíduo de borracha de pneu inservível, originadas do processo de recauchutagem ou reconstrução do pneu (Figura 1), a partir de um já desgastado (liso). Silva Júnior *et al.* (2016) relatam que na operação de reconstrução de pneus, ocorre uma raspagem, onde tira-se a superfície do mesmo, para a colocação de uma nova. E neste processo gera-se uma espécie de resíduo fibrilar de dimensões variadas (o objeto de nosso estudo).

- Esse material foi fornecido pelo Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Campus Fortaleza.



Figura 1 – Resíduo da borracha de pneu inservível.

A granulometria da borracha utilizada encontra-se na Tabela 1.

3.2 GRANULOMETRIA DO RESÍDUO DE BORRACHA

Tabela 1 - Granulometria do resíduo de borracha

Peneira (mm)	Massa retida (g)	% retida	% acumulada
6,3	52,98	5,3	5,3
4,75	27,9	2,79	8,09
2,36	113,09	11,32	19,41
1,18	216,17	21,64	41,05
0,6	277,86	27,84	69
0,297	183,36	18,35	87,24
0,15	92,92	9,3	96,54
-	34,62	3,46	100
Total	998,9	100	
Dimensão máxima (mm)			6,3
Módulo de finura			3,25

3.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO

A Norma NBR-9781, para pisos intertravados, determina que a resistência a compressão do piso deve ser de 35 Mpa, para alcançar esse valor a proporção dos componentes do concreto, que será utilizado na fabricação dos corpos de prova, foi determinada através do Método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), consultando a curva de Abrams, obteve-se a relação água/cimento (A/C) de 0,41.

Utilizando essa relação A/C, com os dados dos ensaios no agregado miúdo:

- Composição granulométrica pela NBR NM 248 (2003);
- Teor de materiais pulverulentos pela NBR NM 46 (2003);
- Massa específica e massa específica aparente pela NBR NM 52 (2003);
- Absorção de água pela NBR NM 30 (2001);
- Teor de matéria orgânica pela NBR NM 49 (2001).

E com os dados dos ensaios no agregado graúdo:

- Composição granulométrica pela NBR NM 248 (2003);
- Massa unitária pela NBR NM 45 (2006);

- Massa específica e massa específica aparente pela NBR NM 53 (2009);
- Absorção de água pela NBR NM 30 (2001);
- Quantidade de materiais pulverulentos, de acordo com a NBR 7218 (2010).

Para confecção do bloco de concreto, obteve-se o traço descrito a Tabela 2, em que, 10% e 15% do volume do agregado miúdo foram substituídos por resíduo da borracha de pneu inservível.

Tabela 2 – Traço

Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Água
1	0,79	1,4	0,41

3.4 CORPOS DE PROVA

Foram confeccionados quatorze corpos de provas, no formato cilíndrico seguindo a norma NBR 9781 (Figura 2), em que, 4 (quatro) não possuíam o resíduo de borracha de pneu inservível (corpos de prova: A-3, A-4, A-5, A-6). 5 (cinco) foram fabricados com 10% do volume de agregado miúdo substituído por resíduo de borracha (corpos de prova: B-1, B-3, B-4, B-5 e B-6) e outros 5 (cinco) foram fabricados com 15% do volume de agregado miúdo substituído por resíduo de borracha (corpos de prova: C-1, C-2, C-3, C-4 e C-5).



Figura 2 – Corpos de prova sem e com resíduos da borracha de pneu inservível.

3.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão foi realizado no Laboratório de Materiais da Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Campus Fortaleza seguindo

a NBR 9781. A máquina é manual e atende aos requisitos da norma citada (Figura 3), que fornece os resultados em toneladas, sendo necessária a conversão para Mpa.



Figura 3 – Máquina manual para ensaio de compressão.

Os ensaios foram realizados em três momentos, primeiramente nos corpos de prova com 7 dias, depois com 14 dias, e por último com 28 dias, quando o concreto atinge a sua resistência máxima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme a Norma os resultados obtidos da resistência a compressão com 7 dias de vida expressos na Quadro 1, são para ser iguais ou superior a 60% da resistência desejada, que é 35 Mpa, ou seja, igual ou superior a 21 Mpa. Esse valor foi alcançado com o corpo de prova sem agregado de borracha (A-3) e com os adicionados de resíduos de borracha com 10% (B-1 e B-3), mas não para o de 15% (C1). Pode-se observar nas Figuras 4 e 5 que todos romperam de forma semelhante, com fissuras longitudinais.

Quadro 1 – Ensaio da compressão com 7 dias (tabela 3)

Corpo de Prova	Diâmetro Médio (cm)	Área (cm ²)	Toneladas (obtidas da máquina)	Mpa	Mpa Média	Aproximação dos 35 Mpa (%)
A-3	10	78,53	20,5	26,1	26,1	74,53
B-1	10	78,53	17,5	24,5	23,4	66,85
B-3	10	78,53	19,2	22,3		
C-1	10	78,53	12,6	16	16	45,71

**A-3****B-1****Figura 4** – Corpos de prova rompidos sem e com adição de borracha de pneu inservível.



B-3

C-1

Figura 5 – Corpos de prova rompidos com adição de borracha de pneu inservível.

No ensaio com 14 dias de vida foram utilizado somente três corpos de prova, e se observou que os resultado, expressos na Quadro 2 foram parecidos com os de 7 dias, destacando um aumento na resistência para os corpos de prova adicionados de resíduos de borracha de pneu, em que, B-5 (10% do volume do agregado miúdo é borracha) chegou a valor bem próximo de A-5 (sem o resíduo de borracha) e C-3 (15% do volume do agregado miúdo é borracha) que teve um aumento de 4,7 Mpa em relação a C-1 (7 dias de vida). Como observado na Figura 6, os corpos romperam de forma semelhante, apenas o C-3, que possui um teor maior de borracha, havia uma textura que esfarelava ao ser pressionada.

Quadro 2 – Ensaio da compressão com 14 dias

Corpo de prova	Diâmetro Médio (cm)	Área (cm ²)	Toneladas (obtidas da máquina)	Mpa	Aproximação dos 35 Mpa (%)
A-5	10	78,53	20,7	26,36	75,31
B-5	10	78,53	20,4	25,98	74,22
C-3	10	78,53	16	20,37	58,2



A-5

B-5

C-3

Figura 6 – Corpos de prova rompidos sem e com adição de borracha de pneu inservível.

No ensaio com 28 dias, conforme os resultados expostos na Quadro 3, a resistência dos corpos de prova sem os resíduos (A-4 e A-6) e os adicionados com 10% do resíduo (B-4 e B-6), ao contrário do esperado para esse período, no qual, o concreto deve atingir a sua resistência máxima, caíram. Já os corpos de prova com 15% de resíduo de borracha, a resistência aumentou em relação aos ensaios de 7 dias e de 15 dias. Pode-se observar na Figura 7 que os corpos de prova romperam igual aos ensaios anteriores, eles estão partidos devido a impactos dados posteriormente para observar o seu interior.

Quadro 3 – Ensaio da compressão com 28 dias

Corpo de prova	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Toneladas (obtidas da máquina)	Mpa	Mpa Médio	Aproximação dos 35 Mpa (%)
A-4	10	78,53	18,8	23,93	23,87	68,2
A-6	10	78,53	18,7	23,81		
B-4	10	78,53	17,45	22,6	21,29	60,82
B-6	10	78,53	15,7	19,99		
C-2	10	78,53	18,7	23,81	21,85	62,42
C-5	10	78,53	14,4	18,33		

C-1	10	78,53	18,4	23,43		
-----	----	-------	------	-------	--	--

**A-6****B-6****C-5**

Figura 7 – Corpos de prova rompidos sem e com adição de borracha de pneu inservível.

Como observou-se nos ensaios a resistência média dos corpos de provas aumentou até os ensaios de 14 dias de vida, tendo uma queda nos de 28 dias de vida, mas vale salientar que apesar de não alcançar os 35 Mpa determinado pela NBR 9781 para pisos intertravados, tal fato deve ter ocorrido por falta de controle na produção do concreto, pois os traços não puderam ser feitos no mesmo dia devido a indisponibilidade do Laboratório de Materiais da Faculdade, o que pode ter levado a uma hidratação prévia do cimento, alterando os resultados esperados, mas apesar disso os valores obtidos da resistência a compressão para os corpos de prova com concreto puro, ficaram bem próximo dos que tiveram 10% do volume de agregado miúdo substituído por borracha de pneu inservível, tornado uma alternativa viável.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho oferece uma alternativa da aplicação de borracha de pneus inservíveis na construção civil, demonstrando sua viabilidade, mesmo não sendo possível alcançar a resistência determinada pela ABNT NBR 9781, os 35 Mpa.

Os valores para o concreto adicionado de borracha ficaram bem próximos do concreto puro, essa resistência pode ser alcançada em ensaios futuros com o maior controle na produção dos corpos de prova, bem como a utilização de um cimento de alta resistência como, o CP V.

De forma geral, a aplicação do resíduo de borracha de pneu inservível no concreto além de beneficiar o setor construtivo no quesito econômico, porque geraria lucro, apoiaria o desenvolvimento sustentável, pois diminuiria o seu lançamento nos aterros sanitários, bem como, a extração de minerais, pois substituiria a areia, trazendo economia para a construção civil e diminuindo o uso dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental (LERCA) e ao Laboratório de Materiais do Instituto Federal do Ceará Campus Fortaleza.

REFERÊNCIAS

Akasaki, J. L.; Lemos, P. E.; Fioriti, C. F. (2016). *Pó de pedra e borracha de pneus utilizados como substituto da areia natural em concretos*. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis 2016, João Pessoa, Paraíba, Brasil, XX 2016.

Andrade, H. S. (2007) *Pneus Inservíveis: alternativas possíveis de reutilização*. Monografia (Ciências econômicas) - Centro Sócio-Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos - ANIP. (2015). *Livro branco da indústria de pneus: uma política industrial para o setor*. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/arquivos/f8201-white-book-versao-final.pdf>>. Acesso em 30/05/2017>. Acesso em: 26 jun. 2018.

_____. (2017). *Anip em números: Relatório atualizado em fevereiro de 2017 de produção e vendas*. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/arquivos/producao-vendas.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

_____. (2015). *Produção e Vendas*. Disponível em: <http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (1987). *NBR 1004: Resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2013). *NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – especificações e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2003). *NBR NM 248: Agregados – determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2003). *NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através de peneira 75 µm, por lavagem*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2003). *NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2001). *NBR NM 30: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2001). *NBR NM 49: Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2006). *NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2009). *NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (2010). *NBR 7218: Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____. (1981). *Lei nº 6938*. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

_____. (2010). *Lei nº 12305*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências, Brasil.

Cánovas, F. M. *Patologia e Terapia do concreto armado*. São Paulo: Pini, 1988.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. (2009). *Resolução nº 416*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Brasil.

Fernandes, J. (2016). *Reutilização da Borracha Residual de Pneus na Criação de Contra Piso*. IFCE, Ceará. Brasil.

Lagarinhos, C. A. F. (2011). *Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa*. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Mattioli, L. M. L.; Monteiro, M. A.; Ferreira, R. H. (coord.). (2009). *Plano de gerenciamento de resíduos pneumáticos*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, Fundação Israel Pinheiro, Brasil.

Menezes, R. A.; Menezes, M. A. A. (1999). *Considerações sobre gerenciamento integrado de resíduos sólidos (GRS)*. Revista Limpeza Pública: Associação Brasileira de Limpeza Pública, 53, 144-157.

Petrucci, G. R. P. (1993). *Concreto de cimento Portland*. 12 ed. São Paulo: Globo, Brasil.

Rodrigues, M. R. P. (2008). Caracterização e utilização do resíduo da borracha de pneus inservíveis em compósitos aplicáveis na construção civil. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Silva Junior, F. A. da *et al.* (2016). Concreto com resíduos de borracha de pneu e brita granítica. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais – CBECiMat, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Takaki, P. M.; Fioriti, C. F.; Pinto, N. A. (2016). *Avaliação de chapas de gesso para interiorização de ambientes produzidos com borracha de pneus*. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis 2016, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2016.