

CALÇADAS ECOLÓGICAS E INCLUSIVAS UTILIZANDO RESÍDUOS DE PNEUS INSERVÍVEIS

Cecília de Castro Bolina

Faculdades Objetivo - Docente
UnB – Doutoranda

Fabiano Lino do Amaral

Universidade Federal de Goiás

Samantha Junqueira Moreira

Faculdades Objetivo

José Reis Júnior

Faculdades Objetivo

Maria de Jesus Gomides de Jesus Gomides

IFG Formosa

Resumo

A disposição inadequada de pneus inservíveis é um problema ambiental grave e evidente. O descarte de pneus ainda não possui uma destinação eficaz. Propõe-se a utilização dos resíduos de pneus como agregados no fabrico de calçadas ecológicas e inclusivas. As calçadas ecológicas, inteligentes, proporcionam proteção, conforto e segurança aos cidadãos que nelas circulam proporcionando ainda mobilidade e acessibilidade sustentável. O desenvolvimento da acessibilidade, dentro do processo de projetar um meio ambiente mais abrangente e menos restritivo, é uma tendência mundial e irreversível que garante a melhoria da qualidade de vida do ser humano. O objetivo deste trabalho é propor o reaproveitamento das raspas de pneus inservíveis inserindo-os na composição de concreto para pavimentação de calçadas ecológicas inclusivas, em substituição ao agregado miúdo. Foram feitos três traços de concreto, sendo um convencional e dois com adição de 5% e 7,5% de raspas de pneu para serem avaliadas as suas potencialidades. Inicialmente foram realizados ensaios exploratórios para seleção das adições de raspas de pneus em seus teores otimizados com base na resistência à compressão e trabalhabilidade. A adição que apresentou melhor potencialidade nesta etapa foi de 5% de adição de raspas de

pneu. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados aos 3, 7 e 28 dias de idade. Conclui-se, que de modo geral, o agregado proveniente de pneus inservíveis pode ser uma alternativa a ser empregada na produção de concretos para calçadas ecológicas e inclusivas.

Palavras-chaves: Pneus inservíveis, Acessibilidade sustentável, Concreto.

Abstract

The improper disposal of waste tires is a serious environmental problem and clear. Disposal of tires does not have a destination efficiently. We propose the use of waste tires as aggregates in the manufacture of environmentally friendly sidewalks and inclusive. The sidewalks ecological, intelligent, provide protection, comfort and safety to citizens who circulate them still providing sustainable mobility and accessibility. The development of accessibility in the process of designing an environment more comprehensive and less restrictive, is a global trend and irreversible that ensures improved quality of human life. The objective of this work is to propose the reuse of scrap tires zest inserting them into the composition of concrete for paving sidewalks ecological inclusive, replacing the aggregate. There were three features concrete, one conventional and two with the addition of 5% and 7.5% of zest tire to be evaluated its potential. Assays were carried out exploration for selection of additions of shaved tires on their levels optimized based on compressive strength and workability. The addition revealed better potential in this stage was 5% addition of grated tire. The compressive strength tests were performed at 3, 7 and 28 days of age. We conclude that in general, the aggregate from waste tires can be an alternative to be used in the production of concrete for sidewalks and ecological inclusive.

Keywords: Scrap tires, Sustainable accessibility, Concrete

Introdução

Há uma tendência mundial no contexto atual em buscar alternativas para os materiais tradicionais utilizados na construção civil. A indústria da construção civil é considerada uma das esferas da economia mundial que mais consome energia e que extrai grande quantidade de recursos naturais para a produção de materiais de construção (Ângulo et al., 2004; Tozzi, 2006; Ulsen, 2006; Affonso, 2005; Ballista, 2003). Diante desta situação, esse setor vem sendo estimulado a aprimorar os seus processos construtivos, de forma a garantir o uso racional dos materiais nos canteiros de obras.

Assim, os estudos direcionados à utilização racional dos recursos naturais e o aproveitamento de resíduos despejados na natureza cresceram ao longo dos anos. O tempo de degradação dos pneus dificulta a sua estocagem, uma vez que é financeiramente inviável estocar um pneu por mais de 150 anos, tempo mínimo considerado para sua degradação. Para evitar danos ambientais o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a resolução número 258 em 1999, proibindo a disposição inadequada dos pneus inservíveis. Por conseguinte, esta resolução credita aos fabricantes e importadores a responsabilidade pelos pneus fora de uso.

A reciclagem do pneu, por meio da recapagem ou da remoldagem, aumenta a vida útil deste em cerca de 40% e diminui o consumo de matéria prima e energia, contudo, este processo gera como resíduo as raspas de borracha. O material resultante do processo de raspagem do pneu pode ser aproveitado como matéria-prima barata pela indústria da construção civil inserindo-a na matriz cimentícia. O

concreto é conhecido como um agente reciclador de resíduos, atuando como uma barreira física e química à contaminação do meio ambiente por alguns resíduos.

Evolui-se nas últimas décadas os métodos de construção de pavimentos, sendo as pesquisas que visam à viabilidade da utilização dos pneus inservíveis na composição de concreto para construção das calçadas de borracha um instrumento tecnológico inovador. Esse tipo de calçamento pode ter maior resistência a deformações e não apresentam fissuras, possuindo por conseguinte vantagens técnicas e um ganho ambiental.

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, com raspas de pneu.

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

Em 2011, as nove empresas associadas à Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) produziram 66,9 milhões de unidades. Sendo que quase metade dessa produção é descartada nesse mesmo período de um ano.

A fabricação de calçadas com concreto borracha pode contribuir com o desenvolvimento sustentável das cidades, valorizando, sobretudo, a preservação da natureza, a qualidade de vida e o bem-estar da população.

O agregado proveniente de raspas de pneu pode ser utilizado em concretos para calçadas ecológicas favorecendo a mobilidade urbana sustentável e acessibilidade

inclusiva em virtude de suas diferentes faixas. Garantir com igualdade o direito de ir e vir a toda comunidade é um ato de cidadania. É comum encontrar calçadas em condições precárias, que atrapalham ou até impedem a circulação dos pedestres. Basta caminhar um pouco pelas cidades Brasileiras para encontrar diversos problemas, tais como: buracos, pedras e pisos soltos, degraus, desníveis ou saliências, piso escorregadio, irregular ou trepidante, raízes expostas de árvores inadequadas, veículos em cima do passeio, materiais de construção, entulho, lixo, produtos de lojas em exposição, vendedores ambulantes, ou ainda equipamentos urbanos mal localizados.

Segundo o Censo 2010, 45 milhões de brasileiros afirmaram ter algum tipo de deficiência, ou seja, quase 24% da população. Na hora de responder ao questionário, era possível declarar ter alguma dificuldade, grande dificuldade e impossibilidade total. As pessoas que se enquadraram nas duas últimas categorias foram consideradas com deficiência grave. Ter uma deficiência física grave é muito mais comum do que se pensa no Brasil. Aproximadamente 13 milhões de pessoas disseram aos pesquisadores do IBGE que têm uma deficiência grave motora, visual, auditiva ou mental. Segundo a pesquisa, mais de dois milhões de pessoas afirmaram ter deficiência auditiva grave; mais de quatro milhões declararam ter problemas motores severos; e o maior número disse ter uma grande dificuldade ou nenhuma capacidade de enxergar. Em muitos casos, a pessoa tem mais de uma deficiência. Esse dado pode aumentar significativamente, se incluir aí os idosos, os obesos ou os deficientes temporários, como aqueles que estão com algum membro

imobilizado, assim como os milhares que se acidentam diariamente no trânsito de nossas cidades.

A calçada acessível deve atender aos critérios contidos na NBR 9050/2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Os Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Creas), há vários anos têm executado ações fiscalizatórias em parceria com os Ministérios Públicos Estaduais.

O estudo do comportamento mecânico destes concretos confeccionados a partir da substituição dos agregados naturais por agregado proveniente da raspagem de pneus é indispensável para a utilização segura dos mesmos e isso pode ser um grande avanço na questão ambiental, econômica e social da construção civil.

O objetivo deste trabalho é reaproveitar as raspas de pneus inserindo-os na composição de concreto para pavimentação de calçadas ecológicas inclusivas, em substituição ao agregado miúdo.

2. Programa Experimental: Materiais e Métodos

O programa experimental engloba a avaliação das propriedades mecânicas de concretos com a adição de raspas de pneus inservíveis, como materiais substitutos dos agregados miúdos. Para que se alcance os resultados esperados é preciso caracterizar os materiais constituintes das misturas a serem estudadas, bem como o proporcionamento dos concretos e os teores de substituição aplicados. O critério para escolha dos materiais utilizados foi à facilidade de obtenção dos mesmos na cidade de Goiânia-Goiás, bem como ecológico e economicamente viável.

2.1 Caracterização dos Agregados Graúdos

Por este ensaio obtem-se as porcentagens máximas e mínimas passantes nas peneiras. As amostras ou porções serão colocadas sobre a peneira superior do conjunto, evitando camadas espessas sobre qualquer uma das peneiras, promovendo a agitação do conjunto por um tempo razoável, permitindo a separação e classificação previa dos diferentes tamanhos de grãos da amostra, a agitação das peneiras será feita com movimentos laterais e circulares alternados. Determinada a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto, somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa seca da amostra. Neste método realizam-se vários ensaios de granulometria, provenientes dos concretos triturados. Com a composição granulométrica pode-se obter indícios da potencial trabalhabilidade do agregado e ter parâmetros comparativos com agregados já conhecidos.

Este ensaio é normalizado pela NBR NM 248, e foram verificados os valores de massa retida, % retida e % acumulada para todas as amostras. Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados os resultados da análise granulométrica, respectivamente, Britas 0 e 1. Utilizou-se 58,33 % de Brita 0 e 41,67% de Brita 1 na composição dos traços de concreto. O diâmetro máximo característico da Brita 0 foi de 12,5 mm e para a Brita 1 de 19 mm.

Tabela 1 - Caracterização da Brita 0.

Peneira (mm)	Material retido (g)	Percentual retido (%)	Percentual retido acumulado (%)
12,5	127,00	2,54	2,54
9,5	266,80	5,35	7,89
6,3	1900,10	38,07	45,96
4,75	1389,10	27,83	73,79
2,36	786,00	15,75	89,54
1,18	221,20	4,43	93,97
0,6	130,30	2,61	96,58
0,3	65,10	1,30	97,88
0,15	34,10	0,68	98,56
Fundo	71,60	1,44	100,00

Tabela 2 - Caracterização da Brita 1.

Peneira (mm)	Material retido (g)	Percentual retido (%)	Percentual retido acumulado (%)
19,0	81,80	1,64	1,64
12,5	3296,60	65,97	67,61
9,5	1299,40	26,00	93,61
6,3	245,70	4,92	98,53
4,75	43,30	0,87	99,4
2,36	13,50	0,27	99,67
1,18	0,90	0,02	99,69
0,6	0,40	0,00	99,69
0,3	0,60	0,01	99,70
0,15	2,10	0,04	99,74
Fundo	13,10	0,26	100,00

2.2 Caracterização da areia

Serão ensaiadas as amostras de agregado miúdo natural (areia grossa), lavada e com umidade zero. Esse agregado foi caracterizado de acordo com as normas técnicas vigentes. Os resultados da caracterização são apresentados na Tabela 3. A massa específica da areia é de 2,65 g/cm³.

Tabela 3 - Caracterização do agregado miúdo.

Peneira (mm)	Material retido (g)	Percentual retido (%)	Percentual retido acumulado (%)
4,75	9,80	1,96	1,96
2,36	21,60	4,32	6,28
1,18	79,80	15,96	22,24
0,600	120,30	24,06	46,30
0,300	105,70	21,14	67,44
0,150	113,40	22,68	90,12
Fundo	49,40	9,88	100,00

2.3 Cimento

O cimento Portland utilizado foi o CPII-Z 32, cimento composto com pozolana. O Módulo de finura do cimento é de 3,4%.

2.4 Raspas de pneu

A borracha utilizada não passou por nenhum tipo de tratamento antes da incorporação no concreto. Esta opção foi tomada com base nas recomendações de John e Zordan (2001), que propuseram minimizar custos e simplificar os métodos para tornar economicamente viável a reciclagem de resíduos na indústria da construção civil. Não há também um consenso na bibliografia pesquisada. Segundo

Segre (2000) o tratamento superficial melhora a aderência entre a pasta de cimento e a borracha, porém LI *et al.* (2004) concluíram que o tratamento não interfere na resistência mecânica do concreto. Depois de estudar as propriedades de argamassas com adição de borracha tratada com hidróxido de sódio Marques (2006) não indicou o tratamento para estudos com concreto. Albuquerque *et al.* (2006) estudaram o tratamento superficial com aditivo vinílico, acrílico e estireno-butadieno concluindo que os tratamentos são eficazes.

A forma acicular do resíduo de borracha dificulta a determinação de sua granulometria conforme pode ser visto na Figura 1, contudo foram adotados os procedimentos estabelecidos pela NBR NM 248 (ABNT, 2003).

O farelo de borracha coletado para o estudo era constituído por diversos tipos de partículas com diferentes formatos e tamanhos.

O resultado da análise granulométrica da borracha indicou que esse material possuía característica de agregado miúdo de granulometria média, compatível com uma areia média a grossa.

Tabela 4 - Caracterização da raspa de pneu.

Peneira (mm)	Material Retido (g)	Percentual Retido (%)	Percentual Retido Acumulado (%)
4,75	81,9	16,38	16,38
Fundo	418,1	83,62	100



(a)



(b)

Figura 1 – Raspas de pneu.

2.5 Aditivo utilizado

No estudo será utilizado um aditivo líquido plastificante. Ele foi utilizado para reduzir a necessidade de água do traço, promovendo um aumento das resistências mecânicas do concreto ou aumentando a sua plasticidade de forma a facilitar a sua aplicação. A caracterização do aditivo encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Propriedades do aditivo plastificante.

Cor	Líquido marrom
Densidade (g/cm ³)	1,17 ± 0,03
pH	4,5 a 5
Sólidos (%)	38 a 40

2.6 Água de amassamento

Como água de amassamento foi utilizada água potável disponível na rede de abastecimento.

2.7 Métodos

O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira teve o objetivo de verificar as proporções de borracha a serem adicionadas ao concreto, assim; a segunda etapa teve o objetivo de estudar o comportamento, em relação à resistência à compressão, dos 2 melhores traços escolhidos na primeira fase do estudo.

2.7.1 Métodos de Dosagem

Foram preparados traços pilotos com a intenção de buscar o consumo de materiais utilizados a consistência ideal de cada dosagem. A partir do traço e volume genérico definido, foram preparados os traços reais dos concretos de agregados de raspas de pneus em estudo, com teores de substituição de 5% e 7,5% do agregado natural miúdo pela as raspas de pneu no concreto. Em seguida foi realizado o Slump Test e avaliação da resistência à compressão do concreto, conforme mostram os valores da Tabela 6.

Tabela 6 - Slump Test.

	Convencional (kg)	5%	7,5%
Slump(cm)	19,5	9	22

A relação a/c (água/cimento) foi mantida constante para todas as dosagens. A consistência dos concretos, expressa pela medida do abatimento de tronco de cone, foi deixada livre, de forma que pudesse ser um dos parâmetros variáveis a serem avaliados em função do teor de partículas de borracha.

Os traços adotados para os concretos são apresentados na Tabela 7. Verifica-se que para a adição de 7,5% não foi possível trabalhar com a mesma relação água/cimento utilizada para os concretos convencional e 5% de raspas de pneu. O aspecto visual do concreto com 7,5% para a mesma relação água/cimento era de um concreto seco.

Tabela 7 - Dosagem.

Materiais	Traços		
	Convencional	5%	7,5%
Cimento (Kg)	7,000	7,000	7,000
Areia (Kg)	15,000	14,250	13,875
Brita (Kg)	12,000	12,000	12,000
Água + Aditivo (Kg)	3,142	3,142	4,021
Pneu (Kg)	0,000	0,750	1,125

2.8 Ensaio do concreto no estado fresco

2.8.1 Resistência à compressão

A principal propriedade do concreto é a sua resistência à compressão. A resistência à compressão é tomada como base para caracterizar a qualidade do concreto. O ensaio é normalizado pela NBR 5739/2007. Para a realização deste ensaio foi utilizada uma prensa hidráulica que possui um acionamento elétrico, com capacidade máxima de 200 toneladas.

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 na Tabela 8.

Observou-se que a substituição de parte do agregado miúdo por resíduos de borracha resultou em queda na resistência à compressão do concreto. Notou-se também no momento da dosagem, que para manter a trabalhabilidade constante, é necessária maior relação água/cimento dos concretos com borracha de pneu. A trabalhabilidade dos concretos produzidos com a substituição em massa dos agregados miúdos naturais pelos resíduos de pneus foi estudada por Marques et al. (2006). Os autores perceberam que para manter a trabalhabilidade constante para um mesmo consumo de cimento, é necessário utilizar maior relação água/cimento nos concretos com borracha de pneu.

Desde o início do ensaio, os valores de resistência à compressão indicavam perda com adição de raspas de pneu, e assim permaneceram durante todo o período se comparado ao concreto de referência. Esse comportamento é similar ao encontrado em pesquisa realizada por Romualdo et al. (2011). Contudo, os valores encontrados

para a adição de 5% de 16,69 MPa são relativamente superiores ao de Romualdo et al. (2011) que foram de 12,40 MPa aos 28 dias.

Tabela 8 - Valores de resistência à compressão dos concretos com adição de raspas de pneus em relação ao traço convencional.

Corpo-de-prova	Idade (dias)	Tensão de ruptura (MPa)
Convencional	3	14,94
Adição de 5%	3	9,37
Adição de 7,5%	3	2,37
Convencional	7	22,19
Adição de 5%	7	14,19
Adição de 7,5%	7	4,29
Convencional	28	22,56
Adição de 5%	28	16,69
Adição de 7,5%	28	6,91

Pode-se afirmar que para o concreto com resíduos de pneu apresentar resultados de resistência semelhantes aos do concreto referência, é necessário maior consumo de cimento.

Ao comparar os valores médios das resistências à compressão dos concretos convencionais com os valores apresentados para os concretos com adição de fibra observou-se que cada traço apresentou perdas na resistência à compressão cujos valores estão apresentados na Tabela 9. Verifica-se na Tabela 9 comportamento similar ao referido por Toutanji (1996), que concluiu que a incorporação de resíduo de borracha de pneu no concreto causa uma perda nas resistências à compressão,

sendo que a redução aumenta com o aumento do teor de agregados de borracha. Segundo Giacobbe et al. (2008) apud Fattuhi et al. (1996), a redução na resistência nos concretos produzidos com resíduos de pneu está ligada à ação da borracha não absorver todo o carregamento em relação aos outros componentes e também admitir maior deformação lateral induzindo à ruptura. Baseado com os estudos de Topçu e Vascular (1997), para que o uso de borracha não venha afetar de forma significativa a resistência mecânica dos concretos é recomendado que o diâmetro das partículas não deve ser superior a 1,0 mm. E, estes pesquisadores ainda sugerem a quantidade máxima de borracha a ser utilizada não ultrapasse 35,0%. Contudo, para o presente estudo em função da grande perda de resistência combinado com os materiais utilizados não seria possível utilizar este alto valor de substituição.

Tabela 9 - Valores de perdas de resistência à compressão dos concretos com adição de raspas de pneus em relação ao traço convencional.

Corpo-de-prova	Idade (dias)	Redução da tensão de ruptura (%)
Adição de 5%	3	37,28
Adição de 7,5%	3	84,14
Adição de 5%	7	36,05
Adição de 7,5%	7	80,67
Adição de 5%	28	24,69
Adição de 7,5%	28	69,37

3. Conclusões

O ensaio de resistência à compressão apresentou valores mais baixos após a adição da borracha de pneu. Comportamento este esperado, pois foi de acordo com o encontrado na literatura. Isto também ocorreu porque a borracha é um material que permite maiores deformações, atuando como vazios dentro do concreto.

As perdas na resistência mecânica do concreto podem ser atribuídas às diferenças de deformações sofridas pela borracha quando comparadas ao agregado natural.

Porém, em contrapartida a redução dos resultados encontrados no ensaio de resistência à compressão, enquanto os corpos de prova com o traço convencional, se romperam e suas partes se dissociaram, nos traços com 5% e 7,5%, mesmo após o rompimento, suas partes continuaram unidas, devido às fibras de borracha proporcionar o caráter elástico a este concreto.

O concreto com adição de raspas de pneu é um material atraente do ponto de vista ecológico, por recuperar resíduos e substituir a areia natural, um recurso limitado na natureza. Do ponto de vista econômico, existe a necessidade de subsídios financeiros para a obtenção e o processamento da matéria-prima. A viabilidade geral da pesquisa se fundamenta na quantidade de unidades de pneus descartados no ambiente e na possibilidade de seu uso como agregados no concreto em substituição ao agregado graúdo ou miúdo.

Os resultados de resistência à compressão encontrados atendem a especificação para a utilização em calçadas ecológicas e inclusivas, uma vez que para travessia de pedestres há uma solicitação de baixa de cargas e trânsito leve. Diante disso, o concreto com adição de 5% de borracha de pneus inservíveis pode ser 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. No entanto, a quantidade de pneus que seria retirada do meio ambiente, caso esse concreto fosse utilizado mais usualmente, ainda seria bem reduzida.

Considerando as potencialidades das raspas de pneu e baixo custo apresentado na Tabela 10, tem-se que o concreto com pneu atende os fins, é economicamente, tecnicamente e atende o padrão de prática sustentável.

Tabela 10 - Resultado global do custo dos concretos avaliados.

Concreto	Custo (R\$/m ³)
Convencional	183,28
5%	183,14
7,5%	183,05

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Affonso, F. J. A. **Caracterização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) para uso em camadas drenantes de aterros de resíduos sólidos.** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

Albuquerque, A. C.; Andrade, M. A. S.; Andrade, W. P.; Silva, O. C.; Martins, W. **Adição da borracha de pneu ao concreto compactado com rolo.** Anais de Congresso, 46º Congresso Brasileiro do Concreto. Florianópolis, 2006.

Ângulo, S. C.; Jonh, V. M.; Ulsen, C.; Kahn, H. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados separados por líquidos densos.** X ENTAC, São Paulo, 2004.

ANIP. **Associação Nacional das Indústrias Pneumáticas.** São Paulo, 2011.

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 9050 - (Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos)** - Rio de Janeiro: 2004.

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

Ballista, L. P. Z. **Avaliação de algumas propriedades de concretos estruturais com agregados graúdos reciclados modificados com látex estireno butadieno.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 2003.

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.

Giacobbe, S.; Figueiredo, A. D. **Concreto de cimento Portland com borracha de pneus.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2008.

John, V.M.; Zordan, S.E. **Research & development methodology for recycling residues as building materials - a proposal**. Journal Waste Management 21, 2001.

Jornal Nacional. Edição do dia 21/11/2011 21h04 - Atualizado em 21/11/2011 21h05.

<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2011/11/censo-2010-reforca-desafio-do-brasil-em-dar-uma-vida-digna-aos-deficientes.html>. Acessado em: 11 de agosto de 2011.

Li, G.; Garrick, G.; Eggers, J.; Abadie, C.; Stubblefield, M. A.; Pang, S.S. **Waste tire fiber modified concrete**. COMPOSITES Parte B: Engineering 35, (2004) p 305-312.

Marques, A. C.; Ricci, E. C.; Trigo, A. P. M.; Akasaki, J. L. **Resistência mecânica do concreto adicionado de borracha de pneu submetido à elevada temperatura**. Anais das XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural, Campinas, SP, 2006.

Romualdo, A.C.A.; Santos, D.E.; Castro, M.L.; Menezes, W.P.; Pasqualetto, A.; Santos, O.R. **Pneus Inservíveis como Agregados na Composição de Concreto para Calçadas de Borracha**. "CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD". São Paulo, Brasil. Maio, 2011.

Segre, N. C.; Joekes, I. **Use of tyre rubber particles as addition to cement paste**. Cement and Concrete Research, Vol. 30, 2000.

Topçu, I. B.; Vascular, N. **Analysis of Rubberized Concrete as a Composite Material**. Cement and Concrete Research. USA, 1997.

Toutanji, H. A. **The use of rubber tire particles in concrete to replace mineral aggregates**. Cement and Concrete Composites, Barking, v.18, n.2, 1996.

Tozzi, R. F. **Estudo da influência do gerenciamento na geração dos resíduos da construção civil (rcc) – estudo de caso de duas obras em Curitiba/PR.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

Ulsen, C. **Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.