



ESTUDO DA DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA DE PLÁSTICO PET E LASCAS DE BORRACHA DE PNEU EM CONCRETOS

Autores:

Resumo: *Esta pesquisa tem como objetivo utilizar fibras provenientes de garrafas PET e lascas de borracha provenientes de pneu, como parte do agregado miúdo do concreto, visando uma disposição final ambientalmente correta destes materiais poluentes. A partir da revisão bibliográfica foram realizadas pesquisas sobre o impacto gerado pela construção civil ao meio ambiente, de modo a trazer meios para colaborar com a sustentabilidade neste setor, além de realizar experiências em laboratório, (seguindo as normas brasileiras), como a determinação granulométrica da areia fina e média e da fibra de PET afim de verificar as características semelhantes da fibra com um dos respectivos agregados, para posterior substituição deste. Em seguida, ainda em laboratório, foi feita a moldagem, cura, retífica e rompimento dos corpos de prova. Em análises realizadas observa-se que pequenas porcentagens de fibras de PET no concreto são de grande valia na remoção de garrafas de PET do meio ambiente, além de beneficiar em certas propriedades mecânicas do concreto como o aumento de sua tenacidade.*

Palavras-chave: *Construção sustentável, Concreto sustentável, Concreto com PET, Reutilização do PET, Concreto com borracha.*

1. Introdução

O projeto possui como objetivo utilizar fibras provenientes de garrafas PET e lascas de borrachas proveniente de Pneu, como parte do agregado miúdo do concreto, visando uma disposição final ambientalmente correta destes materiais poluentes, trazendo meios sustentáveis a construção civil. Além de analisar o comportamento do concreto com substituição parcial do agregado miúdo por Polietileno Tereftalato (PET) e das lascas de borracha.

Tal processo poderá acarretar na redução dos impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil, como por exemplo diminuir o consumo de agregados miúdos e conter a quantidade de embalagens plásticas descartadas incorretamente e o descarte de pneus em locais inapropriados.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





Para a realização do projeto, primeiramente foi efetuada uma revisão bibliográfica, sobre o impacto gerado pela construção civil ao meio ambiente, e pesquisas analisando as principais características dos materiais a serem utilizados e as normas brasileiras para efetuar os procedimentos de ensaio e estudos sobre os temas abordados. O estudo da implantação de lascas de borracha está sob análise bibliográfica para posterior análises experimentais como a pesquisa da implantação das fibras de PET.

Após a realização da revisão bibliográfica e o entendimento inicial dos assuntos propostos no projeto, iniciou-se os procedimentos experimentais para a verificação de qual fração do agregado miúdo poderia ser substituído por PET, suas vantagens e desvantagens, bem como as características apresentadas após aplicação e cura da composição.

2. Revisão bibliográfica

O Conselho Internacional da Construção (CIB), aponta a indústria da construção civil como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais (OLIVEIRA, 2013). Para se ter uma ideia, no Brasil para a produção de concreto e argamassa, no ano de 2000, o consumo era de 220 milhões de toneladas de recursos naturais como areia, brita, calcário, entre outros (JOHN, 2000).

Segundo Milhorange (2016), o Brasil, junto de outros quatro países (China, Índia, EUA e Turquia), está entre os principais produtores de cimento do mundo. Juntos, são responsáveis por 70% desta produção. O grupo também está entre os grandes mineradores de areia, sendo 80% desta extração, destinada a indústria da construção civil, como por exemplo para a produção de concretos e vidros.

Além dos impactos referentes ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A construção civil gera hoje uma grande quantidade de resíduos, causando sérios problemas relacionados ao meio ambiente, fazendo-se necessário identifica-los para buscar soluções cabíveis e eficientes para que estes sejam minimizados, evitando problemas futuros mais sérios.

Na busca de minimizar os impactos ambientais provocados pela construção, surge a iniciativa para uma construção sustentável. Conforme foi definido pela Organização das Nações Unidas – ONU, em 1987, a sustentabilidade é “O atendimento das necessidades das gerações atuais, sem comprometer a possibilidade de satisfação das necessidades das gerações futuras”, ou seja, a sustentabilidade está associada ao bom uso dos recursos naturais da Terra, de forma que estes recursos sejam garantidos para o futuro. A contribuição sustentável na construção civil pode gerar inúmeros benefícios ao meio ambiente, tais como: redução no consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados; redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem; redução do consumo de energia durante o processo de produção; redução da poluição, entre outros. Partindo disso, vem crescendo a ideia do uso de materiais reciclados na construção civil como as fibras de PET, provenientes de embalagens plásticas, e lascas de borracha, proveniente de Pneus. Além de reduzir tais impactos, a utilização das mesmas poderá diminuir o número de garrafas presentes nas ruas. Se calcularmos a produção de apenas 1 m³ de concreto, utilizamos cerca de 760 kg de areia. Substituindo apenas 5% dessa areia por fibras de PET, seriam aproximadamente 890 garrafas de 500ml retiradas das ruas para utilização em um material

Organização



Promoção





inerte, o que trará benefícios imediatos ao meio ambiente. Para se ter uma ideia de grandeza em 2012, por exemplo, as concreteiras instaladas no país produziram cerca de 51 milhões de m³ de concreto (OLIVEIRA, 2013).

Segundo o 9º censo da ABIPET (2013), em 2011 foram produzidas cerca de 9 bilhões de garrafas, sendo destas apenas 5,3 bilhões recicladas em 2012. No Brasil, no mesmo ano, dos 5570 municípios brasileiros (IBGE, 2013) apenas 766 fizeram a coleta seletiva (ABIPET, 2013). Esse número representa somente 15% dos municípios do país com participação na coleta. Entre as aplicações do PET reciclado atualmente, 46% são destinados para Botle to Botle (o qual trata-se de uma embalagem produzida a partir de garrafas pós-consumo recicladas), 25% para área têxtil, 18% outros e 11% área automotiva (ABIPET, 2013). Seu uso na construção civil ainda não contribui com uma porcentagem significativa, no entanto, vários estudos já foram realizados para utilização de fibras desse material, como alternativa para substituição parcial do agregado miúdo no concreto.

Em estudos realizados para a implantação das fibras de PET no concreto, observou-se na pesquisa de Betioli et al (2004) sua durabilidade em materiais a base de cimento, o qual verificou um melhor comportamento pós-fissuramento e uma resistência maior a carga (por alguns minutos após a falha), sem que ocorresse desintegração completa. Maragon (2003) afirma que houve uma maior tenacidade com o uso das fibras de PET. O mesmo afirma ainda que o uso destas geraram um concreto mais dúctil, propriedade de um concreto flexível, elástico e maleável, onde experimenta deformações inelásticas sem a perda de sua capacidade resistente, causando uma maior deformação antes da ruptura completa. Meneses (2011) realizou o estudo da utilização destas fibras em concretos submetidos a altas temperaturas, concluindo que tal utilização pode retardar o risco de colapso de estruturas pela formação de uma rede de canais que facilitam a fuga do vapor d'água, reduzindo a poropressão no interior do elemento estrutural. Silva (2013) comprovou tal efeito em seus estudos analisando a resistência a compressão e porosidade de concreto quando submetidos a elevadas temperaturas, obtendo resultados como a não ocorrência do efeito spalling - efeito de explosão repentina, violenta ou não, de camadas ou pedaços de concreto da superfície de um elemento estrutural, quando exposto ao aumento rápido da temperatura, como em casos de incêndios. (SILVA, 2013) - nos corpos de prova que possuíam as fibras.

Já no estudo relacionado as lascas de Pneu a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2017), afirma que foram vendidos cerca de 70,7 milhões de unidades de pneus durante o ano de 2016. Deste valor, 63,4% foram utilizados para reposição. Assim sendo, mais de 44,8 milhões de unidades foram descartados, sendo esse descarte, quando despejado em local inapropriado como aterros, terrenos baldios, torna um problema de saúde pública, pelo acúmulo de água paradas das chuvas, propiciam a propagação de doenças como a dengue, febre amarela, entre outras.

Em estudos realizados para a implantação de lascas de borracha na pavimentação asfáltica observou-se na pesquisa realizada em Minas Gerais por Dias et all (2014), afirma que o uso de pneus inservíveis em ligantes asfálticos para pavimentação de rodovias é uma técnica promissora e que obteve durante suas primeiras aplicações benefícios estruturais e ecológicos. No que diz respeito à mecânica do asfalto a incorporação da borracha apresentou melhoras como redução do envelhecimento, aumento da flexibilidade, aumento do ponto de amolecimento e redução da susceptibilidade térmica. Em outro estudo realizado pela UFSM, Bauer et all (2015, p. 1297) afirma que o uso da borracha de pneus inservíveis na pavimentação de rodovias (asfalto ecológico), além de ambientalmente amigável, o uso de borracha confere vida útil maior ao asfalto e gera menos ruído.

Organização



Promoção





Para Fonseca (2013, p. 3), a reciclagem contribui para a diminuição significativa da poluição do solo, da água e do ar e preserva o meio ambiente, melhorando a qualidade de vida para as pessoas. No entanto cada vez mais tem aumentado a exploração de recursos naturais não renováveis e maior acúmulo de materiais beneficiados que necessitam de muito tempo para entrarem em decomposição, incluindo os pneus, prejudicando a preservação do meio ambiente. Diante desta situação agravante, vê-se como uma das saídas para um meio mais sustentável, o emprego de materiais recicláveis na construção civil, como uma maneira de reduzir os impactos ambientais causados pela mesma.

3. Materiais e métodos

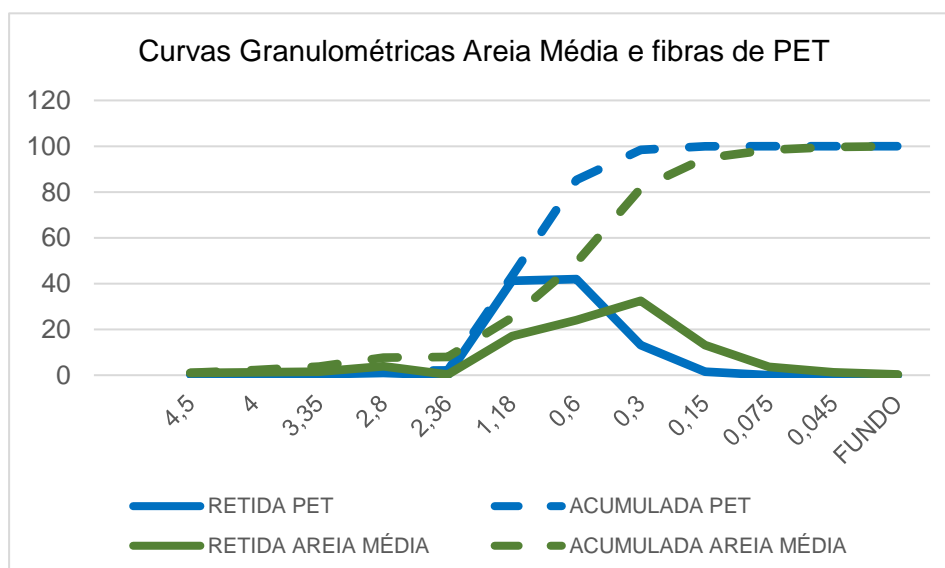
Caracterização dos materiais

Inicialmente foi realizado um estudo comparativo dos perfis granulométricos entre os agregados miúdos (areia fina e média) e as fibras de PET, afim de estabelecer qual deles as fibras mais se assemelham, em granulometria, para a posterior substituição.

O teste foi realizado de acordo com a NBR 248 – Determinação da composição granulométrica, com o objetivo de padronizar as areias média e fina, além das fibras de PET. Para isso, utilizou-se do agitador mecânico, amostras devidamente secas e as seguintes peneiras (mm): 4,5 – 4 – 3,35 – 2,8 – 2,36 – 1,18 – 0,6 – 0,3 – 0,15 – 0,075 – 0,045 e fundo, todas posicionadas em ordem crescente da base para o topo.

Com esse teste foi estabelecida a faixa granulométrica da areia fina caracterizada com 0,045mm – 0,3mm e a areia média com 0,3mm – 1,18mm. As fibras de PET obtiveram uma curva granulométrica com características próximas a granulometria da areia média, conforme pode ser observado no Gráfico 1 (Curva Granulométrica Areia Média e fibras de PET) e Gráfico 2 (Curva Granulométrica Areia Fina e fibras de PET).

GRÁFICO 1 - Curva Granulométrica Areia Média e fibras de PET



FONTE: Elaborado pelo autor

Organização

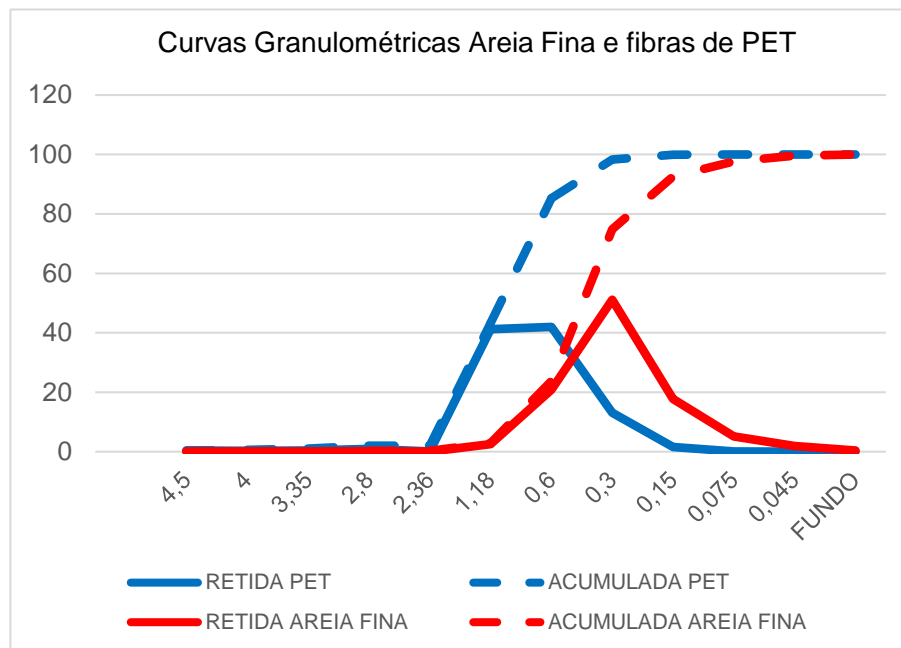


Promoção





GRÁFICO 2 - Curva Granulométrica Areia Fina e fibras de PET



FONTE: Elaborado pelo autor

Através do ensaio de granulometria, foi possível determinar qual dos dois agregados miúdos (utilizados no traço), seria substituído pelas fibras de PET. Observando os gráficos pode-se perceber uma maior similaridade entre a areia média e as fibras PET. E devido tal semelhança determinou-se que, as fibras iriam substituir porcentagens no volume da areia média.

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland - CP II Z – 32 e como agregado graúdo, utilizou-se da pedra brita 1, peneirada em granulometria de 9,5 mm – 19 mm.

Moldagem, cura, retífica e rompimento dos corpos de prova

Iniciou-se os procedimentos para a moldagem dos corpos de prova de concreto referencial (CR) – convencional – e dos corpos de prova com substituição da areia média pelas fibras de PET. As substituições testadas, em percentuais, foram de 20 %, 30%, e 50% do volume da areia média. Estes testes foram efetuados seguindo as normativas brasileiras: NBR 9479 – Câmaras úmidas e taques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto, NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos e NBR 5738 – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.

Os materiais foram pesados de acordo com o traço calculado com resistência a compressão esperada de 35 MPa aos 28 dias, no entanto foram realizados testes até os 21 dias, os quais já alcançaram o valor proposto. Para o corpo de prova de referência (CR), utilizou-se os seguintes materiais: 4,8 kg de cimento CP– II- Z- 32; 4,224 kg areia média; 504 g de areia fina; 11,57 kg de pedra 1 e 2,3 l de água, sendo um traço de 1: 0,88: 0,105: 2,41: 0,48.

Após a pesagem de todos os materiais, iniciou-se a moldagem dos corpos de prova, sendo eles introduzidos na betoneira na seguinte ordem: pedra 1; uma fração da água; cimento;

Organização



Promoção





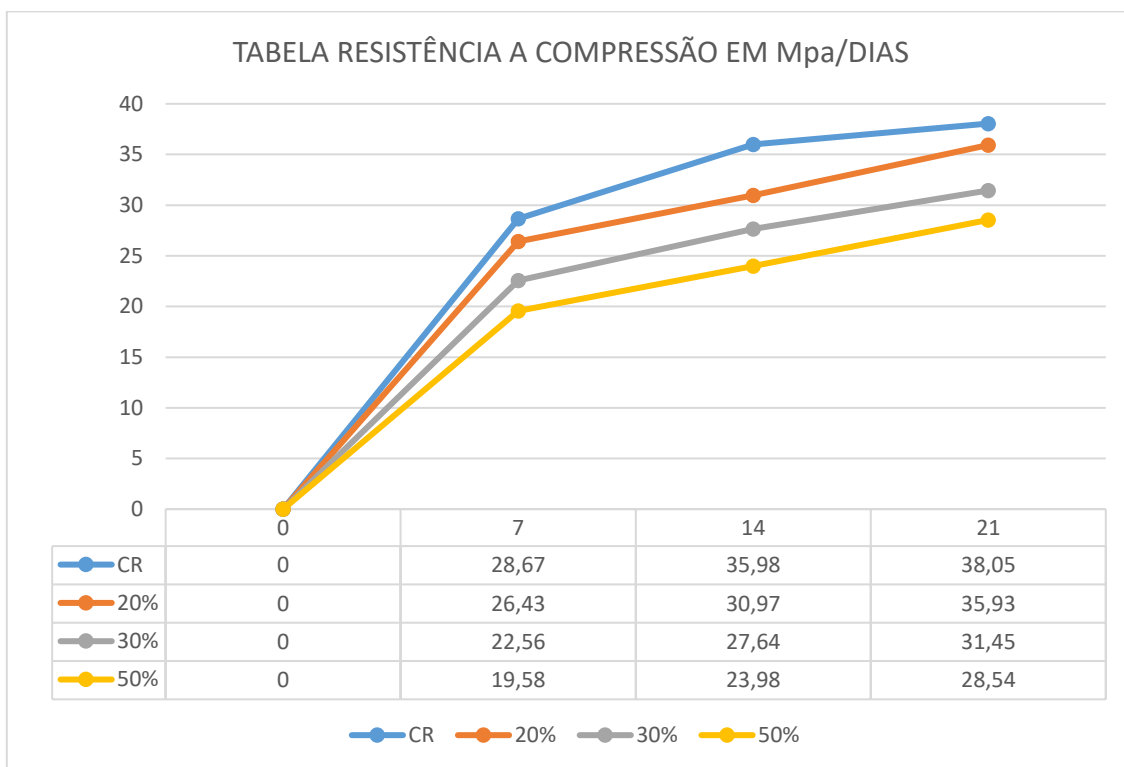
areias/PET (quando necessário) e outra fração da água. Este processo foi realizado em um período de 10 a 15 minutos, com paradas para a remoção de concreto preso ao fundo da betoneira. Quando atingido uma consistência homogênea, o concreto foi introduzido aos moldes dos corpos de prova – untados com óleo e realizado o adensamento, conforme recomenda a NBR 5738.

Após 24 horas de sua moldagem, os corpos de prova foram desformados e submetidos a cura na câmara úmida. Posteriormente, efetuada a retífica e os testes de resistência a compressão axial, com a utilização da prensa hidráulica.

4. Resultados obtidos

Após o rompimento dos corpos de prova na prensa hidráulica, obteve-se os seguintes dados das resistências a compressão axial dos corpos de prova ensaiados.

GRÁFICO 3 – Resistência a Compressão Axial Mpa/Dias



FONTE: Elaborado pelo autor

Pôde-se perceber pelas curvas obtidas, que ao aumentar a porcentagem de fibras de PET no concreto sua resistência diminui, como foi verificado no referencial teórico (GRAFICO 3).

No entanto, notou-se também, que os corpos de prova com adição de fibras de PET mostraram-se mais tenazes, conforme Maragon (2013) havia descrito em seus experimentos, observando que os concretos com adição das fibras após sua ruptura não se desintegraram completamente, ficando com seus fragmentos “presos” ao corpo de prova, como pode ser visualizado nas figuras (01) e (02), onde mostram um corpo de prova com adição, e um sem adição das fibras.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





FIGURA 01 – Concreto com adição 30% de PET



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA 02 – Concreto sem adição de PET (CR)



FONTE: Elaborado pelo autor

5. Considerações Finais

Ao analisar as pesquisas bibliográficas, pode-se observar, benefícios ligados ao meio ambiente, como a redução do consumo de areia, diminuindo os impactos ambientais gerados por essa extração, além de minimizar a quantidade de embalagens PET das ruas e depósitos,

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





pois quando estas são descartadas de maneira incorreta, podem acarretar em enchentes e alagamentos. Como citado na revisão bibliográfica o cálculo para apenas 1 m³ de concreto, substituindo apenas 5% da areia por fibras de PET, seriam aproximadamente 890 garrafas de 500ml retiradas das ruas para utilização em um material inerte, trazendo benefícios imediatos ao meio ambiente. Sendo 1m³ um valor muito pequeno se comparado com a produção média anual de concreto no Brasil, a qual em 2012 foi cerca de 51 milhões de m³ (OLIVEIRA, 2013).

Estudos relacionando o percentual máximo que o concreto pode receber a adição de fibras de PET, em substituição ao agregado miúdo, são de grande valia, uma vez que podem impulsionar o consumo deste material e aumentar os incentivos para o reaproveitamento e reciclagem, ajudando no bem-estar da sociedade e reduzindo a poluição em nosso planeta

Em contrapartida ao analisar os resultados obtidos após o rompimento dos corpos de prova, pode-se concluir que ao aumentar a adição do teor de fibras de PET, as propriedades mecânicas do concreto são alteradas. Exemplo disso, foi observada a redução da resistência a compressão axial nas duas amostras mencionadas, não sendo o uso destas fibras indicado, (nos percentuais pesquisados), para concretos com funções estruturais.

Apesar disso, o concreto em estudo – com adição de fibras de PET – pode ser viável sob outros aspectos, uma vez que foi observado o aumento de sua tenacidade, o que reduz o efeito de colapso da estrutura de concreto.

Dessa forma a reciclagem irá contribuir para a diminuição significativa da poluição do solo, da água e do ar, preservando o meio ambiente, melhorando assim a qualidade de vida para as pessoas, inserindo de meios sustentáveis à construção civil, e reduzindo os impactos ambientais causados pela mesma.

Agradecimentos

Agradecemos ao Centro Universitário Curitiba, ao coordenador Engenheiro Renato Braga Coelho Neto, do curso de Engenharia Civil, e ao senhor André Barriachello da empresa Mac PET.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Monografias, dissertações e teses:

CANELLAS, Susan Sales; D’Abreu, José Carlos. **Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassas**. Dissertação - Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil**. 113 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MENESES, Ilzenete Andrade. **Avaliação de concreto com adição de fibras de PET submetido a altas temperaturas**. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

SILVA, Janaina Salustio da. **Estudo de concretos de diferentes resistências à compressão quando submetidos a altas temperaturas sem e com incorporação de fibras de**

Organização



Promoção





politereftalato de etileno (PET). 148 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

Artigos de jornais:

BAUER, Jéssica Mariella; CÁSSERES, Mariane; SAUERESSIG, Gislaine; LUCHESE Juliane; SELLITTO, Miguel Afonso. **Destinação de pneus usados servíveis e inservíveis: dois estudos de caso**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p.1292-1302. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM.

MILHORANCE, Flávia. Base da construção civil, areia é um dos recursos mais valiosos e explorados do mundo. **O Globo**. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/base-da-construcao-civil-areia-um-dos-recursos-mais-valiosos-explorados-do-mundo-14960573>>. Acesso em: 20 out. 2016.

Trabalhos em eventos

ALMEIDA, Marconi Oliveira de et al. **Uso de areia de PET na fabricação de concretos**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia e Resíduos e Desenvolvimento Sustentável 2004, Florianópolis, Livro de Resumos, São Paulo, ICTR, 2004. P.39.

BETIOLI, Andrea Murilo et al. **Degradação de fibras de PET em materiais à base de cimento portland**. Anais: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

CÂNDIDO, Luis Felipe; BARRETO, José Maurício Lima; CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. **Avaliação de blocos de concreto produzidos com PET reciclado**. Anais: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió, 2014.

Internet:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PET (ABIPET). **9º Censo da Reciclagem de PET no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS - ANIP. **Produção e vendas - Relatório atualizado em fevereiro de 2017**. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/arquivos/producao-vendas.pdf>>. Acesso em 03 mar. 2017.

DIAS, Álvaro José; PAULA, Aline Brito de; NETO, Geraldo Gouveia Franco, BERNARDES, Matheus Sousa, WAGNER, Roberta Afonso Vinhal. **O uso de borracha em ligantes asfálticos para pavimentação de rodovias no estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/biochemistryproceedings/8entec/002.pdf>>. Acesso em 06 Mar. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo IBGE 2013**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/>>. Acesso em: 21 out. 2016.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





MARAGON, Ederli. **Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa pet.** Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2003/Aspectos_do_Comportamento_e_da_Degradacao_de_Matrizes_de_Concreto_de_Cimento_Portland_Reforçados_com_Fibras_PET>. Acesso em: 16 fev. 2016.

OLIVEIRA, Marta. Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, São Paulo, ago. 2013. Disponível em: < <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/> >. Acesso em: 07 nov. 2016.

Normas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9479** – Câmaras úmidas e taques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 248** – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5739** – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 5738** – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

ENVIRONMENTALLY SUITABLE STUDY OF PET PLASTIC AND TIRE RUBBER LASTS IN CONCRETE

Abstract: *This research aims to use PET bottle fibers and tire rubber chips as part of concrete aggregate, aiming at an environmentally correct disposal of these polluting materials. Based on a bibliographical review on the research on the impact generated by the construction industry on the environment, in order to bring the means to collaborate with a sustainability in the sector, in addition to performing experiments in the laboratory, such as a granulometric determination of fine and medium sand and of the fiber of PET in order to verify as characteristics of the fiber with one of the respective aggregates, for later substitution of this one. Then, in the laboratory, a molding, curing, grinding and breaking of the specimens was done. In the analysis carried out, it is observed that small percentages of PET fibers are not concrete are of great value in the removal of PET bottles from the environment, besides the benefit in certain concrete mechanical properties as the increase of their tenacity*

Key-words: *Sustainable construction, Sustainable concrete, Concrete with PET, Reuse of PET, Concrete with rubber.*

Organização



Promoção

