



MATERIAL CERÂMICO COMO AGREGADO SUBSTITUTO: ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Guilherme Ribeiro de Moura¹, Judson Ricardo Ribeiro da Silva², Waldir Silva Soares Junior³, André Leonardo Marques Rizzo⁴

RESUMO: Em pesquisa anterior foi verificado a eficácia do material cerâmico de revestimento como substituto do agregado convencional em se tratando de resistência à compressão axial e quanto à disponibilidade do material na cidade de Maringá/PR. Neste momento, propôs-se dar continuidade ao estudo no sentido de determinar a viabilidade do uso deste na produção do concreto em se tratando em custos de seleção e uso. Para tanto, foi realizada uma investigação do processo de construção via levantamento orçamentário e coleta de dados junto a engenheiros e empresários da região dentro de uma perspectiva de campo de cunho descritivo por um viés quantitativo. Os dados obtidos indicaram a viabilidade econômica da prática proposta (uso de material cerâmico como agregado substituto) e denotaram que há uma demanda num sentido de preservação ambiental que pode ser atendida por esta prática. Para além do retorno financeiro, a pesquisa buscou demonstrar que técnicas alinhadas à questão do meio ambiente, como a reutilização de materiais pós-consumo (que antes eram descartadas e considerados rejeitos) são viáveis e socialmente valorizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Agregado alternativo; Construção civil; Cerâmica de revestimento; Eossustentabilidade; Engenharia civil.

1 INTRODUÇÃO

Este projeto é um segundo passo no sentido de verificar a viabilização para o uso do material cerâmico como agregado não convencional na questão econômica que tange custos de seleção e uso. É sabido que na região de Maringá/PR um dos materiais que mais sobram em construções e processos de demolição é a cerâmica (VIOLIN, 2009) e, o primeiro passo da pesquisa foi verificar a resistência à cisalhamento do corpo de prova ao se substituir parcialmente a brita por cerâmica de revestimento (5%, 10% e 20%), momento no qual foi comprovado que a resistência à compressão deste material se mostrou mais vantajosa do que o material convencional, a brita (foi realizada comparação com brita 1, mas os dados obtidos sugerem que podem ser feitas substituições também com outras granulometrias).

Muito se fala sobre a substituição de agregados no concreto provenientes dos resíduos de construção e demolição (RCD) e também outros tipos de materiais na engenharia civil, porém, há uma falha no que compete à investigação da questão da viabilidade econômica desta reutilização. Alguns materiais que já foram utilizados na substituição parcial e total de agregados do concreto são: cinza do bagaço da cana-de-açúcar (LIMA et al, 2009), cerâmica de revestimento (MOURA et al, 2013), pó de pedra basáltica (MENOSSI, 2004), resíduos de indústria metal mecânica (FREITAS et al, 2013), CD's (SABEH; SILVA, 2013), etc. Mas o que há de se investigar, além disso, é, quanto custaria para reutilizar esses agregados? Qual o preço final do material já pronto para ser utilizado? Qual a disponibilidade deste material e ele atende à demanda? Estes são alguns dos tópicos orientadores do estudo.

1.1 Consciência ambiental e *marketing* verde

Propor o uso de materiais de rejeito na construção civil é uma tentativa de reduzir efeitos prejudiciais que o descarte destes poderia causar. Num momento de crise e mal-estar social no que tange as questões ambientais, especialmente junto ao avanço da dominação no meio natural e ao aumento da utilização de recursos escassos (FURTADO, 1984) faz-se aumentar esta preocupação, num sentido bastante amplo em que se prevê ameaças à vida na Terra (AMARO, 2004).

É claro que a industrialização, no campo da engenharia civil, é vista com bons olhos e como progresso. No entanto, num deslumbramento por crescimento e expansão, dominação da natureza e aperfeiçoamento da

¹ Acadêmico do 5º ano de Engenharia Civil do UniCesumar - Centro Universitário de Maringá, Maringá - PR. Bolsista IC/Fundação Araucária-Unicesumar. gui.moura21@gmail.com

² Professor orientador coordenador do curso de Engenharia de Produção do UniCesumar - Centro Universitário de Maringá, Maringá - PR. judson.silva@unicesumar.edu.br

³ Professor co-orientador doutorando em Matemática pela UEM - Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR. dir.soares@hotmail.com

⁴ Acadêmico colaborador do 5º ano de Engenharia Civil do UniCesumar - Centro Universitário de Maringá, Maringá - PR. andremarqizzo@hotmail.com



técnica, podem-se esquecer os efeitos prejudiciais ao meio ambiente num sistema capitalista que vai na contramão da preocupação ambiental.

Quando se fala em desenvolvimento, comumente se associa o termo a crescimento econômico, urbanização e industrialização, no entanto, é sabido que este se dá em outras dimensões. Amaro (1990; 2004) coloca que desenvolvimento tem a ver com o abrochar das potencialidades segundo condições favoráveis; o autor utiliza a metáfora da semente que precisa se desfazer de seu invólucro e no ato de ver-se desenvolvida desta embalagem que o envolvia consegue crescer, assim como indivíduos, grupo sociais e sociedade.

Neste sentido, não se fala mais apenas em desenvolvimento pelo viés tradicional e, neste trabalho, se dará prioridade ao desenvolvimento numa direção que contemple princípios ecológicos num movimento sustentável.

A consciência ambiental, afirmada institucionalmente na conferência do Estocolmo e estudo do clube de Roma, em 1972, tentou conciliar desenvolvimento com preocupações ambientais e, em 1987, o conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado e proposto em um relatório intitulado “O nosso futuro comum”. Desenvolvimento sustentável designa “o processo de satisfação de necessidades atuais que não põem em causa a satisfação de necessidades das gerações futuras” (AMARO, 2004, p. 56).

O desenvolvimento sustentável dá-se de diversos modos e há meios para que este, inserido num contexto de mercado, marcado pela divisão internacional do trabalho e das relações comerciais, se coloque de maneira consonante com as demandas e os apelos de consumo no ramo da construção civil.

Sabe-se que muitas empresas e consumidores valorizam e fazem uso do “marketing verde”. Este termo, segundo Churchill (2000, p. 44) designa “atividades de marketing destinadas a minimizar os efeitos negativos sobre o ambiente físico ou melhorar a sua qualidade”.

Ainda, o autor afirma que 93% dos consumidores adultos declaram que o impacto ambiental de um produto é decisivo na decisão de compra e, neste sentido, Moura et al (2012) apontam que, entre o público universitário maringense, 87% denotou que considera o uso de técnicas ecossustentáveis válidas e importantes para a sociedade. “O marketing verde procura despachar produtos com um gasto mínimo de energia e reutilizar materiais” (CHURCHILL, 2000, p. 45).

Neste mesmo sentido, Kotler (2010) coloca que, mais do que melhorar a imagem pública de uma organização, “outra maneira de fazer diferença é resolver um dos maiores problemas globais de nossos tempos: a sustentabilidade ambiental. Muitas empresas não começaram a pensar seriamente em tornar seus processos mais voltados para o meio ambiente” (p. 177).

No ramo da construção civil, a situação é bastante similar, já que a noção comum é a de que os métodos tradicionais têm sido eficientes e não se questionam com frequência possíveis danos ambientais. A energia empregada na demolição, operação de edificações e construção, assim como a manufatura e transporte de materiais é uma das principais fontes de poluição e produção de lixo em nível global (ROAF, 2009). Propor novos modos de construir é uma maneira de buscar a diminuição dos impactos ambientais causados pela engenharia civil.

Utilizar agregados que vem de resíduos de construção civil no fazer do concreto, além de ser um modo de aproveitamento dos recursos disponíveis em abundância que poderiam ser descartados, é uma forma de evitar colocar em risco recursos naturais e seguir um modelo de desenvolvimento sustentável. Além disso, organismos internacionais como a Organização Mundial do Comércio (OMC) e a Organização das Nações Unidas (ONU) tem incentivado empresas de todo o mundo a utilizar condutas e princípios relacionados à preservação do meio ambiente (TENORIO, 2006).

O desafio da sustentabilidade, relacionado à necessidade de evitar danos ambientais provenientes de modelos de desenvolvimento anteriores e de recuperação dos ecossistemas degradados é urgente no momento atual em que vivemos. “É o desafio ambiental, para o qual só acordamos tardiamente. Só por si, a não consideração deste desafio e a não adoção de compromissos e medidas claras e determinadas, pode inviabilizar o futuro e mesmo a sobrevivência da Vida na Terra” (AMARO, 2004, p. 61).

Daí a importância de estudos como este não apenas para o âmbito da construção civil, mas para a sociedade como um todo, já que iniciativas de cunho sustentável visam benefícios para o bem comum.

Esse trabalho teve por objetivo determinar a viabilidade do uso do material cerâmico como substituto do agregado convencional na produção do concreto em se tratando em custos de seleção e uso, estipulando, inclusive, possíveis retornos surgidos em situações em que este viesse a ser utilizado.

1.2 O agregado

A NBR 7225/93 define agregado como sendo um material natural, de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 152 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm.

Em relação à massa específica (M.E.) temos que, leves são aqueles com M.E. menor que 2 toneladas por metro cúbico (t/m^3), médios são os que possuem de 2 a 3 t/m^3 de M.E. e pesados são os que têm mais que 3 t/m^3 de M.E. Em se tratando de dimensões de partículas agregados podem ser: graúdos, que são os quais ficam



retidos nas peneiras da ABNT 4,8 mm e passam pela de 152 mm; e os miúdos que são os quais passam pela peneira da ABNT de 4,8 mm e ficam retidos na peneira da ABNT de 0,075 mm.

Os agregados são materiais granulares, sem forma ou volumes definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil, conforme Oliveira e Brito (1998). Estes podem ser classificados quanto à sua origem (naturais, artificiais e industrializados), à densidade (leves, médios e pesados) e conforme o tamanho dos fragmentos (grãos e miúdos).

O agregado natural já é encontrado na natureza sob a forma definitiva de utilização, como exemplo temos a areia de rios, cascalhos, pedregulhos, etc. Já o artificial é obtido pelo britamento de rochas, por exemplo, pedrisco, pedra britada, etc. Por fim, o industrializado é aquele que é obtido por processos industriais, como a escória britada. Outros tipos de agregado, como a cerâmica pós-consumo, enfoque do estudo, são geralmente denominados agregados substitutos ou alternativos.

O material cerâmico triturado, equivalente à brita 1 no uso referido em especial, apresenta características similares que denotam as possibilidades da substituição.



Figura 1 – Comparação do agregado convencional e alternativo.

Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2015.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Tratou-se de uma pesquisa descritiva, de acordo com o conceito de Martins Junior (2009, p. 83): “uma pesquisa descritiva visa descobrir e observar fenômenos existentes, situações presentes e eventos, procurando descrevê-los, classificá-los, compará-los, interpretá-los e avaliá-los, com o objetivo de aclarar situações”.

Para se chegar a uma conclusão de média de custos no processo de seleção, captação e uso do material cerâmico como alternativa de agregado no concreto, além de pesquisar em livros, periódicos científicos (eletrônicos e impressos), revistas, *sites* e outros meios, foi realizada uma pesquisa de campo. A população da pesquisa, para este fim, foi composta por indivíduos maringaenses representantes de empresas que prestam serviços para a construção civil na cidade, cujo contato forneceu informações de custos e processos para a inferência da viabilidade da proposta pretendida. A técnica amostral, portanto, foi não probabilística, uma vez que os elementos da amostra foram selecionados conforme a conveniência dos pesquisadores (SAMARA e BARROS, 2001).

Para tabular e auxiliar na análise dos dados foram utilizados cálculos simples de média, com base nas respostas, no intuito de se gerar gráficos, tabelas e resultados detalhados. A análise teve uma abordagem principalmente de cunho quantitativo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de comprovado efetivamente o aumento de resistência provinda da substituição de agregado comum (brita) por cerâmica de revestimento (nas devidas proporções), conforme demonstra o gráfico 1, deu-se o seguimento do trabalho para investigação da viabilidade econômica.

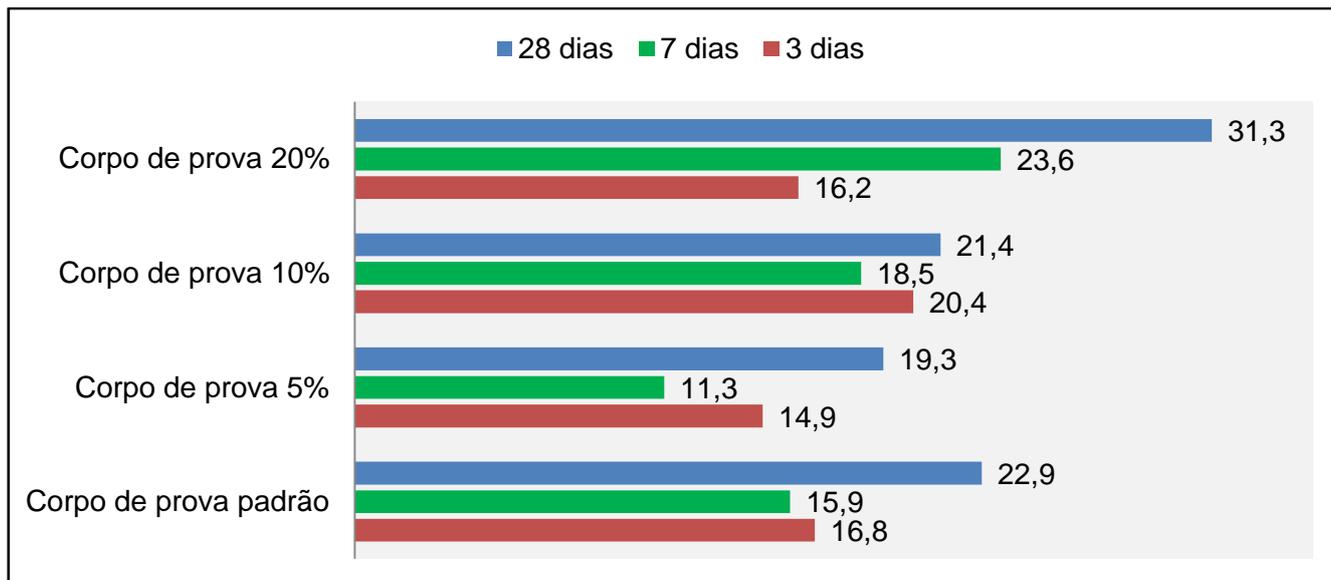


Gráfico 1: Resistência (em Mpa) obtida em estudo prévio.

Fonte: Moura et al, 2013.

Ao entrar em contato com as empresas concreteiras da cidade de Maringá/PR foi obtido que a média de agregado graúdo (brita) utilizado por mês era de 3.500m³. Seguindo um cálculo simples, sabendo-se que são necessários 20% de substituição pela cerâmica de revestimento (já que este resultado comprovadamente mostrou-se satisfatório, conforme elucida o gráfico acima), o total de material necessário para a substituição seria de 700m³.

Para saber o quanto de material cerâmico é descartado (no período de interesse) na cidade, primeiro, foi consultada uma empresa de caçambas que informou que haviam produtos que suportavam 3m³, 4m³ e 5m³, conforme explica o quadro 1.

Quadro 1: Volume de caçambas e seus respectivos preços.

Caçambas	
Volume	Preço (em sacos de cimento) ⁵
3m ³	5,77
4m ³	5,96
5m ³	6,15

Fonte: Autores, 2015.

Após isso, os autores entraram em contato com distribuidoras de cerâmica de revestimento na cidade para averiguar a geração de material de descarte e foi obtido que eram necessárias 1 caçamba de 5m³ por semana para retirada do rejeito. Logo, 4 caçambas por mês, ou seja, 20m³ ao mês.

Se for levada em conta a quantidade de distribuidoras de material cerâmico de revestimento na cidade, percebe-se que apenas uma empresa não seria suficiente para suprir a demanda. Porém, segundo estudos como o de Violin (2009), em apenas duas obras foram obtidos 1026,37 m³ desse material como resíduo de construção civil, indicando, portanto, a viabilidade para a utilização desse resíduo.

Quanto ao investimento financeiro, sabendo-se que a brita custa, atualmente, 1,88 sacos de cimento/m³, logo verifica-se que uma concreteira gasta somente com brita em torno de 6570 sacos de cimento/mês. Para os 700m³ da cerâmica, seriam necessárias 140 caçambas, tendo então um valor aproximado de 861 sacos de cimento. Logo:

$$6570 - 861 = 5709 \text{ sacos de cimento/mês}$$

Equação 1: Quantidade de sacos de cimento/mês necessários com a substituição de 20% da brita.

Fonte: Autores, 2015.

⁵ O preço não é expresso em reais e sim em sua equivalência em sacos de cimento, para que, em diferentes regiões e em diferentes períodos, independentemente da variação da moeda, seja possível calcular o custo final.

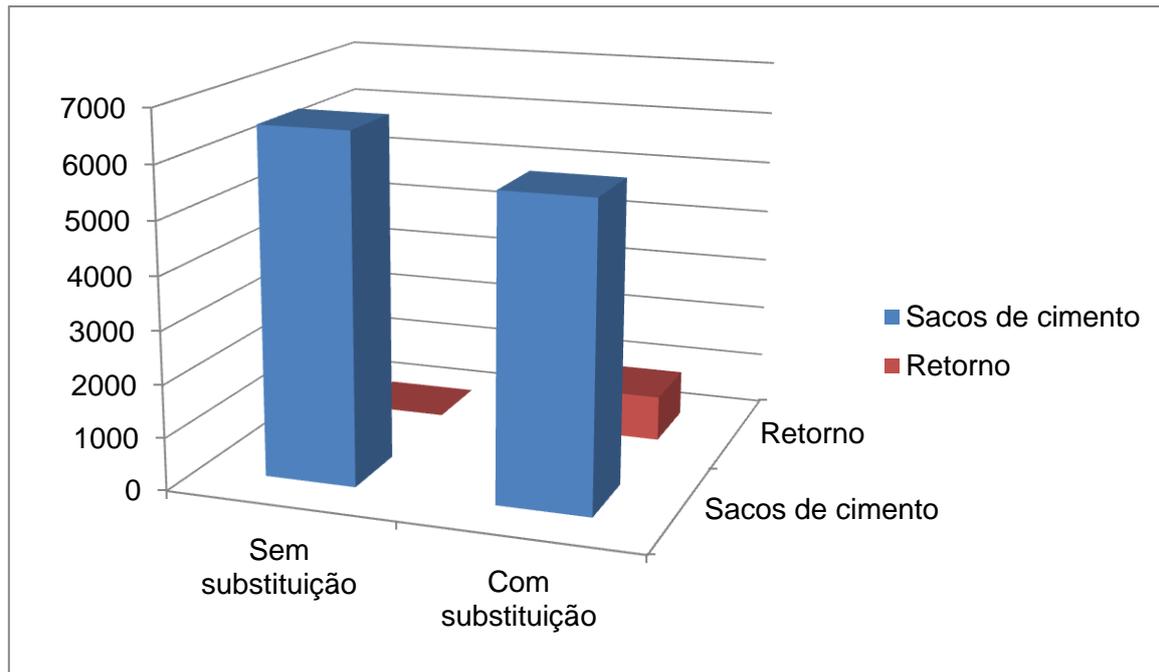


Gráfico 2: Demonstrativo de gastos e retorno.

Fonte: Autores, 2015.

Fica claro o retorno que uma empresa teria ao utilizar a substituição, porém, ainda haveria o problema de que a cerâmica de revestimento deve ser triturada e deixada na granulometria apropriada.

Para isso, os autores deste trabalho investigaram o preço de uma trituradora de entulho e descobriram que o preço de uma dessas máquinas de pequeno porte custa, aproximadamente, 730,77 sacos de cimento. Assim, em apenas um mês, se as concreteiras estivessem dispostas a investir na busca desse resíduo de construção civil, já conseguiriam pagar a máquina para triturá-los e obter retorno financeiro.

4 CONCLUSÃO

Este estudo aponta dados que visam indicar a viabilidade não apenas ambiental, mas também econômica da prática proposta (uso de material cerâmico como agregado substituto), movido pela inquietação de que a falta de pesquisas por parte de empresas, muitas vezes por já possuírem um método avançado de produção da maneira convencional, vêm ferindo a sociedade no que tange ao seu futuro.

São necessárias mudanças quanto aos meios de produção e também no que se refere à destinação dada aos os materiais considerados como resíduos e impróprios para a construção (quando, como demonstrado, tais materiais podem e devem ser reutilizados apresentando diversos ganhos para as empresas interessadas).

Muito além do retorno financeiro, essa pesquisa busca também demonstrar que técnicas que preservam o meio ambiente, como a reutilização de materiais pós-consumo (que antes eram descartadas e considerados rejeitos) são viáveis e socialmente valorizadas.

Utilizar métodos de preservação de recursos naturais e utilização de resíduos não só agrega valor imaterial à empresa, como também permite a construção de uma imagem positiva e de maior credibilidade, possivelmente chamando a atenção de investidores e compradores que buscam seguir as tendências mundiais voltadas para a sustentabilidade.

No intento de incentivar um novo olhar que invariavelmente enfrenta uma mudança de cultura nesse meio, assim, os demonstrativos de vantagens no sentido financeiro podem ser um primeiro passo.

REFERÊNCIAS

AMARO, Rogério Roque. Desenvolvimento: um conceito ultrapassado ou em renovação? Da teoria à prática e da prática à teoria. **Cadernos de estudos africanos**. I.S.C.T.E., Lisboa, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7225**: Materiais de pedra agregados naturais. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

CHURCHILL, Gilbert; PETER, Paul. **Marketing**: criando valor para os clientes. Editora Saraiva, 2000.



FREITAS, Gisele Hiromi Matsumoto de; VIOLIN, Ronan Yuzo Takedo; SILVA, Judson Ricardo Ribeiro da. Concreto com adição de resíduos de indústria metal mecânica para fins de fabricação de peças pré-moldadas sem função estrutural. **Anais do VIII EPCC** Encontro de Produção Científica do Cesumar, UniCesumar, Maringá - PR 2013. Disponível em:

http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Gisele_Hiromi_Matsumoto_de_Freitas_02.pdf.

Acesso em 13 abr. 2014.

FURTADO, Celso. **Cultura e desenvolvimento em época de crise**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.

KOTLER, Phillip. **Marketing 3.0: As forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano**. Rio de Janeiro: Eulsevier, 2010.

LIMA, Sofia Araújo; SALES, Almir; MORETTI, Juliana Petermann; SANTOS, Tiago José dos. Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo.

Revista tecnolóógica. Edição Especial ENTECA 2009, Maringá – PR, 2009, p. 87-97. Disponível em:

<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8747/5174>. Acesso em 13 abr. 2014.

MARTINS JUNIOR, Joaquim. **Como escrever trabalhos de conclusão de cursos: instruções para planejar e montar, desenvolver, concluir, redigir e apresentar trabalhos monográficos e artigos**. Petrópolis: Vozes, 2009.

MENOSSI, Rômulo Tadeu. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**.

Dissertação (mestrado), Ilha Solteira – SP, UNESP, 2004. Disponível em:

http://www.nepae.feis.unesp.br/Teses/dissertacoes/2004/Dissertacao_Romulo_Tadeu_Menossi_2004.pdf. Acesso em 13 abr. 2014.

MOURA, Guilherme Ribeiro de; RIZZO, André Leonardo Marques; SILVA, Judson Ribeiro Ricardo da; SOARES JUNIOR, Waldir Silva. Estudo da viabilidade de uso de agregados não convencionais na construção civil: a eficiência do material cerâmico. **Anais do VIII EPCC** Encontro de Produção Científica do Cesumar, UniCesumar, Maringá - PR 2013. Disponível em:

http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Guilherme_Ribeiro_de_Moura_03.pdf. Acesso em 13 abr. 2014.

MOURA, Guilherme Ribeiro de; SKURA, Ivania; SOARES JUNIOR, Waldir Silva. Edificações ecossustentáveis e a aceitação do público. **VI mostra interna de trabalhos**. Unicesumar, Maringá – PR, 2012. Disponível em:

http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/vi_mostra/guilherme_ribeiro_moura_2.pdf. Acesso em 13 abr. 2014.

ROAF, Sue. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SABEH, Giovana Davanço; SILVA, Judson Ribeiro Ricardo da. O uso de cd's como agregado para o concreto.

Anais do VIII EPCC Encontro de Produção Científica do Cesumar, UniCesumar, Maringá - PR 2013. Disponível em: http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Giovana_Davan%C3%A7o_Sabeh.pdf. Acesso em 13 abr. 2014.

SAMARA, Beatriz Santos; BARROS, José Carlos de. **Pesquisa de Marketing: conceitos e metodologia**. São Paulo: Makron Books, 2001.

TENORIO, Fernando Guilherme. **Responsabilidade social empresarial: teoria e prática**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. **Diagnóstico da geração de resíduos de construção e demolição em etapas construtivas no município de Maringá/PR**. Dissertação (mestrado). Maringá: Universidade Estadual de Maringá/PR; Programa de pós-graduação em engenharia urbana, 2009.