

Consistência e Resistência de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido

Consistency and Strength of Mortar Coatings with Reuse of Expanded Polystyrene Residues

Camila Mertz Sousa - Engenheira Civil graduada pela UNIJUI

camilamertzsousa@gmail.com

Lucas Fernando Krug - Mestre em Engenharia Civil pela UNISINOS

lucas.krug@unijui.edu.br

Resumo

A construção civil é um importante indicador de desenvolvimento econômico e social, porém é um setor que causa muitos impactos ambientais, devido ao elevado consumo de matérias primas e geração de resíduos. Por isso, a reciclagem e reutilização de materiais é um desafio de extrema importância para todos os setores da indústria para contribuir para o desenvolvimento sustentável. Partindo deste proposto, este trabalho tem como objetivo a análise da consistência e da resistência à compressão da argamassa, com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido em teores de 15% e 30%. O ensaio de consistência foi realizado no estado fresco em conformidade com a NBR 13276 (ABNT, 2016). E o ensaio de resistência à compressão foi executado no estado endurecido em corpos de prova, de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996). Os resultados obtidos foram bastante significativos se comparados à argamassa de traço convencional.

Palavras-chave: Construção Civil; Argamassa de Revestimento; Reutilização de Materiais; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

Civil construction is an important indicator of economic and social development, but it is a sector that causes many environmental impacts due to high consumption of raw materials and generation of waste. Therefore, the recycling and reuse of materials is a challenge of extreme importance for all sectors of industry to contribute to sustainable development. Based on this proposal, this work has the objective of analyzing the consistency and compressive strength of the mortar, with partial replacement of the natural small aggregate by expanded polystyrene residues in contents of 15% and 30%. The consistency test was performed fresh according to NBR 13276 (ABNT, 2016). And the compressive strength test was performed in the hardened condition on specimens, according to NBR 7215 (ABNT, 1996). The results obtained were very significant when compared to conventional mortar.

Keywords: Civil Construction; Coating Mortar; Reuse of Materials; Sustainable development.

1. Introdução

Conforme Mateus (2004) a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera entulhos, mas também possui o maior potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados. Tessari (2006) menciona que a geração de resíduos é inevitável e que a reciclagem de materiais para gerar novos produtos é insubstituível, assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes que resultem em materiais com desempenho técnico adequado é um desafio importante no ramo da construção civil.

Na busca por novos métodos mais adequados, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados em argamassas e concretos vem sendo um tema bastante analisado em diversas pesquisas das Engenharias nas últimas décadas. Através do conhecimento sobre as propriedades dos materiais, é possível executar sistemas construtivos que sejam mais duráveis e eficazes, reduzindo os impactos ambientais (BEZERRA, 2003).

De acordo com Baía e Sabbatini (2002) a argamassa de revestimento possui um papel importante na indústria da construção, porque é a primeira barreira contra os agentes da degradação, além de intervir na estética do edifício, possui capacidades funcionais de proteção que contribuem para o comportamento adequado de toda a construção.

Desta maneira, com esta pesquisa busca-se uma alternativa ao nível da formulação de argamassas, que contribua para o desenvolvimento sustentável e responda as necessidades existentes. É neste contexto que se decidiu substituir 15% e 30% do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido (EPS), com o intuito de analisar a consistência e a resistência à compressão destas composições e compará-las com a argamassa convencional utilizada no Brasil.

2. Argamassa de Revestimento

A argamassa é um material da construção civil definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como uma mistura homogênea, composta de agregado miúdo, ligante e água, que pode ou não conter aditivos, e que possui a capacidade de endurecimento e aderência.

Como o desempenho das argamassas depende da quantidade e da qualidade dos materiais constituintes, é necessário conhecer as características específicas de cada componente e escolher o traço ideal de acordo com a finalidade da atividade que será executada (BAÍA E SABBATINI, 2002).

As funções da argamassa são descritas por Fiorito (2009). Dentre elas, pode-se citar a proteção das vedações, estanqueidade à água, melhorar a durabilidade, proporcionar acabamentos às superfícies ou servir de base para outros materiais. O autor também cita que a argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades no estado fresco e endurecido para exercer corretamente suas funcionalidades.

As propriedades no estado fresco são trabalhabilidade, consistência, coesão, retenção de água, massa específica, adesão inicial e retração na secagem. No estado endurecido a argamassa apresenta propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (BAÍA E SABBATINI, 2002).

3. Construção Sustentável

Segundo dados da CBCS (2014) a construção civil representa 15% do PIB nacional, porém o setor utiliza 75% dos recursos naturais que são extraídos, gera aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos por ano, reduz a permeabilidade dos solos, libera gás carbônico e as edificações consomem aproximadamente 21% da água gasta no país.

Devido a estes vários impactos ambientais, nas últimas décadas a preocupação com o meio ambiente aumentou, o que originou o paradigma da construção sustentável, que está relacionada ao conceito de desenvolvimento sustentável (MATEUS, 2004).

Kibert (2008) descreve que em 1994, o Conselho Internacional de Construção (CIB) definiu o conceito de construção sustentável como a “criação e operação de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e nos princípios ecológicos”. O autor também cita que foram criados sete princípios básicos da construção sustentável que devem ser aplicados em todo o ciclo de vida da edificação, desde o planejamento até a demolição, estes fatores podem ser observados na Figura 1:

1. Reduzir o consumo de recursos (reduzir)
2. Reutilizar os recursos (reutilizar)
3. Usar recursos recicláveis (reciclar)
4. Proteger a natureza (natureza)
5. Eliminar tóxicos (tóxicos)
6. Aplicar o cálculo de custos do ciclo de vida (economia)
7. Focar na qualidade (qualidade)

Figura 1: Os princípios da construção sustentável. Fonte: Adaptado de Kibert (2008, p. 6).

Segundo Mateus (2004) para que as edificações sejam executadas em harmonia com o desenvolvimento sustentável é essencial adaptar os projetos ao clima local, visando aproveitar da melhor forma possível à ventilação, iluminação e aquecimento naturais, que proporcionam um ambiente confortável reduzindo o consumo de energia que são gastos com a utilização de ar condicionados. No requisito de materiais de construção Kibert (2008) recomenda utilizar recursos renováveis, com pouco processamento, não tóxicos, com elevada durabilidade, e é imprescindível a utilização de materiais recicláveis, que reduzem o consumo de recursos naturais e diminuem o impacto ambiental.

4. Poliestireno Expandido

O poliestireno expandido é um plástico celular rígido derivado do petróleo, conhecido no Brasil como isopor, composto por um polímero de estireno e um agente de expansão, obtido pela polimerização do estireno em água. Para realizar essa expansão é empregado o pentano, que é um hidrocarboneto que se degrada com a ação dos raios solares, por isso é um material 100% reciclável e reaproveitável, que pode voltar à condição de matéria

prima. Depois de expandidas, o produto resulta em pérolas que consistem em 98% de ar e apenas 2% de poliestireno (ABIQUIM, 2014).

De acordo com a ABRAPEX (2006) o isopor é um produto muito utilizado na fabricação de embalagens e altamente difundido na indústria da construção civil devido suas características, que são: material isolante, leveza, baixa condutibilidade térmica, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choques e resistência à compressão.

A ABIQUIM (2014) também menciona que o EPS como material de construção diminui os custos da obra devido ao seu preço ser menor que os materiais convencionais, possuem ampla compatibilidade físico-químico com os demais materiais empregados na construção civil, são duráveis, possuem excelente deformabilidade e estabilidade dimensional e estão de acordo com a sustentabilidade, pois proporcionam economia de energia e são produzidos sem emissões de CFC.

Mesmo o EPS sendo um material totalmente reciclável, há grandes volumes de resíduos devido ao excesso de embalagens, que são depositados em aterros sanitários, o que se torna nocivo ao meio ambiente. Este material leva em torno de 150 anos para se degradar e ocupam muito espaço, afetando a decomposição de materiais biodegradáveis, pois criam camadas impermeáveis que prejudicam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de degradação da matéria orgânica (TESSARI, 2006).

Devido a estes fatores, a ABRAPEX (2006) cita que a reciclagem do isopor é executada em dez etapas e que em algumas vezes se torna mais viável reutilizar estes resíduos, pois nas últimas décadas estes materiais estão sendo muito utilizados em substituição aos agregados nos concretos e argamassas devido a sua baixa densidade e características térmicas.

5. Metodologia

5.1 Estratégia de Pesquisa

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, primeiramente, está pesquisa foi considerada como bibliográfica, pois foram utilizados materiais já publicados como artigos, livros, publicações sobre o tema, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e normatizações vigentes.

Em um segundo momento realizou-se ensaios laboratoriais, constituindo uma pesquisa experimental que conforme Gil (2008, p. 51) consiste em “determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.” Para Gerhardt e Silveira (2009) é uma pesquisa que se utiliza um experimento para testar e validar hipóteses, e posteriormente analisa-se sua aplicabilidade com a realidade.

Todos os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Engenharia Civil (LEC), pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), no município de Ijuí.

5.2 Delineamento

De acordo com Gil (2008, p. 49) o delineamento é descrito como “o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos dados, considerando ambiente em que são coletados os dados, bem como as formas de controle das variáveis envolvidas”.

Gerhardt e Silveira (2009) também citam que o delineamento facilita o entendimento dos procedimentos realizados no estudo e permite a realização de uma pesquisa mais sucinta. A Figura 2 apresenta o delineamento desta pesquisa:

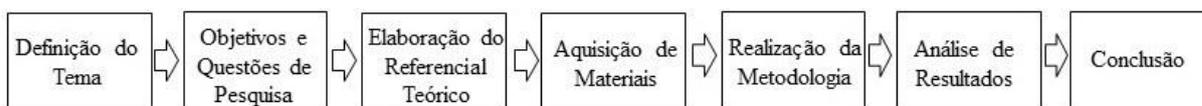


Figura 2: Delineamento da pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.3 Caracterização dos Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32. Este cimento segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991) é composto de filer, não possui adições pozolânicas, e possui um grau de finura adequado, garantido um desempenho e uma resistência maior.

Foi utilizada cal hidráulica CH-II, que é composta de cal hidratada dolomítica com adições de cinzas minerais, e proporciona ótima trabalhabilidade, melhora a plasticidade e a aderência.

A areia utilizada foi fornecida pelo LEC da Unijuí, e antes de realizar qualquer ensaio, este material foi colocado na estufa por 24 horas para retirar toda a umidade existente.

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) foram ralados com uma escova de aço para que se obtivesse um material mais fino. Posteriormente, este material foi passado na peneira de 4,75mm (Figura 3), sendo utilizado somente o material passante nesta peneira, que é a especificação para o agregado miúdo segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 3: Poliestireno expandido sendo peneirado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada foi fornecida pelo poço artesiano que abastece o LEC da Unijuí.

Para a argamassa de revestimento foi utilizado um traço padrão de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia), sendo executados três revestimentos diferentes devido a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido. A primeira argamassa foi produzida com traço convencional, a segunda foi produzida substituindo 15% da areia por poliestireno expandido e a terceira foi produzida substituindo 30% da areia por poliestireno expandido.

5.4 Ensaio de Consistência

O índice de consistência de cada argamassa foi determinado de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016) para garantir a mesma trabalhabilidade para todas as misturas.

Primeiramente as argamassas foram preparadas em um misturador mecânico com a quantidade de materiais estabelecidos, e em seguida foi preenchido o tronco de cone na mesa para índice de consistência. Como demonstra a Figura 4, enquanto um operador segurava o molde outro enchia o tronco cônico em três camadas sucessivas, nas quais foram aplicados respectivamente 15, 10 e 5 golpes para distribuir a argamassa de maneira uniforme e apresentar uma forma homogênea.



Figura 4: Enchimento do tronco de cone. Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, foi acionada a manivela da mesa realizando-se um golpe por segundo, totalizando 30 golpes, e após a última queda da mesa foi medido com paquímetro o espalhamento da argamassa (Figura 5), obtendo-se três valores de diâmetro em três direções. Os resultados devem estar compreendidos entre 255 ± 10 mm para uma consistência ideal.



Figura 5: Medidas do espalhamento da argamassa. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.5 Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova foi realizada de acordo com as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 1996) em molde cilíndrico de 5x10 cm. Após a preparação da mistura foi executado o preenchimento dos moldes em quatro camadas. Cada camada foi compactada manualmente com um soquete metálico, sendo que em cada camada foram aplicados 30 golpes para que a argamassa ficasse distribuída homogeneamente em todo o cilindro.

Concluídas as moldagens, os corpos de prova permaneceram nos moldes e em temperatura ambiente dentro do laboratório por um período de 24 horas, conforme demonstra a Figura 6.



Figura 6: Corpos de prova após a moldagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o desmolde, os corpos de prova foram mantidos a temperatura ambiente do laboratório por um período de 28 dias.

6. Ensaio de Resistência à Compressão Simples

Os procedimentos para o rompimento dos cilindros foram norteados pela NBR 13279 (ABNT, 2005). A norma determina que o corpo de prova deve ser colocado na prensa de modo que fique centralizado com o eixo de carregamento, a Figura 7 demonstra que este processo foi executado em conformidade com a norma.



Figura 7: Ensaio de resistência à compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a norma, o resultado individual de cada cilindro é obtido em MPa, dividindo a carga de ruptura pela área da seção do corpo de prova, depois calcula-se a resistência média dos três cilindros, arredondando o valor para o décimo mais próximo. É necessário calcular o desvio relativo máximo para analisar se alguma das resistências apresenta valor discrepante, este desvio é calculado dividindo a diferença entre a resistência média e a resistência individual mais afastada pela resistência média, multiplicando-se este quociente por 100.

7. Resultados

10.1 Consistência

A consistência é determinada para que todas as argamassas tenham boa trabalhabilidade. Na Figura 8, estão especificadas as quantidades de materiais e água necessária para cada argamassa utilizando um traço de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia). Todos os materiais foram calculados em volume devido à leveza do EPS, sendo praticamente impossível substituir este material através da sua massa.

Convencional	Substituindo 15% da Areia por EPS	Substituindo 30% da Areia por EPS
200 mL de Cimento	200 mL de Cimento	200 mL de Cimento
200 mL de Cal	200 mL de Cal	200 mL de Cal
1200 mL de Areia	1020 mL de Areia	840 mL de Areia
350 mL de Água	320 mL de Água	290 mL de Água
-	180 mL de EPS	360 mL de EPS

Figura 8: Índice de consistência. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de consistência para as argamassas foram: 260 mm, 258 mm e 253 mm respectivamente, todas em conformidade com a NBR 13276 (ABNT, 2016).

Através deste ensaio, é possível constatar que as argamassas que possuem poliestireno expandido em sua composição necessitam de um volume de água menor devido à baixa absorção deste material.

Deste modo, verifica-se que a relação água/cimento é diferente para as três misturas, sendo que este fator influencia diretamente na resistência e durabilidade da argamassa.

7.2 Resistência à Compressão

Na Figura 9 pode-se observar que a ruptura à compressão simples nas argamassas ocorre em toda a área do corpo de prova.



Figura 9: Ruptura à compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados dos ensaios dos nove corpos de prova realizados aos 28 dias de idade estão apresentados nas Figuras 10 e 11.

Traço	CP	Força (Kgf)	Seção (cm ²)	Resistência (Mpa)	Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo (%)
Referência	1C	1035	19,625	5,3	5,50	4,17
	2C	1092	19,625	5,6		
	3C	1113	19,625	5,7		
Subs. 15%	4C	1142	19,625	5,8	6,05	3,79
	5C	1206	19,625	6,1		
	6C	1213	19,625	6,2		
Subs. 30%	7C	1377	19,625	7,0	7,13	4,60
	8C	1463	19,625	7,5		
	9C	1356	19,625	6,9		

Figura 10: Resultados da resistência à compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

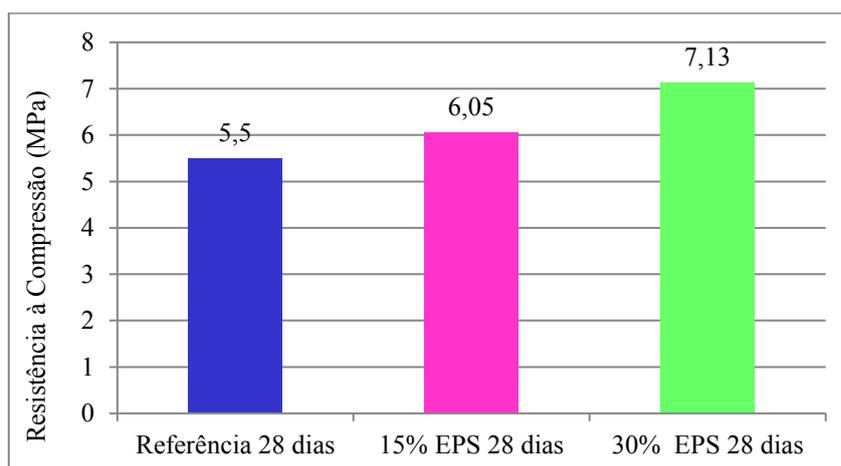


Figura 11: Resistência à compressão das três argamassas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de resistência à compressão surpreenderam as expectativas, pois com a substituição parcial da areia por EPS esperava-se a diminuição da resistência, o que não ocorreu. Nota-se no gráfico que o aumento da resistência é proporcional ao aumento do teor de EPS, e isto ocorre devido à baixa absorção deste material que ocasionou uma redução da quantidade de água necessária nestas argamassas.

8. Conclusão

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo natural por poliestireno expandido em propriedades da argamassa de revestimento. Através da análise dos resultados obtidos e da bibliografia estudada é possível concluir:

- Quanto maior o percentual de poliestireno expandido incluído na mistura, menor a quantidade de água necessária para a argamassa ser considerada trabalhável. Este fato ocorreu devido à baixa absorção deste material, o que influenciou diretamente na relação água/cimento.
- Os resultados de resistência à compressão simples foram os mais surpreendentes, pois aumentaram com o aumento de teor de EPS. Mas isso ocorreu devido aos resultados do índice de consistência, pois, quanto maior a relação água/cimento, maior a resistência à compressão.

De maneira geral, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que o emprego do poliestireno expandido na argamassa teve um desempenho significativo. É possível ter viabilidade técnica, mas é necessário um maior aprofundamento sobre o comportamento deste material em substituição ao agregado miúdo natural.

O reaproveitamento de EPS na forma de agregado miúdo pode reduzir o custo de produção da argamassa contribuindo significativamente para a construção sustentável, diminuindo o impacto ambiental causado pelo descarte deste material.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2009. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, RJ. 1996. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 1991. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, RJ. 2016. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos. – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, RJ. 2005. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA QUÍMICA. ABIQUIM. EPS – Poliestireno Expandido. São Paulo, SP. 2014. Disponível em: www.epsbrasil.eco.br Acesso em: 23 de maio de 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. ABRAPEX. Manual de Utilização de EPS na Construção Civil. São Paulo, SP. Pini. 2006. 8 p.
- BAÍA, L. L. M. E SABBATINI, F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. São Paulo, SP. O Nome da Rosa. 2002. 83 p.

BEZERRA, L. A. C. Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo. Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como um dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Área: Termociências. Natal, RN. 2003. 64 p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. CBCS. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas. São Paulo, SP. 2014. 133 p.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de Argamassas e Revestimentos. 2 ed. São Paulo, SP. Pini. 2009. 236 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. 1 ed. Porto Alegre, RS. UFRGS. 2009. 120p

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6 ed. São Paulo, SP. Atlas. 2008. 220p.

KIBERT, C. J. Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery. Nova Jersey. EUA. John Wiley & Sons, Inc. 2008. 411 p.

MATEUS, R. F. M. da S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2004. 224 p.

TESSARI, J. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2006. 102p.