XVII Congresso Internacional sobre Patologia e
Reabilitação das Construções

XVII Congreso Internacional sobre Patología y
Rehabilitación de las Construcciones

XVII International Conference on Pathology and
Constructions Rehabilitation

FORTALEZA (Brasil), 3 a 5 de junho de 2021

<https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.128>

A importância do projeto de fachadas com revestimentos cerâmicos, para prevenção de manifestações patológicas.

The importance of the design of facades with ceramic tiles, to prevent pathological manifestations.

Larissa Hellen Alves FERNANDES¹, Janielly Kaline de Oliveira Ferreira da FÉ², Glicéria Emiliana da Fonsêca
MORAIS³

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, Brasil, lahellen@hotmail.com

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, Brasil, janielly.ferreira@ufersa.edu.br

³ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, Brasil, gliceriaemiliana@yahoo.com.br

Resumo: As fachadas das edificações estão expostas às mais variadas condições ambientais, nesse contexto a busca por materiais de alta resistência vem ganhando espaço na construção civil. Dentre os materiais mais utilizados no revestimento de fachadas destacam-se os materiais cerâmicos. O uso do sistema de revestimento cerâmico é bastante utilizado no Brasil e se destaca principalmente, por tratar-se de um material que apresenta características adequadas para o seu clima tropical e chuvoso. Diante dessas características, o revestimento cerâmico torna-se, um sistema altamente indicado para as fachadas, devido a sua resistência as intemperes. As fachadas não atuam de forma isolada aos demais sistemas prediais, encontram-se relacionadas principalmente ao sistema estrutural e de vedação. Além dos sistemas, o desempenho das fachadas também se relaciona às camadas que a compõem, que são a camada de regularização, a camada de fixação, o acabamento decorativo. Nesse contexto, é possível definir a importância do projeto de revestimento, pois o conhecimento a respeito de cada camada é primordial para saber o comportamento e até mesmo a influência delas para o sistema como um todo. Com isso, objetiva-se evitar o aparecimento de patologias, que também podem ser evitadas por projetos com especificações criteriosas, no que tange a escolha dos materiais a serem usados, levando em consideração as condições climáticas e atmosféricas, detalhamento, bem como a fase de execução do sistema. Para tanto, o presente trabalho apresenta um estudo realizado a partir de entrevistas com arquitetos projetistas, e visitas feitas a edificações por eles projetadas, na busca de identificar o quão influentes são os aspectos de projeto utilizados por esses profissionais, na prevenção de manifestações patológicas.

Palavras-chave: Fachadas. Sistema de Revestimento Cerâmico. Projeto de Revestimento. Manifestações Patológicas.

Abstract: The façades of the buildings are exposed to the most varied environmental conditions, in this context the search for high resistance materials has been gaining space in civil construction. Among the materials most used in façade cladding, ceramic materials stand out. The use of the ceramic coating system is widely used in Brazil and stands out mainly because it is a material that has characteristics suitable for its tropical and rainy climate. In view of these characteristics, the ceramic coating becomes a highly recommended system for facades, due to its resistance to weathering. The facades do not act in isolation from other building systems, they are mainly related to the structural and sealing system. In addition to the systems, the performance of the facades is also related to the layers that compose it, which are the regularization layer, the fixation layer, the decorative finish. In this context, it is possible to define the

importance of the coating design, as knowledge about each layer is essential to know their behavior and even their influence for the system as a whole. Thus, the objective is to avoid the appearance of pathologies, which can also be avoided by projects with judicious specifications, with regard to the choice of materials to be used, taking into account the climatic and atmospheric conditions, detailing, as well as the system execution. For this purpose, the present work presents a study carried out through interviews with architect architects, and visits made to buildings they designed, in an attempt to identify how influential the design aspects used by these professionals are in the prevention of pathological manifestations.

Keywords: Facades. Ceramic Coating System. Coating Project. Pathological Manifestations.

1. Introdução

O uso de cerâmica em fachadas vem aumentando gradativamente, principalmente pelas características positivas normalmente associadas a esse material, como a durabilidade, facilidade de limpeza e manutenção e um acabamento estético agradável. Os fabricantes estão cada vez mais agregando tecnologia e aumentando a qualidade dos produtos, porém essas medidas não garantem que a ocorrência de manifestações patológicas diminua. Pelo contrário, com o aumento do uso dos revestimentos, a incidência de manifestações patológicas vem aumentando (BORTOLINI, 2015).

Esses sistemas de fachadas estão ganhando cada dia mais destaque, uma vez que se apresentam como cartão de visita para os usuários. Em meio ao crescimento acelerado na construção civil e o surgimento de novas técnicas os materiais de construção foram desenvolvidos para se obter um melhor desempenho das edificações. É fundamental aprofundar os conhecimentos dos quesitos de projeto, no que diz respeito ao entendimento dos principais detalhes construtivos de revestimento cerâmicos, pois, quando mal utilizados podem gerar manifestações patológicas.

Levando em consideração que atualmente as exigências com relação as obras são maiores, visando edificações mais arrojadas e diferenciadas. E para atender essas exigências, os projetos e uso de diversos materiais são fundamentais para a estética e proteção das fachadas. Pensando nisso, os projetos de revestimento cerâmicos de fachadas, devem se tornar ferramentas imprescindíveis para se alcançar não somente uma boa aparência da edificação, mas também conseguir as funções desejadas.

Os projetos de fachadas podem contribuir para uma diminuição da incidência de manifestações patológicas que, atualmente, é um dos problemas mais temidos pelas construtoras, pois além de comprometerem a estética e a vedação, acabam colocando em risco a vida dos usuários (BORTOLINI, 2015). Neste sentido, o presente trabalho consiste no estudo dos projetos de fachadas com revestimentos cerâmicos, como forma de prevenir o surgimento de manifestações patológicas, de modo a identificar os tipos de manifestações patológicas encontradas nos revestimentos cerâmicos de fachadas, nos quais os arquitetos entrevistados foram os responsáveis pela elaboração dos projetos, bem como relacionar as ocorrências das manifestações patológicas com os critérios especificados pelos projetistas.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Revestimento de Fachadas

Segundo Toledo (2007), as edificações não pertencem apenas aos seus proprietários, mas a toda sociedade, uma vez que o autor define fachada como sendo a “interface entre o ambiente interno e externo” e que apesar de estar “incorporada ao edifício, está exposto ao meio ambiente construído”. Sendo assim, de acordo com Luz (2004), essas edificações estão sujeitas à variação térmica, movimentação estrutural, umidade e agentes degradantes.

Os revestimentos são elementos que, quando aliados aos vedos e esquadrias, complementam as funções da vedação vertical. Desempenham a função de proteção contra agentes agressivos, que tendem deteriorar as edificações, além de promover estanqueidade ao ambiente interno proporcionando conforto aos usuários (RIBEIRO, 2006).

A importância do projeto de fachadas com revestimentos cerâmicos, para prevenção de patologias.

Conforme Gripp (2008), os revestimentos das fachadas, por estarem em condições de exposições desfavoráveis, necessitam de maiores cuidados, o que não ocorre na prática em geral. A falta de planejamento e atenção quanto aos detalhes construtivos das fachadas e os poucos critérios de seleção e especificações técnicas, afetam diretamente na qualidade e desempenho das fachadas.

Tais fatores atribuem ao revestimento, o papel de proteção do substrato, regularidade das superfícies, higiene, como também o conforto tátil e visual dos usuários e da sociedade como um todo, uma vez que os revestimentos de fachadas contribuem com a paisagem do ambiente no qual está inserida (GRIPP, 2008).

Segundo Roscoe (2008), os mais variados tipos de revestimentos são classificados de acordo com sua forma de fixação ao substrato, isto é, eles podem ser não aderidos ou aderidos (argamassados ou não argamassados), conforme estão elencados nos sub tópicos a seguir.

O sistema de revestimento não aderido (RNA) é uma tecnologia caracterizada pela inexistência de aderência entre as camadas que o compõe, fixado com o auxílio de equipamentos especiais (MACHADO; OLIVEIRA, 2012; ROSCOE, 2008).

Segundo Luz (2004), essa técnica construtiva possibilita o surgimento de outras camadas, que podem ser compostas por material isolante térmico, acústico, impermeabilizante e/ou simplesmente pelo ar (Figura 1). Justificando-se, portanto, o fato dela ser denominada, por fabricantes internacionais, como 'Fachada Ventilada', conforme disse Machado e Oliveira (2012).

Figura 1 – Camadas constituintes do revestimento não aderido.

Já os revestimentos aderidos são aqueles que trabalham em conjunto com a base e o substrato, que lhe servem de suporte para seu desempenho global, isto é, os elementos passarão a interagir por meio da aderência. Sua classificação dependerá da forma como esse revestimento é finalizado, se com camadas de argamassa ou qualquer outro elemento natural ou artificial (ROSCOE, 2008; REBELO, 2010).

2.2 Sistema de Revestimento cerâmico de Fachadas

Os sistemas de revestimentos cerâmicos tradicionais são classificados como revestimentos aderidos e são definidos por Medeiros e Sabbatini (1999), como um conjunto monolítico constituído de placas cerâmicas, em geral aderidas à base de suporte, que são as fachadas das edificações, assentadas e rejuntadas com argamassa ou material adesivo.

Houaiss (1995) define o termo sistema, como sendo a combinação ou conjunto de partes agrupadas para uma mesma finalidade. Em vista disso, embora alguns autores utilizem termos como subsistema ou simplesmente revestimento cerâmico, para se referir a essa etapa construtiva, este trabalho utilizará a nomenclatura de *sistema de revestimento cerâmico*. Essa é a nomenclatura avaliada como mais apropriada e abrangente para se estabelecer a ideia de revestimento cerâmico como um conjunto de elementos.

Visando o conforto, durabilidade e economia, e sabendo que cada camada constituinte do sistema de revestimento cerâmico possui sua singularidade, sente-se cada vez mais a necessidade de conhecer essa técnica de forma mais profunda. Sabendo disso, é imprescindível a compreensão do comportamento e propriedades das placas cerâmicas segundo escrevem Gorini e Corrêa (1999), bem como dos demais elementos que com elas se se associam, conforme especifica Roscoe (2008).

A Figura 2 apresenta um esquema do SRCF, que segundo Medeiros e Sabbatini (1999) e Piscitelli Mansur *et. al.* (2012), é tradicionalmente empregado no Brasil e amplamente difundido pelo mundo.

Figura 2 – Materiais e camadas constituintes mostrando os principais componentes do SRCF.

As manifestações patológicas são as situações em que o sistema, além de não atender os quesitos estéticos, deixa de oferecer o desempenho esperado em algum momento de sua vida útil, isto é, não cumprem os requisitos a que foram projetadas, passando a não responder de maneira satisfatória aos usuários.

O reconhecimento dos problemas acontece com a identificação de mudanças de funcionalidade e/ou da estrutura ou em alguma parte afetada da edificação, que, por sua vez, são considerados sinais de avisos dos defeitos surgidos. Nesse caso, nos tópicos a seguir serão apresentadas e analisadas as ocorrências patológicas sob o ponto de vista das suas origens e frequência com que se manifestam, Barros e Sabbatini (2001).

3. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi realizada revisão de literatura, além de levantamento das principais patologias, levantamento dos agentes causadores de patologias. Foi realizado também um estudo sobre as fases e critérios de projeto, bem como uma pesquisa de campo e análises das patologias encontradas nos seis prédios.

A pesquisa de campo aconteceu sob duas vertentes. A primeira delas foi baseada em entrevistas realizadas com arquitetos projetistas de fachadas, a outra se baseou em observações realizadas, *in loco*, em obras projetadas por esses profissionais. Foram realizadas entrevistas com um total de três projetistas arquitetônicos. O objetivo desse procedimento era avaliar se as recomendações técnicas, presentes na literatura, estavam sendo seguidas e qual o critério utilizado para executar o revestimento de fachada com placas cerâmicas.

4. Apresentação e Análise das Edificações

Foram observadas cinco obras públicas e uma particular, com diferentes idades. Independente disso, todas as edificações possuem falhas decorrentes da falta de previsão em projeto, o que pode levar a problemas futuros, ou ainda, devido à deficiência dessa prévia análise, já é observada a presença de manifestações patológicas nos prédios analisados.

A importância do projeto de fachadas com revestimentos cerâmicos, para prevenção de patologias.

Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta outras características importantes para a definição das edificações em estudo.

Quadro 1 – Caracterização dos prédios observados

Denominação	Localização	Pavimentos	Ano aproximado de término da construção
Prédio A	PROPPG, UFERSA, Mossoró	1	2009
Prédio B	Central de Aulas V, UFERSA, Mossoró	1	2009
Prédio C	DCEN, UFERSA, Mossoró	1	2009
Prédio D	DACS, UFERSA, Mossoró	1	2008
Prédio E	IIF, UFRN, Natal	3+subsolo	2015
Prédio F	Centro, Assú	1	2015

A seguir estão descritos os problemas constatados nos prédios visitados, que já foram nomeados conforme o Quadro 1. Serão destacadas as possíveis causas das manifestações observadas, além do que serão tratados aspectos da edificação que merecem atenção na etapa de elaboração do projeto, com o intuito de evitar manifestações patológicas. A Figura 3, apresenta as fachadas dos prédios visitados e a Figura 4 manifestações patológicas encontradas.

Figura 3 – Fachadas dos prédios visitados.

A importância do projeto de fachadas com revestimentos cerâmicos, para prevenção de patologias.

Figura 4 – Manifestações Patológicas encontradas nas fachadas dos prédios visitados. Prédio A: Falhas e manchamento da junta de preenchimento; Prédio B: Deterioração do chapim; Prédio C: Situação de mancha d'água; Prédio D: Identificação de trinca; Prédio E: Ausência de juntas de dessolidarização; Prédio F: Residência com fachada projetada.

Os defeitos identificados no Prédio A, referem-se às falhas e manchamento das juntas de preenchimento da platibanda da cobertura, percebe-se que tal fato podem ter sido gerados pela falha na escolha do material, mão de obra pouco especializada, dentre outros capazes de envolver outras etapas de projeto. Dessa forma, observam-se orifícios que servem de portas de entrada para agentes degradantes, inclusive a água da chuva, que poderá infiltrar nessas brechas. Uma vez em contato com a água, as placas e/ou as camadas subjacentes podem ter sua aderência prejudicada, além do que a água pode provocar manchamento, desenvolvimento de fungos (bolor) e eflorescências (VALIATI, 2009).

No Prédio B, observaram-se falhas no detalhe construtivo do prédio, também conhecido como chapim, na qual se percebe que a degradação do mesmo vem ocorrendo ao longo do tempo. Dessa forma, as causas para o surgimento desse defeito podem ser resumidas em basicamente uma: a inexistência de um projeto devidamente elaborado e especificado. Entende-se por projeto elaborado e especificado, aquele em que o projetista analisou as condições do ambiente e a utilização de materiais, levando em consideração a função desse detalhe construtivo, sem deixar de especificar, também, a forma de execução, bem como os tipos de materiais utilizados nesses elementos.

O Prédio C apresenta uma situação de grave deterioração, que impacta os usuários principalmente em seus aspectos estéticos. Trata-se de um caso de mancha d'água, já que é ocasionado pelo elevado índice de umidade na região. Nesse caso, infere-se que os aparelhos condicionadores de ar foram instalados depois da conclusão do prédio. Logo, nem a instalação dos mesmos, tampouco as consequências dessa instalação geradas para as fachadas estavam previstas em projeto. Portanto, assim como no Prédio A, a presença constante de umidade pode contribuir para o descolamento dos revestimentos, uma vez que a água apresenta sulfatos, que reagem com o cimento presente na argamassa, provocando uma reação expansiva e, consequentemente, o descolamento da placa (TERRA, 2001). Além disso, conforme visto no Prédio A, Valiati (2009) ainda acrescenta que tal umidade pode ocasionar em eflorescências, desenvolvimento de fungos (bolor) e manchamento, além dos efeitos estéticos.

Já no Prédio D, foram encontradas trincas em regiões específicas, mas que se repete ao longo de toda fachada. Esse problema pode estar intimamente relacionado à instalação de condicionadores de ar e pode-se atribuir à várias possíveis causas, como: excesso ou distribuição inadequada de sobrecarga; erro de dimensionamento de projeto; ausência de detalhes construtivos, em especial as vergas, contravergas e juntas de dilatação; acidentes ou má execução; absorção das deformações da estrutura; envelhecimento; ou ainda retração da argamassa convencional, que após a secagem aperta a cerâmica, podendo torná-la convexa e tracionada.

A importância do projeto de fachadas com revestimentos cerâmicos, para prevenção de patologias.

O Prédio E ainda encontra-se na fase de acabamento, porém já se mostra uma porta de entrada para o surgimento de patologias, no que tange a ausência de detalhes construtivos. A parte inferior do revestimento da fachada encontra-se em contato direto com o solo, além disso, as camadas do sistema de revestimento cerâmico encontram-se também em contato direto com plantas. As plantas, por sua vez, adentram no sistema da fachada possibilitando a entrada de fungos e aumento da umidade, dificultando assim a aderência entre as camadas no decorrer do tempo.

Nesse mesmo contexto justifica mais uma vez a importância da elaboração de um projeto cheio de critérios e detalhamentos, aliando sempre outros tipos de projetos existentes na construção, com o projeto de fachadas.

O Prédio F tratar-se de uma construção recente não foi identificada nenhuma manifestação patológica nessa edificação. Contudo, observou-se no prédio, que se faz necessário o uso de detalhes construtivos, como pingadeiras ou rufos capazes de favorecer o desvio do fluxo de água e assim, evitar ou minimizar descolamentos das placas, desagregações, dentre outras manifestações patológicas, conforme Thomaz (2001), já que nesse caso, a água cai diretamente na interface entre o substrato e a placa cerâmica.

5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo geral o estudo sobre os projetos de fachadas com revestimentos cerâmicos, com a finalidade de verificar se o mesmo abrange as recomendações técnicas necessárias para prevenir manifestações patológicas. Diante das observações feitas e dentro das condições de realização do trabalho, conclui-se que:

- Apesar das fachadas serem um dos elementos que mais agrega valor ao imóvel e, portanto, um dos que mais merece atenção tanto para a manutenção da relação compra/venda, como para o desempenho e qualidade da edificação, não é dada tanta importância para a elaboração dos seus projetos, que por sua vez, não possuem tantos critérios para a escolha do tipo de revestimento, bem como não são tidas como relevantes às condições ambientais e atmosféricas;
- Os projetistas são pouco criteriosos quanto às especificações e detalhes construtivos e por vezes desconhecem certos aspectos construtivos, o que sugere um respaldo técnico por parte de outros profissionais como engenheiros, por exemplo. Os projetos não contam com as descrições de como as atividades devem ser executadas, nem dos materiais utilizados, condizentes com as condições de uso, tampouco há um controle efetivo do projetista na obra. Além disso, não há interação dos projetos de revestimento com os demais projetos e elementos (esquadrias, pisos, instalações, etc.) do edifício;
- As manifestações patológicas encontradas estão claramente relacionadas com as falhas de projeto ou as falhas de execução, possibilitada pela não especificação devida nos projetos, permitindo ainda o surgimento de situações que servirão de portas de entrada para o aparecimento de outros defeitos.

Diante dos pontos acima discriminados, pode-se concluir que as falhas existentes estão ligadas a elaboração do projeto, isto é, seja na etapa de elaboração, seja na etapa de execução, uma vez que essa também precisa de acompanhamento. Sendo assim, percebe-se que as manifestações patológicas encontradas nas obras visitadas poderiam ser reduzidas consideravelmente, ou até mesmo eliminadas, se existisse maior rigor na elaboração dos projetos de fachadas com revestimentos cerâmicos ou ainda existisse uma equipe de profissionais multidisciplinares para a execução das fachadas, sempre atrelando à relevância e necessidade da manutenção.

Referências Bibliográficas

BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria:** diretrizes básicas. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.

BORTOLINI, Anderson. **PROJETO DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA:** detalhes arquitetônicos e construtivos visando à redução da incidência de manifestações patológicas. 2015. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

GORINI, A. P. F.; CORRÊA, A. R. **Cerâmica para revestimentos**. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, BNDES, n. 10, p. 201- 252, 1999.

GRIPP, Ronaldo Assis. **A importância do projeto de revestimento de fachada, para a redução de patologias**. 2008. 80 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008.

HOUAISS, Antônio. **Melhoramentos**: Dicionário Prático de Língua Portuguesa. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1995.

LUZ, Marcos de Almeida. **Manifestações Patológicas em Revestimentos Cerâmicos de Fachada em Três Estudos de Caso na Cidade de Balneário Camboriú**. 2004. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MACHADO, A.L. do A.; OLIVEIRA, L.A. de. **Orientações para elaboração de projeto de cachadas com revestimento não aderido: aspectos estruturais e de durabilidade das subestruturas metálicas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora, MG. *Anais...* 14p.

MEDEIROS, João Silvestre; SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia e projeto de revestimento cerâmico de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, n. 246, 1999.

PISCITELLI MANSUR, Alexandra A.; NASCIMENTO, Otávio Luiz do; MANSUR, Herman Sander. **Mapeamento de patologias em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas**. *Construindo*, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p.49-66, jan. 2012.

REBELO, Carlos da Rocha. **Projeto e execução de revestimento cerâmico - Interno**. 2010. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil de Engenharia, Materiais de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RIBEIRO, Fabiana Andrade. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**: Levantamento do Estado da Arte. 2006. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROSCOE, Márcia Taveira. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada**. 2008. 81 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Avaliação e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TERRA, R. C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas**. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção**. São Paulo: Pini, 2001.

TOLEDO, Leonardo Bento Ferreira de. **Patologia em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios estudo regionalizado para a cidade de Divinópolis - MG**. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Pósgraduação em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp058064.pdf>>. Acesso em: 01 fevereiro 2021.

VALIATI, V. G. **Estudo da Estanqueidade de Rejuntes em Revestimentos Cerâmicos Externos**. 2009. 108 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.