



IMPERMEABILIZAÇÃO NEGATIVA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Leonardo Silva Zapla (1), Patrícia Fraga Rocha Rabelo (2), Ana Seroa da Motta (3)

(1) Mestrando, bolsista CAPES, pela Universidade Federal Fluminense. Niterói - Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: zapla@brfree.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Gestão do Espaço Urbano - Universidade Federal Fluminense. Niterói - Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: patfraga@poscivil.uff.br

(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói - Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: anaserda@yahoo.com

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a técnica semi-destrutiva de impermeabilização negativa de estruturas de concreto, por meio de injeções. Haja vista, a água ser a causa ou o meio necessário para a grande maioria das patologias nas construções, em especial nas estruturas de concreto. A metodologia utilizada envolveu pesquisa de campo e estudo de caso em uma empresa de engenharia do Rio de Janeiro - RJ, além de revisão bibliográfica referente a estruturas de concreto sujeitas a infiltrações. Este trabalho pretende demonstrar que as estruturas de concreto na pós-ocupação podem ser impermeabilizadas com o mínimo de transtorno para o usuário da edificação, sem a necessidade de quebrar e remover os revestimentos que a compõem. Como resultados finais, o presente artigo apresenta que esta impermeabilização é tão segura quanto as tradicionais de mercado. Assim como, promover a conscientização de que uma estrutura precisa estar em perfeito estado de conservação.

Palavras-chaves: manutenção pós-ocupação, impermeabilização, estrutura de concreto.

ABSTRACT

The present study aims to present the semi-destructive technique for sealing negative of concrete structures through injections. May there be sight, the water be the cause or the means necessary for the vast majority of pathologies in the buildings, particularly in structures of concrete. The methodology will involve research in the field case study of the case on an engineering company, in addition to literature review concerning concrete structures subject to infiltration. This paper aims to show that the structures of concrete in post-occupation can be proofed with minimal inconvenience to the user of the building, without the need to break and remove the coatings which comprise it. As final results, this article will present that the sealing is as safe as the traditional market. Like, promote awareness that a structure must be in perfect conservation status.

Keywords: maintaining post-occupation, waterproofing, concrete structure.

1 INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto ou concreto armado de edificações residenciais e comerciais sujeitas ao contato com a água, sejam estas, pluviais ou não, podem sofrer alterações no decorrer dos anos que colocam sua durabilidade e de suas armaduras em prova, dependendo da forma como esta estrutura foi concebida. Assim sendo, os construtores diante de tal possibilidade, optam por metodologias construtivas que agregam os serviços de impermeabilização em diversas partes da edificação, como por exemplo: em lajes de pilotis, lajes de sub-pressão, paredes diafragma, reservatórios, piscinas etc. Supondo, sempre, que estão sendo seguidas as recomendações da NBR 9575 (2003), Impermeabilização – Seleção e Projeto onde são apresentadas as diversas definições, classificações entre outros detalhes pertinentes ao assunto. Entretanto, mesmo com todos os cuidados relativos aos serviços de impermeabilização, com o passar de alguns anos, ou até meses, é possível a ocorrência de infiltrações, uma vez que as estruturas podem apresentar variações devido ao carregamento, tensões térmicas, aos seus próprios constituintes etc, comprometendo assim, alguns sistemas impermeabilizantes. Não deve-se, omitir porém, que as estruturas de concreto, dentro da finalidade para a qual foram concebidas, podem resistir as diversas formas de atuação dos fluidos, não sendo, portanto o comprometimento do sistema impermeabilizante externo a massa de concreto o fator principal da ocorrência de infiltrações e sim as falhas existentes na estrutura de concreto, quais sejam, fissuras, brocas entre outras devido a execução do concreto.

Os construtores estão cada vez mais investindo em grandes complexos de lazer e consequentemente sujeitas ao custo elevado de manutenção e/ou correção diante dos vícios construtivos. A ocorrência de infiltração nas lajes de teto das garagens subsolo sob uma área de dimensão significativa, que compreende piscinas, quadra de esportes, entre outros espaços, significa quase sempre, um elevado custo operacional para solução da questão, haja vista a necessidade de remoção do revestimento superior para tentar localizar a região afetada. Frente aos transtornos causados pelo “quebra-quebra” e por vezes o insucesso na busca do problema, os estudos a seguir apresentam a técnica de impermeabilização negativa e suas vantagens.

2 PERMEABILIDADE DO CONCRETO

A durabilidade do concreto está diretamente ligada à permeabilidade do mesmo, uma vez que estruturas com baixa permeabilidade tendem a ser mais duráveis Mehta (1993). Este autor também, afirma que a grande incidência patológica que ocorre nas estruturas de concreto instalam-se a partir da permeabilidade, frente a sua porosidade. Campiteli (1987) define porosidade de um material como a propriedade do mesmo apresentar poros ou vazios. A porosidade é representada pela fração do volume total de uma amostra porosa, que é ocupada por poros ou por espaços vazios. O concreto, como corpo poroso, apresenta dois tipos de vazios: os que podem ser acessados ou abertos, em comunicação com o exterior, e os inacessíveis ou fechados, isolados do exterior. Arriba et. al. (1994), considera os seguintes tipos de porosidade:

- Porosidade total: é a fração do volume total de concreto ocupada pelos poros;
- Porosidade aberta: é a parte da porosidade total que compreende os poros conectados com o exterior;
- Porosidade permeável: é a parte da porosidade aberta que corresponde a poros inter-comunicantes entre si, permitindo a passagem de fluidos no interior do concreto;
- Porosidade superficial: é a parte da porosidade aberta que corresponde a poros que não se comunicam entre si, não permitindo a passagem de fluidos;
- Porosidade fechada: é a parte da porosidade total que inclui os poros que não se comunicam com exterior e, portanto inacessíveis ao meio agressivo externo.

Silva (1993) complementa sugerindo uma subdivisão dos poros de acordo com o tamanho, como segue:

- Poros grandes ou macro poros: dimensão maior que $5 \times 10^4 \text{ A}^0$;

- Poros capilares: dimensão maior que 500 \AA^0 ;
- Mesoporos: dimensão compreendida entre 26 e 500 \AA^0 ;
- Micro poros: dimensão menor que 26 \AA^0 .

Os poros grandes e capilares são devidos a defeitos de execução do concreto e dosagem (relação água/cimento maior que a necessária para a hidratação completa dos grãos de cimento), enquanto os mesoporos e os microporos estão relacionados ao C-S-H. Os poros menores que 500 \AA^0 não são interconectados. Schiessl apud Silva (1993), diz que os poros capilares e os macroporos são os mais importantes para a durabilidade do concreto. A mesma opinião é compartilhada por Cabrera (1990), o qual afirma que a permeabilidade é mais influenciada pelo número e dimensões dos poros grandes que pelos poros pequenos. Já Geyer, et. al. (1994) diz que “permeabilidade nada mais é que a possibilidade de instalação de um fluxo hidráulico através do concreto definido pela interligação dos vazios porosos existentes, pelas fissuras eventualmente existentes e pelas micro-fissuras sempre presentes.”

A figura 1 ilustra a distribuição e o tamanho dos poros na pasta de cimento.

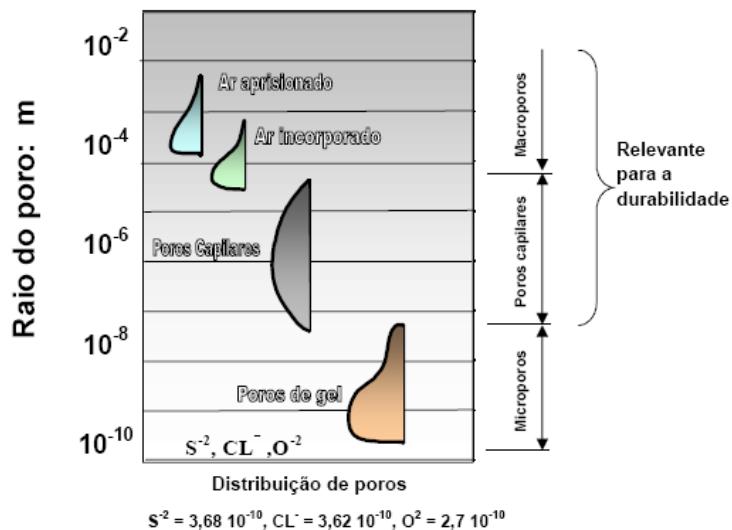


Figura 1 - Distribuição do tamanho dos poros na pasta de cimento endurecida. Cascudo 1997.

Campiteli (1987) afirma que não é possível um concreto possuir uma porosidade menor que 10%, sendo este considerado excelente, boa até 15%, satisfatória até 18%, de médio a ruim até 22%. Segundo Coutinho (1974), os vazios e poros resultam de quatro causas:

- quando da fabricação, lançamento e adensamento da massa de concreto;
- incorporação de ar durante o processo de amassamento;
- agregados mais ou menos porosos;
- retração da pasta de cimento.

Bauer (1995), diz que para a obtenção de um concreto compacto com o mínimo de vazios, é necessário adensá-lo por meio de processos mecânicos ou manuais, que provocam a saída do ar, facilitando assim, o arranjo dos agregados e o contato do concreto com as armaduras. Coutinho (1974) afirma que com as reações de hidratação do cimento, há um desenvolvimento da cristalização, que reduz a dimensão dos vazios e diminui a permeabilidade do concreto.

Contudo, cabe ainda apresentar uma patologia quase sempre constante nas estruturas de concreto, que é a fissuração devido à “N” fatores, como segue.

2.1 Fissuração do concreto

Geyer et. al. (1994) diz que as fissuras no concreto contribuem para o aumento da permeabilidade. Faz-se necessário, portanto, um estudo dos seus principais tipos:

- fissuração do concreto fresco: por secagem ou por retração plástica, entre outros;
- fissuração do concreto endurecido: por retração química, retração hidráulica, retração térmica, sobrecargas, entre outros.

Segundo Concreto Impermeável (1974), é comprovado que um concreto submetido permanentemente à pressão de água não mantém o mesmo grau de permeabilidade que se verifica inicialmente. Os ensaios de permeabilidade mostram que, no inicio da prova, a descarga líquida que atravessa a massa de concreto por unidade de superfície exposta do corpo de prova aumenta rapidamente, até alcançar um valor máximo proporcional à pressão do líquido. Daí em diante, a pressão é mantida constante, a descarga vai diminuindo gradativamente, podendo até anular-se ao cabo de algum tempo.

Esse efeito de auto-redução da permeabilidade dos concretos pode ser atribuído às seguintes causas principais:

- obstrução dos poros por partículas de cimento arrancadas do próprio concreto pela água e que vão depositar-se mais adiante, completando sua hidratação e ligando-se firmemente as paredes dos poros;
- diminuição dos vazios devido ao inchamento da pasta de cimento confinada entre os agregados, os quais não sofrem o mesmo efeito em presença de água;
- hidratação mais completa do cimento facilitada pelo contato prolongado com a água sob pressão. Esse fenômeno é interessante e se observa com freqüência nas obras. Por isso pequenos vazamentos que se notam em concretos recentemente sujeitos à água sob pressão não devem ser causa de preocupação, pois cessará após algum tempo. Cabe salientar que até mesmo a pressão exercida simplesmente pela gravidade, ocasionará o fato.

Frente as principais portas de entrada dos agentes externos agressivos ao concreto, a técnica a seguir se apresenta em condições ideais para eliminar e/ou minimizar este problema.

3 IMPERMEABILIZAÇÃO NEGATIVA

3.1 Injeção de poliuretano hidroativado hidrófobo

Embora poucos estudos tenham sido divulgados sobre o assunto, a impermeabilização negativa por meio da injeção de resina de poliuretano é perfeitamente viável para eliminar as infiltrações em qualquer estrutura de concreto, uma vez que a resina preenche as fissuras, poros e vazios existentes na estrutura, que permitem o ingresso de água e consequentemente a infiltração. O procedimento para execução da impermeabilização se dá mediante a furação da laje e/ou parede de concreto por onde a água se apresenta, ou seja, o lado negativo. É necessário o conhecimento de estrutura de concreto para uma avaliação criteriosa, que apontará para a quantidade de furos a ser executada, e a inclinação do bico injetor, para um determinado tipo de infiltração. A técnica consiste em procedimentos aparentemente simples, mas que precisam ser ajustados a cada caso.

A resina de poliuretano é à base de Metil-Di-Isocianatos (MDI) e Poliol, hidrófoba, com células fechadas projetada para acabar com todos os tipos de vazamentos ou infiltrações de maneira profunda. Contendo aditivo que quebra a tensão superficial da água, fazendo com que seja facilmente desalojada de onde quer que esteja, permitindo com isto, o seu ingresso e o rápido fechamento das trincas, fissuras e cavidades no interior do concreto. Quando a resina entra em contato com a água/umidade, promove uma reação de expansão 30 vezes superior e quase que instantânea, com formação de uma densa barreira sólida de espuma com células fechadas, preenchendo e impermeabilizando trincas, fissuras e poros por onde a água tem acesso. A resina é altamente adesiva e penetrante, desenvolvendo profundo trabalho de ancoragem em ambos os lados da fissura injetada. Como consequência, promove uma tenaz aderência em praticamente todos os substratos, estejam secos, molhados ou úmidos.

3.1.2 *Equipamentos e acessórios*

Para a execução dos serviços de impermeabilização negativa, são necessários os seguintes equipamentos e acessórios:

- Maquina de furar SDS PLUS;
- Brocas SDS PLUS com 8mm e 10mm com no mínimo 160 mm;
- Maquina de injeção – Bomba Airless utilizada em pintura, devidamente adaptada, figura 2;
- Bicos injetores, figura 3;
- 3 baldes para o condicionamento da resina e posterior limpeza da bomba;
- Solvente para limpeza da bomba;
- Chave canhão com 10mm;
- 2 operadores;
- Equipamentos de proteção individual.



Figura 2 – Maquina para aplicação da resina - Airless, Fabricante (2008).



Figura 3 – Modelos de bicos injetores, Fabricante (2008).

3.1.3 *Executando os serviços*

Antes do inicio das atividades, sugere-se a realização de teste de estanqueidade por período não inferior a 72 horas, de modo a constatar a real deficiência do sistema existente. Haja vista, que algumas infiltrações percorrem horizontalmente pelas fissuras existentes na seção de vigas e lajes, quando estas se encontram encostadas em terrenos saturados ou são alimentadas por fissuras do

paramento externo ao plano da laje; ocasionando interpretação equivocada da questão, onde o profissional menos diligente aponta para possíveis falhas na impermeabilização da laje, levando a edificação a execução de serviços não necessários. Assim sendo, após as devidas verificações, as áreas de infiltração devem ser mapeadas e os serviços iniciados como segue:

A figura 4 representa uma laje em planta com trincas e fissuras, os círculos vermelhos representam os furos para instalação dos bicos injetores. Cabe salientar que os bicos podem ser instalados a 45°, 90° ou como o profissional julgar necessário para resolver a infiltração. Não existindo, porém, nenhuma regra obrigatória quanto à inclinação dos furos. O diâmetro do furo que receberá o bico deverá ter 10mm, e a profundidade do mesmo poderá ser com diâmetro de 8mm ou 6mm, a critério do profissional. Os furos realizados na figura 4 tinham objetivo de acessar não somente o interior da estrutura de concreto, mas também sobre a mesma, criando uma manta impermeabilizante entre o piso existente e a laje. Na figura 5 exemplifica-se o resultado após a aplicação da resina em uma laje sujeita a ação da água.

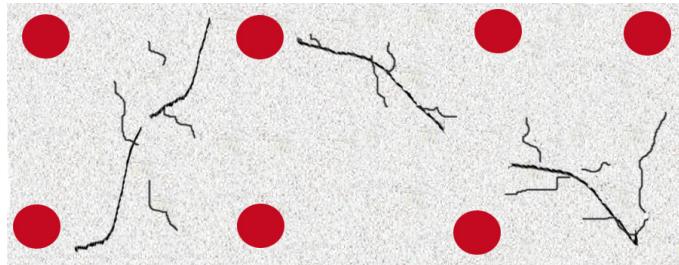


Figura 4 – Furos para instalação dos bicos injetores, (ilustração do autor)

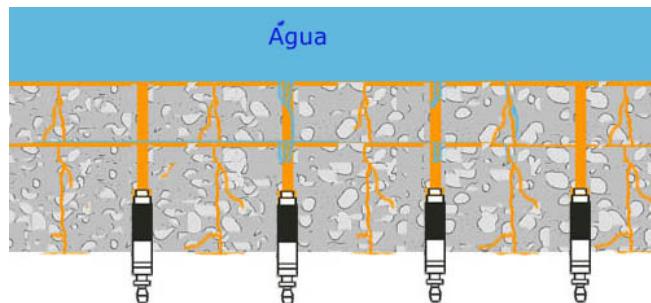


Figura 5 – Injeção da resina e o preenchimento dos vazios, (ilustração do autor)

A figura 6 exemplifica o procedimento padrão, porém, possível de ser alterado de acordo com a necessidade do profissional. O procedimento padrão sugere que os furos sejam executados a cada 10 cm com inclinação de 45° transpassando a trinca, mas a experiência já comprovou que nem sempre este procedimento alcança o sucesso esperado. Cabendo ao profissional decidir a melhor forma de atuar.



Figura 6 – Procedimento padrão para instalação dos bicos injetores, (ilustração do autor)

A figura 7 exemplifica a impermeabilização de paredes diafragma, protegendo o interior de garagens subsolo, assim como a própria estrutura de concreto, sujeitas à infiltração de água proveniente do lençol freático, onde a furação é executada junto à laje de sub-pressão e paredes.

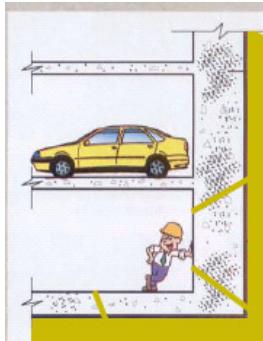


Figura 7 – Impermeabilização de paredes diafragma, (ilustração do autor).

4 IMPERMEABILIZAÇÃO NEGATIVA – ESTUDO DE CASO

As observações referentes aos poros, vazios e trincas existentes nas estruturas de concreto e o fato de serem prejudiciais por tornarem o concreto mais permeável, fazem desta técnica uma solução satisfatória, uma vez que a mesma exerce a função de vedar as trincas, preencher os vazios e os poros e também pode acessar a interface piso – concreto, criando uma manta de proteção para superfície superior da laje. A resina contribui também para o aumento da resistividade do concreto, haja vista, ser um material dielétrico (isolante). Mas a maior de todas as vantagens reside justamente em não precisar remover os revestimentos que estão assentes sobre a laje.

No Rio de Janeiro, uma empresa de engenharia vem desenvolvendo trabalhos no sentido de impermeabilizar estruturas de concreto, com a utilização da técnica apresentada neste artigo.

A parede diafragma de uma edificação em aclive apresentou durante anos infiltrações provenientes da água que por questões da natureza passa sob a mesma e começou a atingir suas paredes. As fotos 1 e 2 fazem parte do estudo e foram tiradas neste local, zona sul da cidade do Rio de Janeiro.



Fotos 1 e 2 – Impermeabilizando parede diafragma 2º subsolo, Ed. Residencial -RJ, Zapla (2006)

As fotos 3 e 4 apresentam o resultado da impermeabilização realizada na parede diafragma.



Fotos 3 e 4 – Resultado da aplicação, Ed. Residencial – RJ, Zapla (2006)

As fotos 5 e 6 fazem parte do estudo e apresentam um reservatório com 5 milhões de litros de água, com infiltrações em toda periferia, onde a técnica foi utilizada.



Fotos 5 e 6 – Reservatório – Austin - RJ, Zapla (2005)

As fotos 7 e 8 apresentam o resultado da intervenção utilizando a técnica.



Fotos 7 e 8 – Resultado da aplicação, reservatório – Austin –RJ, Zapla (2005)

A técnica vem apresentando resultados satisfatórios em diversos condomínios da cidade do Rio de Janeiro, assim como, em empresas públicas e privadas, onde foi realizado o estudo de caso.

As fotos 9, 10, 11 e 12 apresentam a técnica sendo utilizada nas dependências de um hospital militar.



Fotos 9 e 10 – Impermeabilização da laje de piso da lavanderia, Hospital – RJ, Zapla (2006)



Fotos 11 e 12 -Impermeabilização da laje de piso da lavanderia, Hospital – RJ, Zapla (2006)

5 CONCLUSÃO

Embora algumas empresas e profissionais considerem a técnica de impermeabilização negativa ainda com um custo elevado, suas vantagens superam todas as expectativas em relação aos custos. Sendo empregada por mão-de-obra treinada e devidamente qualificada, a mesma oferece um custo-benefício satisfatório tanto para o tomador como para o prestador dos serviços.

Tendo em vista, a eficiência da técnica apresentada através dos resultados satisfatórios alcançados durante os três estudos de caso apresentados neste trabalho (uma parede sujeita a ação de um rio subterrâneo; um reservatório carregado com 5 milhões de litros d'água sujeito a variação de temperatura e; uma laje de lavanderia hospitalar sujeita a ação de água morna e cinza com vários agentes químicos), pode-se afirmar que não se justifica a demolição de “n” metros quadrados de piso e contra-piso para realizar uma re-impermeabilização, assim como, retirar a água de piscinas e reservatórios para realizar reparos de impermeabilização.

Assim sendo, a velocidade com que os locais trabalhados por meio deste procedimento são liberados para uso, não se compara com as técnicas tradicionais que necessitam remover os revestimentos de piso, tempo de estiagem e diversos funcionários. E após os testes de estanqueidade nos moldes tradicionais, alguns reparos ainda são necessários, o que não acontece com a técnica de impermeabilização negativa, uma vez que os serviços podem ser realizados em presença de água, logo, sem estiagem e com a consequente exibição de resultados imediatos.

Além de todas as vantagens operacionais, os benefícios ao concreto são diversos, já que ao preencher os poros e fissuras, a resina impede o ingresso dos agentes externos agressivos, tais como, CO₂ e Cloreto. Além disso, acredita-se aumentar a resistividade do mesmo, o que poderá ser objeto de estudo

mais aprofundado, haja vista, ser a resistividade um fator diretamente ligado ao assunto corrosão das armaduras. Pode-se concluir, a partir dos diversos serviços realizados com sucesso, que o sistema embora ainda pouco divulgado, é garantido e eficaz.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção e projeto.** 2003.

ARRIBA, RAÚL G. de SAGRADO, Joaquim D., MADRAZO, Juan A P. **Determinación de la porosidad y la permeabilidad Del hormigón endurecido.** HORMIGÓN Y ACERO – N° 193. 1994.

BAUER, L.A.F., **Materiais de Construção.** Vol. 1, Ed. LTC, Rio de Janeiro – RJ 1995.

CASCUDO, OSWALDO. **O controle da corrosão de armaduras em concreto – inspeção e técnicas eletroquímicas.** Goiânia, GO: Editora UFG, 1997.

COUTINHO, A.S. **Fabrico e Propriedades do Betão,** Lisboa, 1974.

Concreto Impermeável – Boletim Técnico – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. São Paulo, 1974.

CABRERA, J. G. – **Effect of Curing on Durability.** Concrete International, v. 12, 1990.

CAMPITELI, Vicente C. **Porosidade do Concreto.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, BT-09 1987.

GEYER, André L.B., Rejane M.T., Permeabilidade do Concreto como um dos principais fatores determinantes da durabilidade dos reservatórios de água. In: Reunião Anual do Ibracon, 36, 1994, Porto Alegre. São Paulo, 1994.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto:** estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1993.

SCHIESSL, P. – **Influence of the Composition of Concrete on the Corrosion Protection of the Reinforcement** – S. P. 100-82. Detroit, ACI, 1987.

SILVA, Paulo F. A, **Permeabilidade do Concreto, uma medida de durabilidade.** Revista Ibracon, Ano III, N° 8, 1993.

ZAPLA, LEONARDO SILVA. **Relatório Técnico referente impermeabilização negativa – CEDAE, Rio de Janeiro,** 2005.

_____. **Relatório Técnico referente impermeabilização negativa – Ed. Conde Viena, Rio de Janeiro,** 2006.

_____. **Relatório Técnico referente impermeabilização negativa – Marinha do Brasil, Rio de Janeiro,** 2006.