



## Estanqueidade da interface pilar/laje em laje de subpressão sujeita à ação de águas de lençol freático

ABREU Patrick Camaz Luzia Garcia<sup>1</sup>; RIBEIRO Danielle Malvaris<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Pós-graduando em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis, NPPG/POLI – UFRJ;

<sup>2</sup>Mestre em Estruturas Metálicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.

### Informações do Artigo

Histórico:

Recebimento: 21 Out 2019

Revisão: 29 Out 2019

Aprovação: 30 Out 2019

Palavras-chave:

Injeção

Poliuretano

Subpressão

### Resumo:

*O presente trabalho busca apresentar uma solução para um problema de vazamento na interface pilar/laje em uma laje de subpressão, através do sistema de injeção de espuma e gel de poliuretano e gel acrílico polimérico. Esses sistemas são os mais indicados para obter o estancamento de infiltrações em estruturas. Para garantir a escolha da melhor solução e que a mesma seja empregada da melhor forma possível na resolução do problema, foi de extrema importância a busca por mão de obra especializada, garantindo assim o uso dos materiais e equipamentos adequados para esse tipo de serviço. Os sistemas utilizados mostraram-se eficazes e ao final do serviço, conseguiu-se a estanqueidade desejada.*

## 1. Introdução

Com o crescimento de centros urbanos, foi necessária a constante busca por executar novos empreendimentos a fim de atender a população, com padrões de qualidade, em espaços cada vez menores, mas com o máximo de aproveitamento possível. Para tal, se torna indispensável a utilização de áreas enterradas, não só como garagens ou reservatórios de água potável, mas também para diversas outras finalidades [1].

Para a construção em áreas enterradas utilizam-se elementos estruturais capazes de resistir a ação da subpressão, como as lajes, por exemplo [2].

### 1.1 Objetivo

O tema escolhido está relacionado às patologias que ocorrem no concreto armado,

sejam elas por falhas construtivas ou de projeto.

Com isso, o objetivo deste trabalho é apresentar um problema que ocorreu em uma laje de subpressão de um empreendimento no Rio de Janeiro, mostrando danos causados, técnicas e materiais utilizados para solucionar o mesmo.

### 1.2 Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido baseado em artigos, livros, dissertações, revistas técnicas e pesquisas em sites relacionados à Engenharia Civil.

Foi feita uma revisão bibliográfica sobre o concreto armado, lajes de subpressão e lençol freático e depois foi apresentado o estudo de caso com sua respectiva solução.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 Concreto Armado

O concreto armado é o sistema construtivo mais utilizado no Brasil, tendo em vista seu grande conjunto de opções tanto para quem projeta quanto para quem executa estruturas através desse sistema. Um outro ponto é a facilidade em encontrar seus materiais constituintes (Aço, brita, areia, cimento e etc) [2].

De acordo com Silva et. al. [2], a maioria dos problemas que envolvem o emprego do concreto, material capaz de garantir condições suficientes para uma baixa permeabilidade, estão mais relacionados aos procedimentos construtivos do que apenas aos materiais. A correta execução desses procedimentos é de extrema importância para evitar manifestações patológicas como fissuras, regiões com grande quantidade de vazios em função da má compactação e juntas defeituosas que facilitam a percolação da água.

### 2.2 Estanqueidade do concreto

Segundo Brites et. al. [5], o concreto é capaz de formar uma barreira eficiente de modo a impedir a entrada de água, e é por esse e outros motivos que é utilizado abundantemente na concepção de grandes reservatórios de armazenamento de água, piscinas, barragens e etc.

Para garantir a estanqueidade é de extrema importância que os procedimentos executivos sejam feitos de forma correta. E também para que não hajam “bicheiras”, adensamento inadequado, juntas frias, aparecimento de fissuras no concreto, facilitando a percolação ou infiltração da água [5].

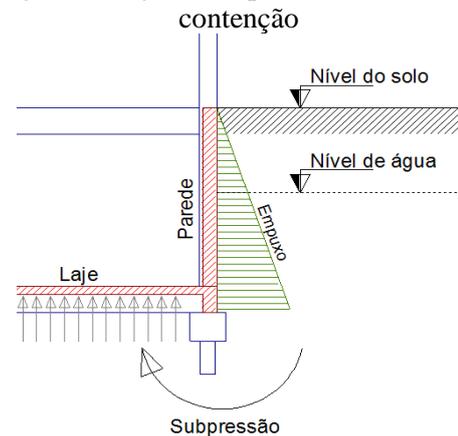
Com isso, o conceito de estanqueidade pode ser definido como a capacidade da estrutura em não permitir a infiltração da água por nenhuma das paredes, juntas ou lajes que as confinam [5].

### 2.3 Lajes de subpressão

Quando um projeto prevê subsolos mais profundos do que o nível do lençol freático no terreno, a estrutura estará sujeita à

pressão hidrostática aplicada pela água presente no solo saturado. A laje mais inferior dessa estrutura é chamada de laje de subpressão. Ela fica em contato direto com o solo e sofre maior empuxo da água, com uma pressão aplicada de baixo para cima. Quanto mais profunda a laje, maior tende a ser essa força, que deve ser considerada no dimensionamento da estrutura [4].

Figura 1- Laje de subpressão e cortina de contenção



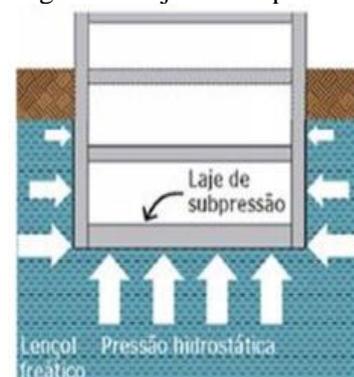
Fonte: Teixeira [3]

A laje de subpressão é a alternativa mais econômica e de menor impacto ambiental quando comparada ao sistema de rebaixamento definitivo [7].

### 2.4 Influências do lençol freático

Quando se fala em construções de estruturas mais profundas, precisa-se atentar ao lençol freático, pois o mesmo atua de forma a empurrá-las para cima, provocando o efeito da subpressão e condicionando essas estruturas à pressão hidrostática causada pela água do solo saturado [2].

Figura 2- Laje de Subpressão



Fonte: Fracon [4]

Para viabilizar tais construções sujeitas ao lençol freático, utiliza-se o sistema de rebaixamento do mesmo através de bombas, onde, ao invés de estancá-lo, faz-se a drenagem [1].

Na maioria das construções que são feitas abaixo do nível do mar, utiliza-se o sistema de rebaixamento provisório, tendo em vista que em muitas cidades brasileiras o definitivo já está proibido em função dos prejuízos causados ao meio ambiente [6].

Outro ponto para não utilização do definitivo é que, em longo prazo, essa solução torna-se de elevado custo devido aos gastos para manter as bombas d'água, para que elas garantam o rebaixamento, além da manutenção periódica (Preventiva e corretiva) [6].

Com drenagens de níveis altos de lençol, carreamento de materiais e consumo de energia através de bombeamento de água, deixa-se um legado para gerações futuras que não é nada compatível com a evolução dos conceitos de sustentabilidade [1].

### 3. Estudo de Caso

#### 3.1 Problema Analisado

Um empreendimento residencial localizado na Zona Oeste do Rio de Janeiro contém três blocos com 15 andares cada, térreo e dois subsolos, sendo que o mais baixo (2º subsolo) encontra-se totalmente abaixo do nível do lençol freático e por isso foi feito com laje de subpressão e cortinas de contenção.

O mesmo possui, aproximadamente, 8500 m<sup>2</sup> e foi construído próximo a uma lagoa, onde no terreno, durante a construção do empreendimento e a partir de certa profundidade, era possível identificar a presença de águas subterrâneas.

Na noite/madrugada do dia 08 para 09 de abril de 2019 ocorreu uma chuva atípica causando diversos problemas pelo Rio de Janeiro, como enchentes/alagamentos, deslizamentos, árvores derrubadas e carros destruídos.

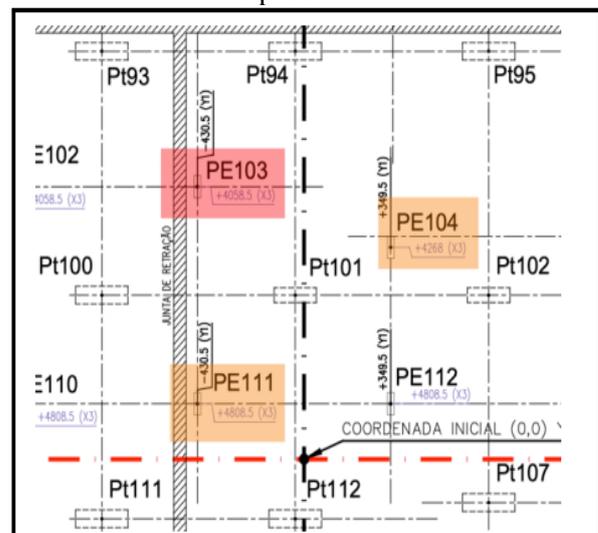
Essa chuva também afetou o 2º subsolo do empreendimento, devido ao elevado nível em que o lençol freático se encontrava e a pressão que o mesmo estava exercendo na laje de subpressão, causando a ruptura em três pontos no encontro da laje com pilar.

Na manhã do dia 09 de abril, em função da ruptura e pelo fato de estar abaixo do nível da lagoa, estava entrando muita água, onde já tinha criado uma camada de, aproximadamente, 15 centímetros de água em todo o 2º subsolo e caso não houvesse alguma intervenção, a água ia cobri-lo.

Como o condomínio estava com baixa ocupação, esse subsolo não estava sendo utilizado. (Todos os carros estavam no 1º Subsolo).

No total, tiveram três rupturas: a primeira no PE 103 (pior delas), a segunda no PE 104 e a terceira no PE 111. Conforme figura 3, pode-se ver a posição dos pilares na planta.

Figura 3 - Planta baixa da região onde ocorreu o problema



Fonte: Autor

#### 3.2 Primeiras medidas tomadas

##### 3.2.1 Tamponamento

Como foi dito, o primeiro vazamento começou no PE 103, com isso, tentou-se estancar ou pelo menos diminuir o volume de água do mesmo com “buchas de saco de cimento e cunhas de madeiras”. Logo após, ocorreu a segunda ruptura no encontro da laje

com pilar (PE 104). Foi feito o mesmo procedimento que no primeiro a fim de diminuir o vazamento.

Quando foi feito no PE 104, apareceu o terceiro vazamento (PE 111). Ou seja, percebeu-se que ao fazer o tamponamento de parte dessas aberturas, conseqüentemente estava aumentando a pressão no piso, com isso, a água procurava outro lugar para sair. Pode-se observar na figura 4 os vazamentos:

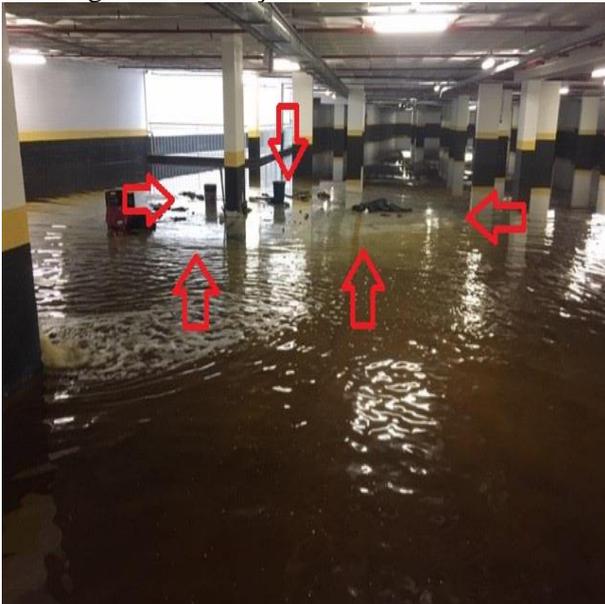
Figura 4 – Vazamento no 2º Subsolo



Fonte: Autor

Através da figura 5, pode-se perceber que houve uma elevação no piso, ao redor do PE 103, em função da pressão hidrostática exercida pela água:

Figura 5 - Elevação ao redor do PE 103



Fonte: Autor

### 3.2.2 Locação de bombas

No subsolo possuem diversos poços que coletam água pluvial. Resolveu-se locar bombas com mangueiras, onde as mesmas foram distribuídas nos poços e no piso do subsolo, para que pudessem mandar a água embora.

As bombas no piso puxavam a água, mandavam para os poços, as bombas desses poços mandavam para a caixa no Térreo e depois a água ia para a rua através da rede. Com essa medida, conseguiu-se igualar: o volume de água que estava entrando através dos vazamentos, era o mesmo que estava saindo (Ou próximo disso). Bateu-se um nível em um pilar para poder acompanhar se a camada de água não estava subindo.

Após a locação de mais bombas, foi possível inverter: o volume de água que estava entrando, era menor do que o que estava saindo, ou seja, aos poucos a camada de água ia diminuindo, até que só ficaram poças, onde foi feita a secagem manual.

### 3.2.3 Criação de fiadas de blocos ao redor dos pilares

Com o intuito de impedir que a água continuasse se espalhando pelo subsolo, foram criados três “cercados” nos três pilares e colocadas bombas neles, conforme figura 6, e também foi feito um caminho que levava a água direto para um dos poços, onde tinham bombas que jogavam a água para fora.

Figura 6 - Fiada ao redor dos pilares



Fonte: Autor

#### 4. Danos causados aos elevadores

O empreendimento é composto por dezesseis elevadores, cinco no Bloco 1, seis no Bloco 2 e cinco no Bloco 3. Apesar do piso dos halls dos elevadores ser um pouco mais alto do que o piso do subsolo, onze dos dezesseis poços foram alagados. Como a fiação e alguns equipamentos/peças foram atingidas pela água, esses onze elevadores ficaram desligados, até que os poços fossem totalmente secos e os mesmos apresentassem as devidas condições de segurança para utilização.

Figura 7 - Poço alagado



Fonte: Autor

A empresa que presta manutenção nos elevadores foi acionada e fez a abertura das portas no 2º subsolo, para que fosse feita a secagem dos poços.

Do dia do ocorrido até a secagem dos poços, durou cerca de três dias, ou seja, os moradores dos Blocos 1 e 2 tiveram que utilizar a escada de emergência durante esse período.

Após essa etapa ser concluída, foram religados os elevadores afetados, porém três

deles não voltaram a funcionar, um porque a cabine estava no 2º subsolo e foi alagada e os outros dois por danificação de peças.

Com os treze elevadores funcionando, a empresa de manutenção desabilitou o botão de acionamento para o 2º subsolo, ou seja, os mesmos estavam operando do 1º subsolo ao 15º andar.

Também foram criadas barreiras com blocos na porta de cada elevador e nos halls, com o intuito de evitar que os poços fossem alagados novamente, caso o vazamento piorasse.

#### 5. Rebaixamento de lençol

Para dar prosseguimento na solução do problema, foi instalado o sistema de rebaixamento de lençol na região afetada. Foram instaladas três bombas, onde cerca de 60 ponteiros estavam ligadas a elas, conforme figuras 8 e 9.

O sistema devidamente instalado fez com que baixasse o nível do lençol freático e, conseqüentemente, parassem os vazamentos.

Figura 8 - Bombas e ponteiros



Fonte: Autor

Figura 9 - Ponteiras



Fonte: Autor

O sistema permaneceu por quatro meses, aproximadamente.

## 6. Possíveis causas para a ruptura

- Falha de concretagem observada pelo georadar e pela foto abaixo - Material segregou;
- Falta de aderência na interface pilar/laje, tornando esse, um ponto fraco.

Figura 10 - Material segregado



Fonte: Autor

## 7. Injeções (Solução)

A empresa contratada para fazer o reparo, utilizou três materiais: espuma e gel de poliuretano e gel acrílico polimérico. Foram necessárias algumas intervenções até que o vazamento fosse totalmente sanado. Na primeira intervenção, com rebaixamento de lençol ligado, a empresa utilizou a espuma e o gel acrílico, nas outras, já com o rebaixamento desligado, a empresa optou por utilizar a espuma e o gel de poliuretano, que ao entrar em contato com a água, sua reação acelera.

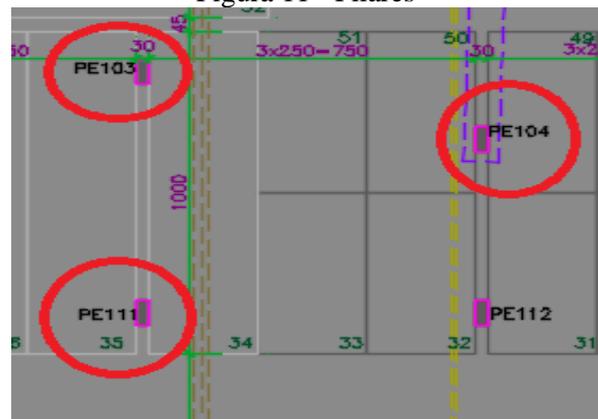
Este foi o método considerado mais adequado para o caso em questão, em função da injeção de resinas sintéticas bastante fluidas que conseguem ser empregadas em fissuras iguais ou maiores do que 0,1 mm no caso do gel de poliuretano, reestabelecendo a aderência entre as duas faces do concreto [2].

É importante ressaltar que todos os trabalhos de injeção necessitam ser executados com o uso de roupa protetora e equipamentos apropriados [9].

### 7.1 Procedimento

Conforme a figura 11, pode-se observar os pilares onde houveram as rupturas na interface pilar/laje e onde foram feitas as injeções.

Figura 11 - Pilares



Fonte: Autor

### 7.1.1 Bicos injetores e bomba

Com o sistema de rebaixamento operando, foram feitas as furações ao redor dos pilares. De acordo com Almeida Jr e

Takagi [8], essas furações são feitas a 45° para que possam interceptar o plano das trincas/fissuras e são espaçados cerca de 20 cm.

Os bicos injetores, conforme figura 12, são colocados para que os materiais possam ser injetados de modo a preencher os vazios e façam a vedação do caminho de passagem de água [2].

De acordo com Almeida Jr e Takagi [8], esses bicos metálicos são fabricados em liga de alumínio. Para sua instalação, são feitos furos de 14 mm de diâmetro nas estruturas de concreto.

Figura 12 - Bicos injetores utilizados



Fonte: Autor

Conforme a figura 13, a bomba utilizada é bi-componente que também possui uma bomba de limpeza com funcionamento automático.

Figura 13 - Bomba de injeção



Fonte: Autor

### 7.1.2 Aplicação da espuma

De acordo com Silva et. al. [2], essa espuma, trata-se de um bicomponente, base (A) e acelerador (B), que é utilizado para injeção e tamponamento provisórios de infiltrações e ao ser injetada, expande em alguns segundos, após ter contato com a água e estanca até mesmo fluxos de água sob pressão. Na figura 14, pode-se observar a espuma de poliuretano.

Figura 14 - Espuma



Fonte: Autor

Nesse caso, como o volume de água que saiu foi grande, criou-se um vazio por debaixo da laje, então, a espuma serviu para preencher esse vazio para a posterior aplicação do gel.

### 7.1.3 Gel acrílico

O gel é aplicado no selamento de trincas, selamento completo de estruturas em trabalhos subterrâneos, dentre outros. Algumas das propriedades desse produto são: baixa viscosidade, boa penetração em trincas e cavidades de qualquer espessura, tempo de reação ajustável, excelente flexibilidade e alta resistência química [9].

O mesmo possui componentes A e B, o componente A é formado por A1, A2 e A3 e o componente B é formado por B1 e B2 [9].

Conforme a figura 15, pode-se observar o gel sendo aplicado e preenchendo a interface pilar/laje.

Figura 15 - Gel acrílico



Fonte: Autor

#### 7.1.4 Gel de poliuretano

É empregado na injeção e selamento de trincas com movimentação. O mesmo possui baixa viscosidade, boa penetração em trincas e cavidades iguais ou maiores que 0,1 mm, reação acelerada na presença de água e boa aderência em superfícies úmidas. Também é um material bicomponente, base (A) e endurecedor (B) [10].

Nesse caso, como a infiltração apresentava grande fluxo de água deve ser executada em duas etapas: primeiro, faz-se a injeção da espuma para estancar temporariamente o fluxo de água e com a infiltração contida, é executada a injeção do gel que é responsável pelo selamento absoluto da fissura/abertura [11]. Aplicação do gel de poliuretano sendo feita, conforme observa-se nas figuras 16 e 17:

Figura 16 – Gel de poliuretano



Fonte: Autor

Figura 17 - Gel



Fonte: Autor

À medida que eram feitas as aplicações, as infiltrações diminuía, até que cessaram. Na figura 18, pode-se ver a eficácia da técnica utilizada.

Figura 18 – Redução do vazamento até cessar



Fonte: Autor

## 8. Conclusão

Antes de executar a injeção, deve ser feita uma avaliação da fissura/trinca para determinação de suas características. Os critérios mais relevantes são: tipo, origem, abertura, grau de movimentação, condição e acesso [10].

Para o caso em questão, que é o selamento de uma abertura/trinca com a presença de água na interface pilar/laje em três pilares, foi determinado pela empresa contratada para o serviço o sistema de injeção composto pela espuma e o gel de poliuretano e o gel acrílico polimérico, pois esses sistemas são os melhores no que diz respeito a garantir a estanqueidade de estruturas.

Esses serviços de injeção necessitam de mão de obra, material e equipamentos especializados, então, é de extrema importância procurar empresas renomadas e que possuam larga experiência no assunto.

Conclui-se que a técnica de injeção de espuma e géis foram completamente eficazes na solução do problema apresentado, tornando a estrutura novamente estanque e garantindo a segurança e durabilidade da mesma.

## 9. Referências

- [1] GUIMARÃES, J. P. Z. Estruturas enterradas sujeitas a ação de lençol freático: o desafio de torna-las estanques. Disponível em: <[http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2013/08/20-16.06\\_11H30\\_833\\_Estruturas-enterradas-sujeitas-a-a%C3%A7%C3%A3o-de-len%C3%A7ol-fre%C3%A1tico.pdf](http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2013/08/20-16.06_11H30_833_Estruturas-enterradas-sujeitas-a-a%C3%A7%C3%A3o-de-len%C3%A7ol-fre%C3%A1tico.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2019.
- [2] SILVA, L. K. N., et al. Recuperação de lajes de subpressão sob ação de água subterrâneas. 60º Congresso Brasileiro do Concreto, Foz do Iguaçu, 2018.
- [3] TEIXEIRA, E. P. Subpressão nas lajes e lançamento de empuxo considerando o nível de água, 2014. Disponível em: <<http://faq.altoqi.com.br/content/204/1429/pt-br/subpress%C3%A3o-nas-lajes-e-lan%C3%A7amento-de-empuxo-considerando-o-n%C3%ADvel-de-%C3%A1gua.html>>. Acesso em: 04 out. 2019.
- [4] FRACON, F. S. T. Estudo de caso: Metodologia executiva de uma laje subpressão no setor Noroeste, Brasília – DF. 15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 2018. Disponível em: <[http://ibibrasil.org.br/simposio2018/wp-content/uploads/2018/06/01-02-Felipe-Fracon-Estudo-de-caso-Metodologia-executiva-de-uma-laje-de-subpress%C3%A3o\\_15\\_SBI.pdf](http://ibibrasil.org.br/simposio2018/wp-content/uploads/2018/06/01-02-Felipe-Fracon-Estudo-de-caso-Metodologia-executiva-de-uma-laje-de-subpress%C3%A3o_15_SBI.pdf)>. Acesso em: 06 out. 2019.
- [5] BRITTEZ, C., et al. Estanqueidade de lajes de subpressão. Caso MIS-RJ. 55º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio Grande do Sul, 2013.
- [6] COMENTO ITAMBÉ. Lajes de subpressão estanques: saiba como

- construir, 2018. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/com-o-construir-para-conter-a-agua-de-lencois-freaticos/>>. Acesso em: 08 out. 2019.
- [7] MAPA DA OBRA. Webseminário explica estruturas estanques submetidas a carregamentos de aquíferos – Lajes de subpressão, 2018. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/webseminario-lajes-de-subpressao/>>. Acesso em: 11 out. 2019.
- [8] ALMEIDA JR, W.; TAKAGI, E. M. Injeções flexíveis para selamento definitivo das infiltrações das estruturas de concreto de usinas hidrelétricas. XXVI Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2005, Goiânia.
- [9] MC-BAUCHEMIE. Novo conceito para injeção e impermeabilização de estruturas, edição 01/2010, São Paulo. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/15615/10517/mc\\_injekt\\_gl\\_95tx.pdf](https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/15615/10517/mc_injekt_gl_95tx.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2019.
- [10] MC-BAUCHEMIE. Sistema de injeção de poliuretano flexível, edição 01/2010, São Paulo. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/15615/10516/mc\\_injekt\\_2300\\_nv.pdf](https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/15615/10516/mc_injekt_2300_nv.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2019.
- [11] PIRES; et al. Injeção de poliuretano. Disponível em: <<http://www.pires.com/injecao-de-poliuretano/>>. Acesso em 19 out. 2019.