



Jopol
Engenharia

■ Case – Reservatório de Efluentes

Marcelo Lafayette, MBA

Engenheiro Civil;
Administrador de Empresas;
Especialista em Gestão de Pessoas;
Especializando em Engenharia Diagnóstica;
Diretor-técnico da Jopol Engenharia.



■ Quem somos

- A Jopol Engenharia e Serviços tem por essência a prestação de serviços com foco em superar as expectativas de clientes e colaboradores, preço justo, prazo de entrega e responsabilidade social.
- Seu público alvo é formado por empresas comerciais, industriais e condomínios. A empresa é lastreada na experiência de seu sócio-diretor Marcelo Lafayette que, sendo seu responsável técnico, é engenheiro civil, administrador de empresas e palestrante.
- Possui experiência em mais de 100 obras de recuperação estrutural e impermeabilização, dentre estas, obras de infraestrutura como mais de 11 pontes, viadutos e passarelas das BR-101 e 116, arenas esportivas e obras marinhas.
- Tanto a empresa, como seu corpo técnico, possuem registro no CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agrimensura, condição legal para a prática de serviços de engenharia, conforme resolução nº 336, de 27 de outubro de 1989 do Confea.
- O sócio Marcelo Lafayette é integrante do quadro do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias da Bahia.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Demanda Inicial:

- Atestar que o reservatório encontra-se isento de infiltrações e vazamentos

■ Case – Reservatório de Efluentes

Estrutura:



■ Case – Reservatório de Efluentes

Estrutura:

- Comprimento: 5,00 metros
- Largura: 4,00 metros
- Profundidade: 4,00 metros
- Material constituinte: Concreto armado
- Espessura das paredes: 0,25 metros (25 centímetros)
- Resistência característica do concreto (F_{ck}): 25MPa.
- Nível de água: 2,10 metros
- Cobertura do aço: 3 centímetros
- Sistema de Impermeabilização: Alcatrão de hulha de alta espessura.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Efluentes:

- A função deste reservatório é conter o descarte de soluções químicas compostas por mistura de látex, água e produtos químicos.
- O estado físico deste efluente é um líquido pastoso, de odor fraco e homogêneo, conforme indica o Laudo de Classificação de Resíduo, emitido pelo laboratório de Análise Orgânicas da Cetrel – Central de Tratamento de Efluentes Líquidos.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Outras informações:

- Sobre o reservatório existe uma cobertura metálica. A planta indica que o nível água do lençol freático é de – 2,20 metros. Não existem registros quanto à data de execução da estrutura, contudo seu projeto é datado de 30/04/1999.
- Para melhor identificação das estruturas as paredes serão denominadas em função dos pontos cardeais, sendo que a parede norte é aquela mais próxima da estrutura do galpão.
- Antes dos ensaios, a estrutura estava com suas paredes e piso cobertos com camadas do resíduo de látex, mas foram limpas com o emprego de hidro jateamento até que a estrutura de concreto ficasse totalmente livre de qualquer impregnante.

■ Case – Reservatório de Efluentes



■ Case – Reservatório de Efluentes

Pessoal:

- 3 Engenheiros, sendo um especialista em Ultrassom;
- 1 Laboratorista de Concreto;
- 1 Auxiliar de Laboratorista de Concreto.

Material:

- 1 perfuratriz (extratora);
- 1 equipamento de ultrassom da marca Proceq;
- 1 esclerômetro da marca Proceq;
- 1 cachimbo de vidro;
- 1 máquina fotográfica;
- 1 detector de metais da marca Proceq;
- 1 solução de fenolftaleína;
- 1 estufa de laboratório;
- 1 prensa hidráulica.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Ensaaios/Análises realizadas

- Análise Visual
- Extração de Testemunhos
- Profundidade de frente de carbonatação
- Esclerometria
- Permeabilidade/Absorção
- Ultrassom
- Absorção de água
- Teste de estanqueidade

■ Case – Reservatório de Efluentes

Análise Visual

O objetivo principal do exame visual é a inspeção de toda a superfície dos elementos de concreto da estrutura e de outros componentes. Durante o exame visual, são registradas, quantificadas, dimensionadas e localizadas as patologias e falhas observadas nos elementos da estrutura. Nesta análise visual busca-se identificar as seguintes manifestações patológicas:

- Alterações na coloração do concreto original, identificando a coloração da mancha, como exemplo: coloração avermelhada (que indica a corrosão da armadura) e esbranquiçada (que indica a carbonatação do concreto);
- Presença de fissuras, identificando sua abertura, configuração e causa provável, como exemplo: fissuras resultantes de esforços estruturais ou fissuras resultantes da corrosão da armadura;
- Deterioração da camada superficial do concreto, identificando profundidade afetada e causa provável, como exemplo: deslocamento por impacto e desgaste devido à erosão;
- Armadura exposta, identificando o seu estado, como exemplo: com ou sem corrosão, seção efetiva e presença de ruptura e descontinuidades;
- Presença e falhas nos revestimentos, em pinturas e em impermeabilizações;
- Alterações na configuração de elementos da estrutura, como exemplo: flechas, rupturas localizadas e torções;
- Presença de umidade, acúmulo de água e infiltrações, indicando possíveis causas e a existência na região de outras patologias, juntas, sistema de drenagem etc.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Análise Visual

- A atividade de inspeção de estruturas de concreto faz uso de diferentes técnicas, sendo a principal delas o exame visual detalhado da estrutura. Com base na intensidade e gravidade das manifestações patológicas observadas neste exame, acrescido do conhecimento da agressividade ambiental e das características e do uso das estruturas, outras técnicas são aplicadas.
- Durante o exame visual foi investigada também a presença de anomalias internas do concreto. Isso foi feito percutindo-se o elemento e observando-se o som produzido. Isso é possível pela diferenciação entre o som característico de concreto íntegro e o som de concreto com áreas de vazios, conhecido como "som cavo". Em geral, os vazios são devidos à segregação, fissuração ou delaminação da massa interna do concreto. Para tal foi realizada percussão com um martelo ao longo da superfície do concreto.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Extração de Testemunhos

- Foram realizados de acordo a ABNT NBR-7680:2015 – Extração, Preparo Ensaio e análise de Testemunho de Estruturas de Concreto – Procedimento.
- Seu objetivo foi analisar através de resistência à compressão a qualidade do concreto existente. Foram realizadas duas extrações na borda superior da estrutura , isto com o objetivo de causar o menor dano ao reservatório.
- Após a extração os furos foram fechados com argamassa polimérica de reparo tipo “dry-pack”. Os ensaios foram realizados nas paredes norte e leste, a 3,60 metros do fundo do reservatório.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Extração de Testemunhos



■ Case – Reservatório de Efluentes

Avanço da frente de carbonatação

- A deterioração de uma estrutura pode estar relacionada a diferentes agentes. No caso da corrosão de armaduras, o seu estabelecimento é notadamente atribuído, entre outros, à ação de dióxido de carbono (gás presente na atmosfera). Usualmente, a penetração de dióxido de carbono (denominada frente de carbonatação) é determinada em campo. Para tal, este teste foi realizado nos mesmos locais das extrações.
- O ensaio consiste na visualização da alteração do pH do concreto de cobrimento, o que é possível pela aspersão de um indicador de pH. Utilizou-se uma solução de fenolftaleína (2 g da fenolftaleína em 100 ml de álcool etílico e diluição desta mistura em água destilada até completar 200 ml).
- A norma DIN EN 14630 (2007) recomenda a aspersão da solução de fenolftaleína perpendicularmente à área fraturada, até que o concreto esteja saturado (o escorrimento da solução na superfície deve ser evitado). A frente de carbonatação é o valor médio da espessura da camada incolor.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Avanço da frente de carbonatação

- Com o uso de fenolftaleína, é detectada a região carbonatada do concreto que é aquela que não apresenta alteração de coloração, tendo pH inferior a 8,3. A região não carbonatada assume cor entre rosa a vermelho-carmim, de pH entre 8,3 e 9,5, ou somente vermelho carmim, de pH superior a 9,5.
- A região carbonatada, aquela que não teve alteração de coloração, correspondeu a 0,2mm de profundidade, ainda bastante distante as armaduras, que estão a 30 mm de profundidade. Cabe também registrar que as armaduras encontradas não apresentam qualquer indício de corrosão, corroborando os resultados deste ensaio.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Esclerometria

- Regido pela ABNT NBR 7582:2012 - Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio. Com sua realização pretendeu-se identificar a homogeneidade do concreto existente, utilizando como comparativo os valores atribuídos pela extração do testemunho.
- O esclerômetro de reflexão de Schmidt é o instrumento utilizado para a avaliação da dureza superficial do concreto com base no princípio do ricochete. Este método consiste em medir o retorno de uma força no regime elástico após seu impacto com a superfície do concreto. É um equipamento leve e simples de operar. Com esse instrumento é possível avaliar a uniformidade da resistência mecânica do concreto "in loco", com danos praticamente nulos à superfície do material. Seus resultados estão em relatório em anexo, mas segue resumidamente no quadro

■ Case – Reservatório de Efluentes

Esclerometria



■ Case – Reservatório de Efluentes

Permeabilidade/Absorção

- Este ensaio foi feito pelo “Método do Cachimbo”, segundo CSTC-NIT nº 140/1982 na parede leste da estrutura (foto 8). O “Método do Cachimbo” é um ensaio que mede a quantidade de água absorvida por uma superfície vertical, durante um período de tempo específico. No Brasil, este ensaio não é normalizado.
- Portanto, o “Método do Cachimbo” é utilizado para determinar em laboratório, ou in loco a permeabilidade de superfícies verticais, através de sua propriedade de absorção d’água. O cachimbo consiste em um dispositivo graduado em décimos de ml de vidro, no formato de um cachimbo (forma de “L”), com uma borda plana e circular no fundo, a qual é fixada à superfície do revestimento com massa de calafetar e então preenchido com água até o nível de referência. O cachimbo deve ser colado apertado junto o revestimento em argamassa. A diminuição na altura da água ao longo do tempo é usada como indicação da vulnerabilidade do material à penetração da água.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Permeabilidade/Absorção



■ Case – Reservatório de Efluentes

Ultrassom

- Executado através da ABNT NBR 8802:2013 - Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica, o campo de aplicação desta técnica é vasto, servindo principalmente para a verificação da uniformidade do concreto nos distintos componentes estruturais, delimitando as zonas de concreto de alta e baixa qualidade, permitindo comparar qualidades em termos de resistências à compressão ou módulos de elasticidade dos concretos e determinar a existência, a localização e à profundidade de fissuras.
- O ensaio de ultrassom pode ser utilizado e rapidamente consegue-se emitir um resultado qualitativo pela comparação com valores padrões de estudo, como apresenta CANOVAS, 1988, demonstrados pela tabela 01, adaptada, abaixo.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Ultrassom

Velocidade de Propagação Linear (m/s) - V	Qualidade do Concreto
$V > 4500$	Excelente
$3500 < V < 4500$	Ótimo
$3000 < V < 3500$	Bom
$2000 < V < 3000$	Regular
$V < 2000$	Ruim

■ Case – Reservatório de Efluentes

Ultrassom

- Os ensaios executados pelo equipamento de ultrassom Pundit Lab+ munido de transdutores de 54 KHz devem ser direcionados ao concreto puro (fugindo da posição das barras), portanto foi feita a localização da malha de aço com um localizador de metal da marca Western, o qual foi utilizado apenas para demarcar o posicionamento da malha de aço, não sendo estimadas as bitolas de aço, com fim de dar maior celeridade e mobilidade dentro do ambiente confinado.
- Após demarcar a posição das barras de aço no concreto, foram escolhidos os pontos onde seriam executadas as inspeções por propagação ultrassônica em cada parede lateral e piso do objeto em estudo, seguindo avaliação visual, pré-testes e locais onde a lavagem do tanque foi suficiente para remoção da crosta de material depositado, garantindo sempre a correta amostragem de cada uma destas regiões.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Ultrassom



■ Case – Reservatório de Efluentes

Ultrassom

- Foram executados três procedimentos diferentes de ensaio através do Pundit Lab+, todos baseados no princípio de propagação de onda ultrassônica e com objetivo indireto ou direto de obter parâmetros que apontem para avaliação da estanqueidade do tanque, os quais são:
 - Determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica (a qual possibilitou avaliação da densidade do concreto pontual e homogeneidade em relação a macrorregião da parede e/ou piso);
 - Medição de profundidade de fissuras (auxiliando na classificação das fissuras observadas na inspeção visual);
 - Estimativa da profundidade do concreto (a qual foi realizada na laje do piso).

■ Case – Reservatório de Efluentes

Ultrassom



■ Case – Reservatório de Efluentes

Determinação da velocidade da onda

- O procedimento técnico necessário para este ensaio inicia na localização das barras, escolha de no mínimo três pontos para posicionamento dos transdutores, devido avaliação por medição indireta, onde os transdutores ficam sobre a mesma face da peça.
- Este ensaio é normatizado com título “Concreto Endurecido – Determinação da Velocidade de Propagação da Onda Ultrassônica” da ABNT com registro NBR 8808:2007 e foi executado também observando e interpretando diversas influências apontadas em normas estrangeiras.
- Devido a ponderações das normas foi tratada as posições e distâncias dos transdutores para que ficassem dentro de faixa onde não é necessário aplicar correções quanto presença de armadura e também com temperatura de baixíssima interferência.
- Ressalta-se a calibração do aparelho antes do início de cada pacote de ensaios, a qual é realizada com protótipo padrão de 25,4 microssegundos, para evidenciar a confiabilidade.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Determinação da velocidade da onda

- As inspeções foram realizadas em diversas posições ao longo de cada parede e ao fundo do reservatório, tanto para avaliação da homogeneidade, quanto para confirmação de valores, e assim classificação do quão denso é o concreto de cada parede pela tabela de Canóvas, 1988.

Case – Reservatório de Efluentes

Determinação da velocidade da onda

Região	Velocidade de Propagação Linear (m/s)	Qualidade do Concreto	Homogeneidade
Parede norte	4566	Ótima	Boa
Parede norte	4706	Ótimo	
Parede norte	4444	Ótimo	
Média Parede Norte	4572	-	
Parede leste	3953	Ótimo	Boa
Parede leste	4848	Bom	
Média Parede Leste	4400	-	
Parede oeste	3922	Ótimo	Ótima
Parede oeste	3797	Regular	
Média Parede Oeste	3859	-	
Parede sul	4403	Ótimo	Ótima
Parede sul	4620	Excelente	
Parede sul	4023	Ótimo	
Parede sul	4667	Excelente	
Parede sul	4430	Ótimo	
Média Parede Sul	4428	-	
Piso	1693	Ruim	Baixa
Piso	1763	Ruim	
Piso	2349	Regular	
Piso	2478	Regular	
Piso	2772	Regular	
Piso	3733	Ótimo	
Média Piso	2464	-	

■ Case – Reservatório de Efluentes

Determinação da profundidade das fissuras por ultrassom

- O método de determinação da profundidade das fissuras executado, tem grande precisão em fissuras padrões em formato V, como fenda, quando ambos os lados estão em concretos de mesma densidade, após algumas medições, o valor de maior confiabilidade retornado foi o valor de 8 mm de profundidade para a fissura de maior extensão encontrada no reservatório, entretanto a mesma encontra-se preenchida com material de densidade média (similar à plástico rígido), o que pode ser originado talvez de material proveniente da deposição dos efluentes ali destinados.
- Quando se executa a raspagem do local a espessura da fissura se apresenta cada vez menor, chegando a ser difícil até mesmo de registrar em fotografia.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Ensaio de absorção de água

- Realizada no testemunho extraído através do disposto na ABNT NBR 9778 – Argamassa e Concreto Endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de Vazios e Massa Específica.
- O concreto, pela própria função, deve resistir às condições para o qual ele projetado, ou seja, o concreto deve resistir à ação de intempéries, abrasão, ataque químico, e/ou outros meios de deterioração, sem sofrer uma degradação quanto a sua forma, qualidade e capacidade de uso mesmo depois de muitos anos. Se um concreto resiste a esses requisitos ele é considerado durável. Porém um concreto que resiste bem a determinadas condições, pode não resistir bem a outras condições.
- A durabilidade das estruturas é diretamente proporcional ao seu grau de absorção de água por imersão. Estruturas de concreto estão em maior ou menor grau sujeitas a agentes agressivos, porém se um concreto é menos poroso esses agentes agressivos como os gases sulfurosos, água do mar ou até mesmo o gás carbônico, demoram mais tempo para prejudicar a peça. Os resultados dos ensaios realizados nos dois corpos de provas.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Teste de Estanqueidade

- Após os ensaios tecnológicos, foi realizado teste de estanqueidade. Para isto a estrutura recebeu uma lâmina de água de 50 cm e sua variação foi acompanhada diariamente. Após 24 horas de descanso, foram tomadas medidas do nível de água.
- Foi considerada a importância da evaporação, já que qualquer quantidade de água exposta vai sofrer variações. Elementos tais como; incidência constante de sol, chuvas, temperatura ambiente, vento e baixa umidade fazem o nível da água abaixar diariamente. Para isto, foi colocado dentro do reservatório um balde graduado com 10 litros de água, com o objetivo de servir de comparativo na avaliação da evaporação.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Teste de Estanqueidade



■ Case – Reservatório de Efluentes

Teste de Estanqueidade

- Cabe ressaltar que, conforme indicação do projeto, o piso do reservatório fica 1,8 metros abaixo no nível de água do terreno. Ou seja, a estrutura está submetida à pressão hidrostática negativa (quando a água atua no sentido oposto ao da impermeabilização). Apesar disto, mesmo com o reservatório vazio por mais de uma semana, não foi notada a percolação de água para seu interior. Isto é forte indicativo da estanqueidade da estrutura.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Impermeabilização

- Após os ensaios, a foi realizado tratamento das fissuras com aplicação de resina epoxídica. Em seguida realizou aplicação de pintura à base de alcatrão de hulha na superfície da estrutura, seguindo recomendação do projeto original.
- O produto aplicado é um revestimento à base de resina epóxi-poliamida, combinada com alcatrão de hulha, bi componente, base solvente, na cor preta. Trata-se de produto indicado como revestimento impermeável e protetor em tanques de armazenamento de produtos químicos, água de resíduos industriais, esgotos, canaletas de concreto, tubulações metálicas, oleodutos entre outros.
- Possui como vantagens excelente resistência química e à corrosão (protegendo a estrutura de concreto armado), ótima resistência mecânica e à abrasão, boa aderência ao concreto e altamente impermeável.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Impermeabilização



■ Case – Reservatório de Efluentes

Impermeabilização



■ Case – Reservatório de Efluentes

Impermeabilização



■ Case – Reservatório de Efluentes

Conclusões:

Os ensaios realizados apontaram a boa qualidade construtiva da estrutura. Resumidamente é possível ressaltar:

- Análise visual em apresentação de manifestações patológicas;
- Concreto com característica de resistência à compressão compatível com o projeto original;
- Armaduras preservadas pelo pequeno avanço da frente de carbonatação;
- Estrutura homogênea em sua dureza superficial;
- Baixa permeabilidade;
- Testes de ultrassom indicando velocidade de propagação da onda ultrassônica compatível com concreto de boa qualidade;

■ Case – Reservatório de Efluentes

Conclusões

- Os ensaios realizados apontam a boa qualidade construtiva da estrutura. Resumidamente é possível ressaltar:
 - Absorção de água, índice de vazios e densidades compatíveis com a classe de resistência da estrutura;
 - Teste de estanqueidade sem indicar perda de água por percolação;
 - Em que pese o reservatório estar abaixo no N.A. indicado no projeto, não houve passagem de água de fora para dentro do tanque;
 - Aplicação de sistema impermeabilizante efetuado

Desta forma, podemos afirmar que, no momento, o reservatório objeto deste estudo é estanque.

- Recomenda-se que o sistema de impermeabilização seja realizado por empresa especializada em serviços de impermeabilização a cada 2 anos, ou sempre que a espessura do sistema atual seja inferior à especificada pelo fabricante do produto.

■ Case – Reservatório de Efluentes

Obrigado!!!

Marcelo Lafayette

71 9 9676-3334

marcelo@jopolengenharia.com.br

www.jopolengenharia.com.br

Instagram: @jopolengenharia

