Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM RESERVATÓRIO DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE/RS

A. LEONEL TEMP
Docente
Unipampa
Rio Grande do Sul; Brasil
eng.aldotemp@gmail.com

G. ALVES SANTANA
Engenheira Civil
Unipampa
Rio Grande do Sul; Brasil
santana.gabe@gmail.com

S. DORNELLES VENQUIARUTO
Docente
Unipampa
Rio Grande do Sul; Brasil
sivenquiaruto@gmail.com

M. DE JESUS DIAS DE OLIVEIRA
Engenheiro Civil
Unipampa
Rio Grande do Sul; Brasil
marcelod.oliveira@gmail.com

A. IAN FERREIRA DUTRA
Graduando Engenharia Civil
Unipampa
Rio Grande do Sul; Brasil
aleiandutra@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo fazer um levantamento das manifestações patológicas incidentes em reservatório construído em concreto armado localizados na cidade de Alegrete – RS. Para a avaliação dos reservatórios foram realizadas visitas *in loco* para a identificação visual das manifestações patológicas, bem como efetuado levantamentos fotográficos. Além do uso de câmera fotográfica usual, foi utilizada a câmera de imagens termográficas. Avaliou-se um reservatório confeccionado em concreto armado do tipo semi-enterrado. Para este trabalho, foi adotado a técnica de termografia passiva, onde essa técnica utiliza de estímulo de energia solar. Pode-se concluir que as patologias mais recorrentes nesse tipo de estrutura são: fissuras (principalmente horizontais, verticais e mapeadas), manchas causadas por bolor e fungos, corrosão das armaduras e umidade na superfície.
Palavras-chave: Reservatórios, termografia, degradação.

ABSTRACT

This work aims to survey the pathological manifestations incident on a reservoir built in reinforced concrete located in the city of Alegrete - RS. For the evaluation of the reservoirs, on-site visits were carried out for the visual identification of pathological manifestations, as well as photographic surveys. In addition to the use of a usual camera, the thermographic imaging camera was used. A reservoir made of semi-buried type reinforced concrete was evaluated. For this work, the passive thermography technique was adopted, where this technique uses a solar energy stimulus. It can be concluded that the most recurrent pathologies in this type of structure are: fissures (mainly horizontal, vertical and mapped), mold and mildew stains, corrosion of the reinforcement and surface moisture.
Keywords: Reservaoirs, thermography, degradation.

1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios são unidades hidráulicas utilizadas para acumular ou conservar algum tipo de fluido. Esse tipo de construção pode reservar vários tipos de fluidos, como água (potável ou não), gases, derivados do petróleo (gasolina, óleos, etc), bebidas em geral, entre outros materiais (FERNANDES,não datado).

Existe uma gama de materiais que compõe esse tipo de estrutura, no mercado é comumente encontrado os fabricados em fibra de vidro ou aço. Os reservatórios feitos em fibra de vidro, principalmente, são utilizados para atender a uma demanda menor, como o de residências e pequenas empresas. Já os reservatórios de aço podem ser utilizados em indústrias que necessitem de grande quantidade de água armazenada.

Já para locais onde se precisam atender vazões maiores, as mais utilizadas são aquelas que podem ser construídas *in loco*, onde poderá satisfazer a demanda necessária, as dimensões e formatos necessários e são, geralmente, construídas em concreto armado ou argamassa armada. Por seu custo ou pela facilidade construtiva, os reservatórios confeccionados em concreto armado são os mais usados para reservar água potável, tanto no setor público, quanto no setor privado (KUEHN, 2002).

Quando os reservatórios de água potável são construídos em concreto armado, eles estão sujeitos as várias manifestações patológicas que afetam este tipo de estrutura. As causas dessas patologias são as mais diversas, especialmente por ser uma estrutura que está exposta a intempéries e por estar em contato constante com a água. Segundo Borges (2008), a água pode causar reações químicas com os materiais de constituição do reservatório, comprometendo a estrutura, podendo diminuir sua estanqueidade.

Sabendo que o concreto armado está sujeito a várias anomalias, um programa de manutenção periódica deveria ser realizado para a preservação dos reservatórios. Com uma manutenção preventiva sendo feita frequentemente, os problemas patológicos serão pouco recorrentes, fazendo com que a estrutura mantenha suas características por muito tempo.

Após o aparecimento das anomalias, o custo do reparo ou da recuperação poderá ultrapassar o valor da obra e, em casos mais graves, a estrutura deve ser demolida, pois sua funcionalidade estará comprometida, e com isso pode causar riscos a população do seu entorno.

Borges (2008) destaca que os cuidados necessários para com essas estruturas são de extrema necessidade e indispensáveis, pois atingem direta e indiretamente toda a sociedade que depende desse reservatório para atender as suas demandas diárias.

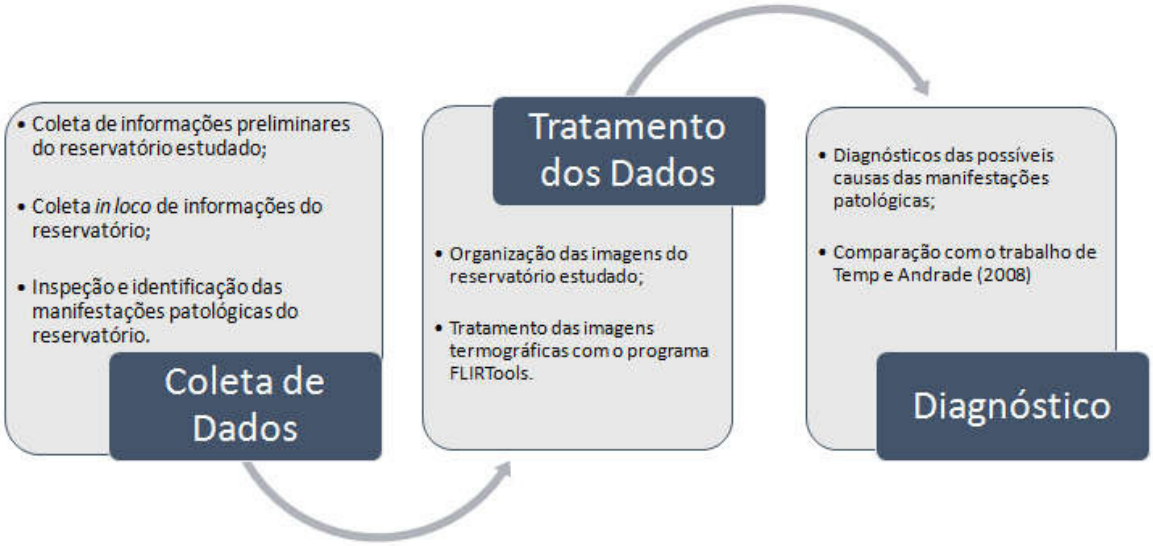
Diante desse contexto, esse trabalho tem por finalidade fazer uma investigação preliminar de um reservatório de concreto armado situado na cidade de Alegrete/RS, buscando a obtenção de dados através de registros fotográficos e dados obtidos pela empresa de abastecimento que trabalha na cidade. Sendo assim, a realização de estudos quanto as manifestações patológicas presente em reservatórios de concreto armado se faz necessário. Com o conhecimento adquirido a partir da análise das anomalias neste tipo estrutura, o presente trabalho poderá contribuir para que quando futuras intervenções sejam feitas, o profissional responsável por essa obra tenha conhecimento dos problemas presentes e, com isso, sanar os problemas que lá foram identificados.

2. METODOLOGIA

Para se avaliar as condições em que se encontram os reservatórios a serem analisados, foram realizadas visitas *in loco* para a identificação visual das manifestações patológicas, bem como serão feitos levantamentos fotográficos. Além do uso de câmera fotográfica usual, foi utilizada a câmera de imagens termográficas, disponibilizada pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

Esta metodologia será uma adaptação da metodologia utilizada por Antunes (2010), que realizou uma avaliação de fachadas na cidade de Brasília. A sequência utilizada fundamenta-se em três etapas distintas, mostradas na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de metodologia que será utilizada neste estudo



Fonte: Adaptado de Antunes (2010)

2.1 Coleta de dados

Para esta primeira etapa foi coletado o maior número possível de informações quanto aos reservatórios junto a empresa responsável pela distribuição de água. Essas primeiras informações ajudaram no conhecimento da estrutura como por exemplo a idade desta.

Após a coleta de dados junto à empresa, foram feitas visitas aos locais onde se encontram os reservatórios e, a partir daí, pode-se coletar as informações *in loco* da estrutura. Essa coleta foi realizada através de registro fotográfico, utilizando uma câmera convencional, para registrar as manifestações patológicas visíveis no reservatório.

Também se fez registros de imagens a partir de uma câmera de termografia infravermelha, para a melhor visualização de anomalias que são ocultas ao observador. As imagens coletadas serviram como ferramenta para facilitar na hora de classificar o tipo de patologia decorrente na estrutura.

Coletadas as informações, registros fotográficos, e, também com a ajuda da bibliografia disponível, pode-se fazer a identificação dos problemas patológicos.

2.2 Tratamento de dados

Nesta fase da metodologia, depois de concretizada a coleta de dados dos reservatórios estudados, as imagens foram organizadas de forma a ajudar no diagnóstico final do problema. Separaram-se as imagens por estrutura e por tipo de patologia.

2.3 Diagnóstico

A fase final das análises patológicas contará com os diagnósticos dos problemas encontrados, que segundo Lichtenstein (1986), o diagnóstico tem como objetivo entender os porquês e como acontecem as anomalias, a partir dos dados conhecidos.

A partir da interpretação das imagens obtidas pelos dois métodos utilizados (convencionais e termográficas), foram descritas as possíveis causas e origens das manifestações patológicas de cada um dos reservatórios analisados.
Após isso, será realizada uma analogia entre as manifestações patológicas encontradas nos reservatórios, para demonstrar quais tipos de problemas são mais recorrentes nas estruturas analisadas.

2.4 Descrição do equipamento

A câmera termográfica utilizada para as análises foi da marca FLIR T400. A faixa de temperatura que a câmera trabalha é de -20 a 150 °C, com precisão de ±2°C ou ±2% de leitura. Antes de se extrair as imagens é necessário inserir o valor de emissividade do material (no caso o valor de emissividade do concreto). O Quadro 1 mostra os valores de emissividade para cada tipo de material, no caso deste trabalho foi utilizado o valor de 0,95 para o concreto.

Quadro 1 – Valores de emissividade para o concreto

Material	Especificação	Temperatura (°C)	Emissividade
Concreto	-	20	0,92
Concreto	Seco	36	0,95
Concreto	Áspero	17	0,97
Concreto	Passeio	5	0,974

Fonte: Adaptado de FLIR [2] (2007, pg. 231)

Nessa câmera pode-se escolher a escala de cores das imagens, além de tirar fotografias convencionais sem tratamento ao mesmo tempo em que as termográficas. As imagens foram tratadas no programa FLIR Tools, próprio da câmera termográfica.

2.5 Dados coletados

O município de Alegrete possui um total de dezoito reservatórios sob a responsabilidade da companhia local de saneamento, os mesmos estão distribuídos tanto na parte urbana quanto na parte rural do município. Destes reservatórios, dois estão desativados e um ainda não está operando. Para este trabalho, foi analisado um reservatório do tipo semienterrado localizado na ETA (estação de tratamento de água). A estrutura foi construída em 1996, portanto possuí 22 anos de utilização.

Quanto ao histórico de construção e manutenção, métodos construtivos entre outros dados, não foram disponibilizados pela companhia de abastecimento para que se pudesse fazer uma melhor análise da estrutura.

3. RESULTADOS

Nessa fase do trabalho, serão apresentados os resultados encontrados para o reservatório estudado, e as imagens que foram capturadas para esse trabalho. A critério de simplificação na nomenclatura este reservatório terá um sigla de R01.

3.1 Dados coletados

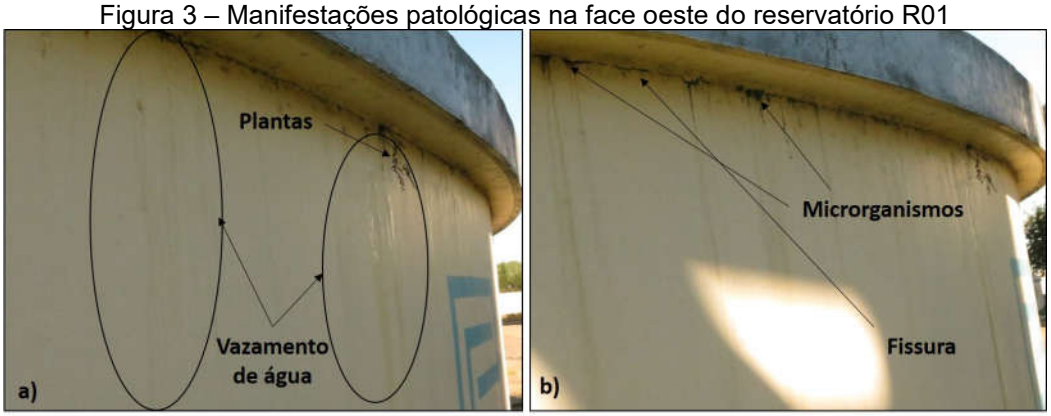
O reservatório R01 localiza-se na própria Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Alegrete, ele é caracterizado como um reservatório semienterrado e possui um volume de 2000 m³.As imagens foram capturadas em um dia claro, com poucas nuvens, com temperatura média de 21°C e umidade relativa do ar em torno de 64%. A Figura 2 mostra uma vista geral da estrutura do reservatório R01.

Figura 2 - Reservatório R01



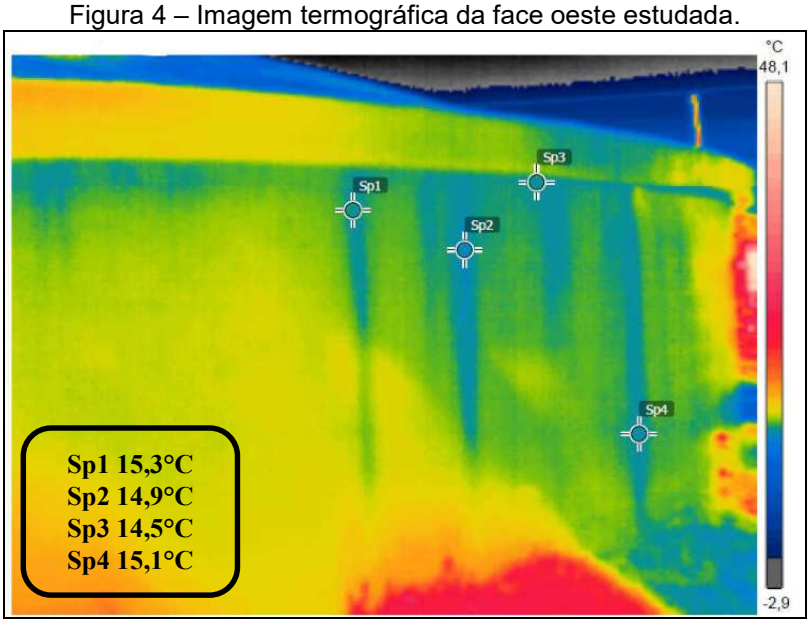
Para este trabalho, fez-se uma divisão da estrutura em três faces estudadas. Foram numerados como face oeste, face norte e face sudeste. Como é visto na Figura 2, já pode-se ver que a anomalia mais visível na estrutura são as manchas escuras na tampa da estrutura. Na Figura 3 visualizam-se as imagens executados com a câmera convencional, para a primeira análise visual da face oeste.

Figura 3 – Manifestações patológicas na face oeste do reservatório R01



Na Figura 3 são mostradas as manifestações patológicas mais evidentes da face oeste do reservatório. É notável a existência de uma fissura logo abaixo do prolongamento da laje (que serve para o fechamento da estrutura, e esta contorna a estrutura). Outra coisa que fica bem evidenciada é que dessa fissura há um vazamento de água, e isso é visto em todo o entorno da estrutura. Na Figura 4 observa-se a imagem termográfica dessa primeira face do reservatório R01.

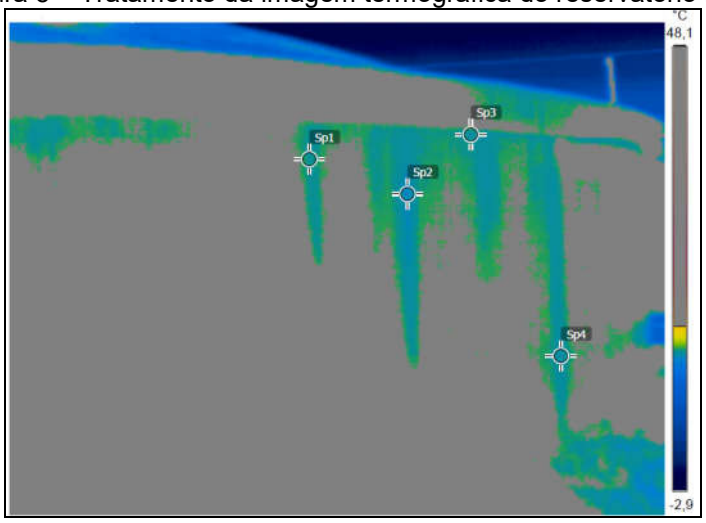
Figura 4 – Imagem termográfica da face oeste estudada.



A escala de cores, mostrada no canto direito da Figura 4, é um gradiente de cores criada pela própria câmera que associa as cores à temperatura emitida pelo objeto. A escala vai da menor temperatura registrada (cores geladas, na base da escala) às maiores temperaturas (mostradas nas cores quentes, chegando ao branco) que a câmera capturou. E ainda na Figura 4, são marcados alguns pontos, mostrados com nomenclatura de Sp1 a Sp4.Essa face do reservatório R01 se encontra numa temperatura próxima aos 18°C. Já os pontos demarcados encontram-se numa temperatura menor, pois são os pontos onde a água que vaza do reservatório escorre pela superfície da estrutura.

Realizando um tratamento da imagem inserindo um limite de temperatura de 16ºC, onde só aparecerão as temperaturas abaixo desse limite, e pode-se retirar outras informações, que são mostradas na Figura 5.

Figura 5 – Tratamento da imagem termográfica do reservatório R01



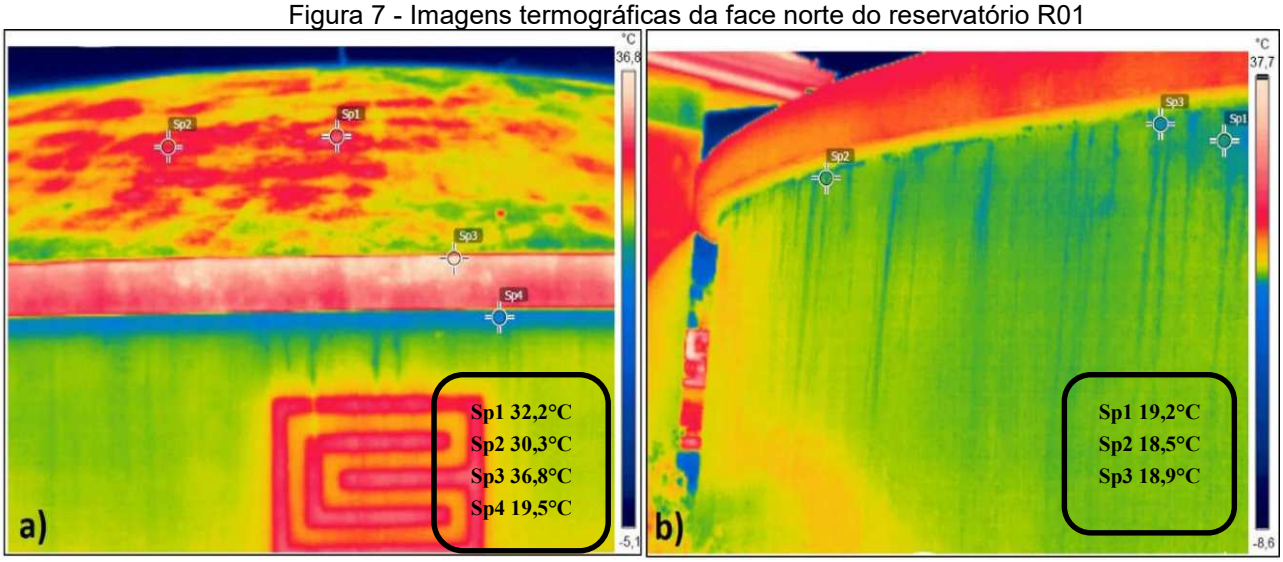
Quando se limita a temperatura, apenas as menores temperaturas ficam coloridas, e com isso, pode-se visualizar melhor os locais onde se encontram uma maior concentração de umidade, principalmente vistos abaixo da laje de cobertura. Já na Figura 6, será mostrado outro ângulo do reservatório R01 que está com a face norte.

Figura 6 - Manifestações patológicas na face norte do reservatório R01



Nessa face, apresentada na Figura 6(a), pode ser observado os mesmos problemas patológicos da face oeste, também problemas de vazamentos ainda estão bem presentes, como mostrada na imagem mais aproximada da Figura 6(b). Na Figura 7, são mostradas as imagens termográficas dessa face, para uma melhor análise dos problemas encontrados.

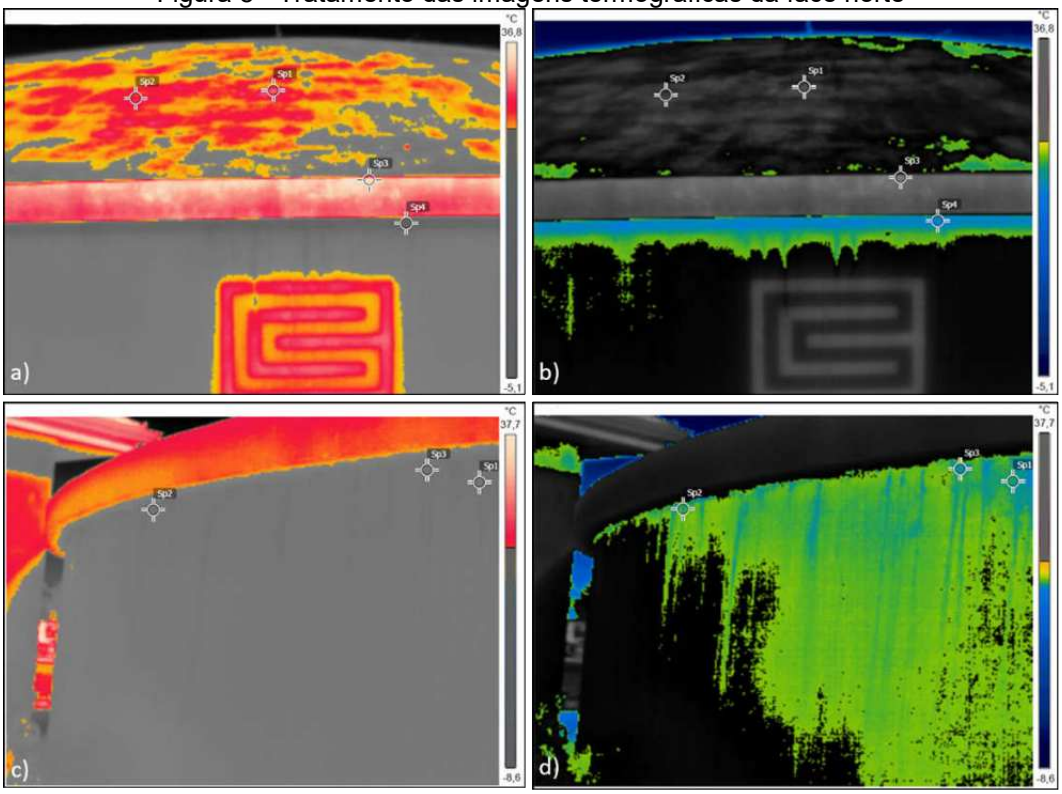
Figura 7 - Imagens termográficas da face norte do reservatório R01



Já nas imagens termográficas da face norte (Figura 7), se comparada com a Figura 4, a superfície é muito mais quente (com temperatura na faixa dos 26°C), pois essa face tem incidência direta dos raios solares, já na face anterior, havia sombra do reservatório R02. Na Figura 7(a), é visível que na tampa encontra-se a pontos mais quentes que na câmara de água. Mas o ponto mais quente encontra-se no prolongamento da tampa (Sp3) com temperatura de 36,8°C, é possível que haja alguma anomalia nesse local, e alguns pontos manchados.

E tanto na Figura 7(a) e Figura 7(b), os pontos de menor temperatura (temperatura média de 19°C) são os locais onde a água do reservatório escorre, juntamente com a fissura. Usando um tratamento diferente foram feitas as imagens da Figura 8.

Figura 8 - Tratamento das imagens termográficas da face norte



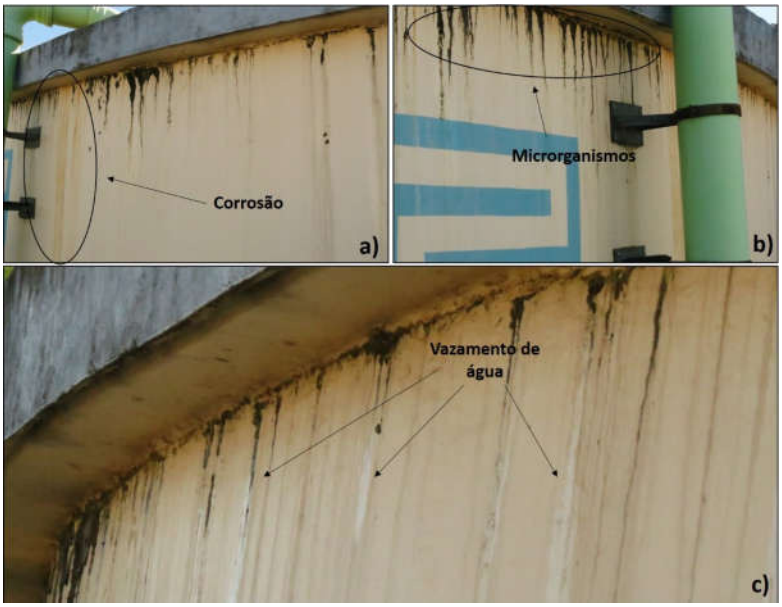
Com as imagens da Figura 8, podem-se utilizar dois tipos de tratamento, onde nas Figuras 8(b) e 8(d) limitou-se a temperaturas inferiores a 24°C e 20°C, respectivamente, para a melhor visualização dos locais mais úmidos (com menor temperatura). Na Figura 8(a) e Figura 8(c), limitou-se a temperaturas superiores a 26ºC e 22ºC, respectivamente, mostrando os locais onde a uma maior concentração de calor. Na Figura 9 é visto outra face estudada (face sudeste) do reservatório R01.

Figura 9 – Face sudeste do reservatório R01



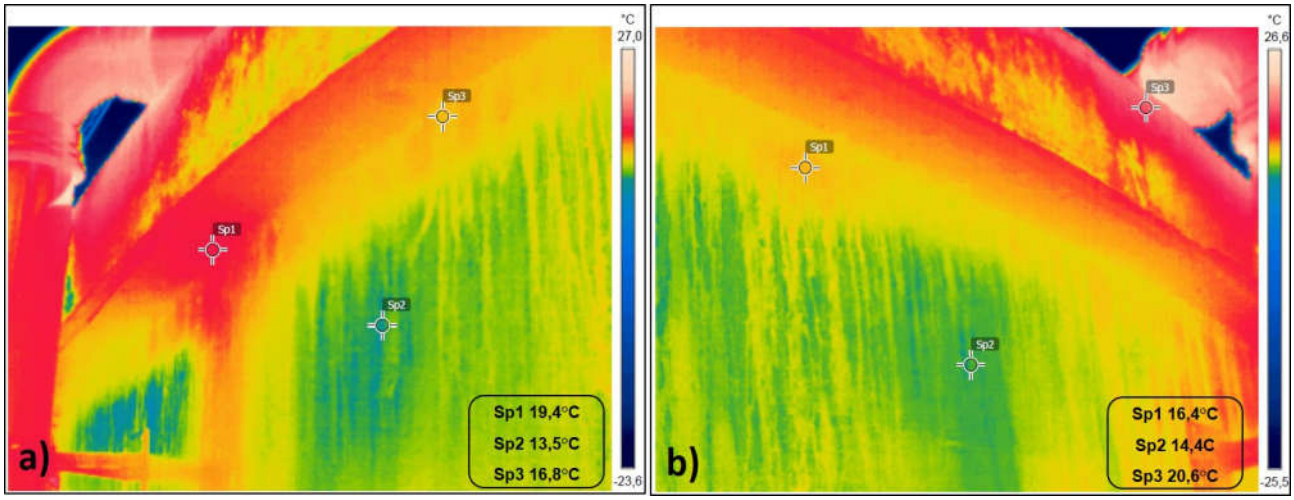
Para uma melhor análise, fizeram-se algumas imagens mais aproximadas das manifestações patológicas encontradas nesse lado do reservatório, que são mostradas na Figura 10.

Figura 10 – Manifestações patológicas do reservatório R01



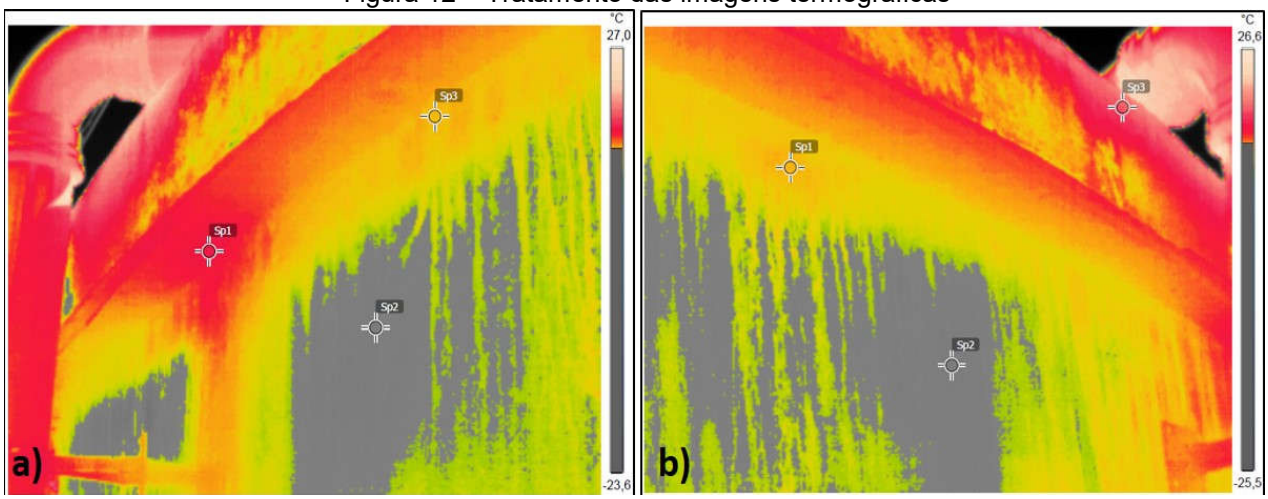
Nas imagens acima (Figura 10), notamos basicamente os mesmos tipos de patologias vistos anteriormente, como é o caso da fissura, o diferencial é uma quantia maior de microrganismos na parte inferior da viga e manchas que provavelmente sejam de corrosão das armaduras. A imagem termográfica dessa face está apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Imagem termográfica do reservatório R01



Se compararmos a Figura 11(a) com a Figura 11(b) nota-se que o ponto Sp1 é onde se observa uma mancha que pode ser de corrosão, e que esse local é onde marca a maior temperatura na parte da câmara de água. E diferente do visto nas outras imagens analisadas, onde há acúmulo de microrganismos, também a temperatura é maior que da superfície (que está em torno de 14°C). Já nos locais onde estão os microrganismos se encontram numa temperatura de ±16°C (Figura 11). Para uma melhor visualização das temperaturas, impuseram-se alguns limites na temperatura das imagens. As imagens geradas pelo programa são mostradas na Figura 12.

Figura 12 – Tratamento das imagens termográficas



Como mostra a Figura 12, se limitarmos a temperaturas acima de 15°C, os locais onde há acumulação de microrganismos ficará mais evidente, principalmente onde estão as manchas, no ponto Sp1 da Figura 11(a). Depois de realizadas as análises iniciais das imagens, e, também utilizando a bibliografia já citada neste trabalho, pode-se chegar aos seguintes diagnósticos.

- ***Umidade:*** a umidade é uma manifestação patológica que não é, muitas vezes, vista a olho nu, mas com o auxílio da câmera termográfica esse tipo de manifestação fica mais fácil de ser visualizada. A presença de água na estrutura pode alterar a condutividade térmica (capacidade de condução de calor) e a massa térmica (capacidade de armazenar calor) do material (FLIR, 2010). Nas Figuras 4 e 7 é observado que em algumas partes na câmara de água há locais com temperatura mais baixas que a temperatura média da câmara de água, que na escala de cores apresenta tons de azul. Castro *et al*. (2016) fala que essa redução da temperatura é motivado pela alta condutividade térmica da água, que dissipa o calor da estrutura e reforça o processo de arrefecimento. Nesses locais são é visualizado que a temperatura é menor onde a água percola, pois é possível ver as impressões deixadas pela água;
- ***Manchas:*** Segundo Pereira (2010) esse é o tipo de patologia tem causas muito semelhantes a outros tipos de estruturas de concreto armado. As manchas que aparecem no reservatório são observadas principalmente na parte superior da estrutura (tampa). Esse tipo de patologia é bastante recorrente, pois esse tipo de estrutura tem uma grande exposição às intempéries. Essas manchas são indício de um problema com o bolor e mofo, que como descreve Shirakawa et al. (1995), para o aparecimento de bolor numa superfície, deve-se ter umidade suficiente para que os esporos dos fungos que ali existem possam geminar e temperatura. A umidade que permanece na superfície, em geral, está presente em fissuras, na má regularização da superfície (causando o acúmulo de água), entre outras causas;
- ***Fissuras:*** existe uma fissura que é encontrada no entorno do reservatório, abaixo do prolongamento da tampa que liga a tampa a câmara de água, e pode ser considerada como uma fissura por movimentação térmica possivelmente causada pela diferença de temperatura entre a câmara de água e a tampa. Segundo Thomaz (2002), as variações de temperatura (sazonais e diárias) repercutem em toda a estrutura, causando movimentação de dilatação e/ou contração entre os elementos da estrutura. A diferença de temperatura entre a parte interna e externa também pode contribuir na ocorrência de fissuras térmicas. Não foi visualizada outros tipos de fissuras, sendo esse a única mais evidente;
- ***Corrosão:*** Na Figura 10(a), logo abaixo da viga, pode-se notar uma grande mancha de corrosão das armaduras. A provável causa é pela entrada de água por poros ou pela fissura do entorno do reservatório, essa água percolou até chegar às armaduras. Souza e Ripper (1998) dizem que onde há ferrugem, há uma diminuição da capacidade resistente da armadura, pois a área de aço perde

seção, saindo à ferrugem. Por ser uma mancha considerada grande, é provável que a armadura dessa área esteja com sua resistência comprometida, podendo causar problemas graves no futuro;

- ***Microrganismos:*** na Figura 10 pode-se ver que existe um acúmulo de microrganismos, e que nessa região, a temperatura é maior que a da superfície da câmara de água (Figura 11). Isso é causada pela grande quantidade de água que ali permanece, e com a temperatura certa, o local fica propício para o aparecimento desses organismos;
- ***Vegetação:*** já na Figura 3 pode-se ver que na fissura floresceu algum tipo de planta, e em outras regiões do reservatório R01. As raízes de plantas penetram na estrutura através de falhas, ou como nesse caso, pela fissura.

Realizadas as análises desse reservatório, pode-se fazer um comparativo com o trabalho realizado por Temp e Andrade (2008), onde esses autores fizeram um trabalho com o intuito de levantar as manifestações patológicas dos reservatórios da cidade de Alegrete. As imagens foram feitas no ano de 2008.Comparando as imagens feitas para esse trabalho, com o trabalho realizado em 2008, fez-se a Figura 13.

Figura 13 - Antes e depois do reservatório R01- (a) Acervo do Autor 2017 e (b) Temp e Andrade (2008)



Com a Figura 13, pode-se ver que a estrutura passou por uma pintura e que em 2008 a sua tampa não apresentava tantas manchas e fissuras como nos dias atuais. Outra coisa que se pode destacar é que, como visto no trabalho de Temp e Andrade (2008), não havia tanta evidencia de fungos/microrganismos na estrutura. Isso pode significar que a abertura da fissura deu-se no período entre 2008 e 2017.

4. CONCLUSÕES

Quando se faz análises apenas visuais dos reservatórios é possível ver uma gama de manifestações patológicas nesse tipo de estrutura. Mas muitas vezes apenas é visto o problema superficialmente, não sendo possível descrever a gravidade desse problema. Diante disso a técnica de termografia torna-se eficaz para a identificação de anomalias e incidência de umidades na estrutura.

Dos problemas patológicos vistos, as fissuras são as que mais apareceram nos reservatórios, principalmente as horizontais e verticais. Como visto anteriormente, as fissuras horizontais geralmente se dão pelo fato desse tipo de estrutura passar por grandes variações de temperatura, e esse acréscimo de temperatura acaba dilatando os materiais, abrindo assim as fissuras.

Através das confrontações da investigação realizada Temp e Andrade (2008), foram possíveis saber se houve algum tipo de intervenção nos reservatórios, também conclui-se que houve evolução com relação as patologias principalmente no que diz respeito a propagação de fissuras.

5. REFERÊNCIAS

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos.** 199f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Goiás, 2010.

BORGES, M. G. **Manifestações patológicas incidentes em reservatórios de água elevados executados em concreto armado.** 111f. Monografia. Universidade Federal de Feira de Santana. Feira de Santana, Bahia, 2008.

CASTRO, J. L. S., FINKLER, A., MILKE, T. F. **Uso da temografia em manutenção preditiva de redes de distribuição.** In: SALÃO DO CONHECIMENTO – UNIJUI, Ijuí, 2016. Anais.

FERNANDES, C. **Reservatórios de água:** capítulo IX. Notas de aula. UFCG. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Reserv01.html>. Acesso em 08 de março de 2017.

FLIR [1]. **Manual do utilizador**. Novembro de 2010. Disponível em: < https://www.eletropecas.com/_uploads/ProdutoDownload/produto_6419.pdf>. Acesso em 10 de maio de 2017.

FLIR [2]. **Reference manual**. Agosto de 2007. Disponível em: < https://www.instrumart.com/assets/thermacam_manual.pdf>. Acesso em 01 de junho de 2017.

KUEHN, A. **Comparação entre métodos de análise estrutural pra reservatórios retangulares de concreto armado**. 221f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2002.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologias das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, BT 06/86, 1986.

PEREIRA, E. **Patologias em reservatórios de água potável**. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2010.

SHIRAKAWA, Márcia Aiko et al. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente.** In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995. **Anais**. P.402-10.

TEMP, A. L., ANDRADE, E. NETO, A. B. S. S., LIMA, R. C. A. **Levantamento de patologias em reservatórios de concreto armado na região oeste do Rio Grande do Su**l. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO – IBRACON, Salvador, 2008. **Anais**. P. 10.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1ª Ed., São Paulo: PINI, 2002.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.