INSPEÇÃO DE TÚNEIS ADUTORES ATRAVÉS DE TECNOLOGIA ROBÓTICA ROV (VEICULO SUBAQUÁTICO OPERADO REMOTAMENTE)

Fabio Iannotta, Hibbard Inshore Brasil

Resumo: A manutenção preventiva de obras hidráulicas tais como Túneis adutores de Centrais Hidrelétricas apresentam desafios importantes para os Operadores. As boas normas recomendam a Inspeção desses Túneis adutores a cada 10 anos, porem a atual metodologia de Inspeção que prevê o esvaziamento da obra, não assegura altos padrões de confiança em: segurança da obra, qualidade da Inspeção e prejuízo econômico devido ao tempo de parada.

Palavras chave: Túnel adutor, Esvaziamento Túnel, Inspeção, Rocktrap, ROV

TUNNEL INSPECTION USING A ROV - REMOTED OPERATED VEHICLE

Fabio Iannotta, Hibbard Inshore Brasil

Abstract: Preventive maintenance of underwater structures, such as tunnels, for hydropower companies presents important challenges for operators. Standards recommend the inspection of these tunnels at least every 10 years. However, the current inspection methodology of dewatering the tunnel has some notable downsides in regard to work safety, types of inspection data recorded and economic loss due to downtime.

Key words: Tunnel, Inspection, Dewatering, Rocktrap, ROV

1 INTRODUÇÃO

Os Túneis adutores são responsáveis pelo aproveitamento hídrico das Centrais Hidrelétricas e são consideradas obras essenciais para a Geração Hidrelétrica. Assim como os Túneis adutores, também os Túneis de restituição, Túneis de desvio, Túneis de transposição etc., são obras hidráulicas que apresentam desafios de operação e manutenção importantes para os Operadores do setor.

Segundo as boas normas de Operação e Manutenção, um Túnel de adução deveria ser inspecionado a cada 10 anos de atividade pois a vazão da água pode causar erosões, acumulações de materiais, enchimento precoce de rock trap, etc.

Atualmente não existe uma padronização em inspeções de Túneis de transporte de água; alguns operadores esvaziam a obra para efetuar a Inspeção através de uma "*caminhada por dentro do Túnel*" e outros operadores simplesmente não executam a nenhum tipo de Inspeção.

O esvaziamento do Túnel apresenta várias tipologias de riscos e problemas, entre quais: a falta da pressão hidrostática devida ao esvaziamento do Túnel, pode, em regiões ou trechos geologicamente menos estáveis causar desplacamentos de rochas / concreto ou pode ainda causar colapsos.

Além disso o Túnel (mas também um conduto forçado) esvaziado, pode ser sobrecarregado da pressão externa do lençol freático causando empenamento das chapas metálica em caso de condutos forçados ou colapsos / desplacamentos em caso de Túneis escavados em rochas ou revestidos em concreto.

Um eventual colapso de Túnel comportaria com certeza a parada da Hidrelétrica para tempo indefinido trazendo um prejuízo enorme para o Operador.

Uma Inspeção tipo "caminhada por dentro do Túnel" não proporciona adequada qualidade no recolhimento de dados e informações do estado em que se encontra a obra. Leva também um altíssimo risco de segurança do trabalho para o pessoal proposto a tal Inspeção.

O esvaziamento de um Túnel de pequeno poste (1 km), entre as tarefas de esvaziamento, Inspeção e enchimento leva pelo menos uma semana, tempo em que a hidrelétrica não gera receita.

Uma alternativa valiosa para as inspeções de Túneis de adução é a técnica desenvolvida pela Hibbard Inshore Brasil, empresa com mais de 34 anos de experiencia em utilização de ROV em ambientes Inshore (dentro da costa). A técnica consiste em inspecionar o Túnel através de um ROV (Veiculo Subaquático Operado Remotamente) com vários sensores acoplados a fim de levantar dados e informações confiáveis sobre o estado em que se encontra a obra.

Através dessa técnica não é necessário esvaziar a obra, pois o ROV é uma máquina subaquática equipada, de um cabo umbilical (tether) que pode ter comprimento de mais de 10 quilômetros no qual são transmitidos em tempo real os comandos de navegação (da central de controle até o ROV) e as informações dos sensores acoplados (do ROV até Central de Controle) tais como: Câmeras filmadoras, Sonares de Imagem, Sonares Perfiladores, Sonares de modelagem 3D, Sensores eletromagnético para procura e mapeamento de percolações de agua, etc.

O tempo de parada das maquinas (nas maioria dos casos é necessário parar as turbinas durante a Inspeção) são compatíveis com as normais operações de manutenção pois o tempo de Inspeção não ultrapassa as 10-12 horas (dependendo basicamente do tipo de ROV a ser utilizado e do comprimento do Túnel).

2 MATERIAIS E METODO

2.1 Os ROVs

No mercado existem várias tipologias de ROV que são divididos principalmente em 3 diferentes Classes: Classe I são ROV de Observação, Classe II são ROV de Observação com possibilidade de integrar ferramentas adicionais e Classe III veículo apto a trabalhos subaquáticos pesados. Excluindo os ROV de Classe III, nesse trabalho apresentamos, de forma geral, as principais diferencia conceituais dos ROVs de Classe I e de Classe II

Tabela 1: tabela de comparação ROVs

Tarefa	ROV Classe I	ROV Classe II
Resistência alta pressão > 300MH2O	Não	Sim
Resistência a correnteza real (não teórica)	Até1knos	Até3knos
Desenvolvimento linear	Até 300 metros	Até 2 Km
Umbilical multicanal	Não	Sim

Possibilidade de integração sensores adicionais	Não	Até 6 Kg (in water)
Possibilidade de acoplamento manipulador	Sim 1 função	Sim 5 funções
Possibilidade de trabalhos leves	Não	Sim

Tabela 2: tabela ilustrativa ROV

Analisando a tabela número 1 fica claro que as maquinas mais adequada para desenvolver tarefas de Inspeção em Túneis são os ROV de classe II, pois os ROV de classe I não possuem padrões de segurança apto a inspecionarem um ativo tão complexo como um Túnel de adução de uma Central Hidrelétrica.

Destacamos que não todos os ROVs de Classe II são aptos a tarefa de Inspeção, porém, existem vários ROV de Classe II que já desenvolveram tarefas de Inspeção de Túneis: abaixo listamos alguns modelos de ROV que já foram utilizados com sucesso para a execução de inspeções de Túneis:

- ROV Mojave;

- ROV vLBV950;

- ROV Sabertooth

- ROV Falcon

2.2 Os sensores

Existe uma grande tipologia de equipamento e sensores subaquáticos que podem ser integrados aos ROV a fim de levantar uma grande quantidade de dados e informações, listamos abaixo as principais tipologias:

- O equipamento mais comum é sem dúvida a câmera filmadora: essas câmeras podem ter resolução em Full HD, podem ser aptas a filmar em baixa luminosidade e são sempre acopladas a lanternas de LED.
- Sonar de Imagem: Tratasse de um equipamento científico que permite, através de ultrassom, criar uma imagem em cores falsas da área monitorada. Existem Sonares de Imagem de vários alcances e abertura angular. Os sistemas mais complexos permitem a integração de varias unidade de Sonares sem a interferência do retorno do sinal ultrassónico.
- Sonares Perfiladores: São Sonares que emitem um único feixe ultrassónico num raio de 360°. Esses sonares são utilizados principalmente para duas razões: navegação e levantamento de secções transversais da região monitorada.
- Sonares 3D: São Sonares multifeixe que acoplados a plataformas inerciais conseguem executar, com altíssima precisão, nuvens de pontos e sequencialmente modelos 3D.
- Sistema Eletromagnético de *Leak Detection*: Tratasse de um sistema eletromagnético para detecção de infiltrações e percolações em Túneis e/ou espaços confinados subaquáticos. Esse sistema funciona através de eletrodos alimentados com uma corrente específica e detecta através de magnetômetros as alterações do campo eletromagnético.

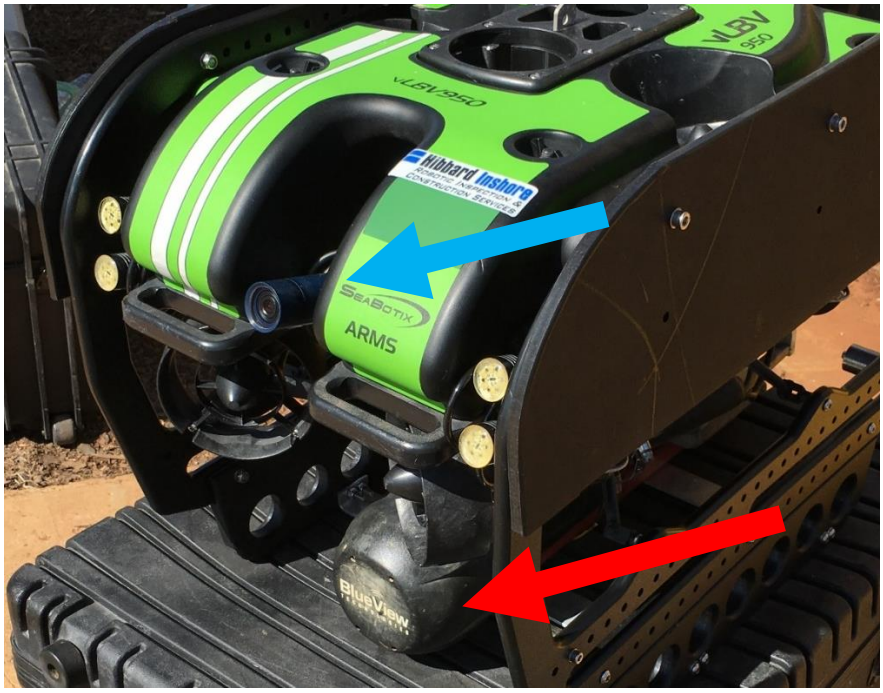

Figura 1: ROV - Indicador azul: Vídeo Filmadora e indicador vermelho Sonar de Imagem

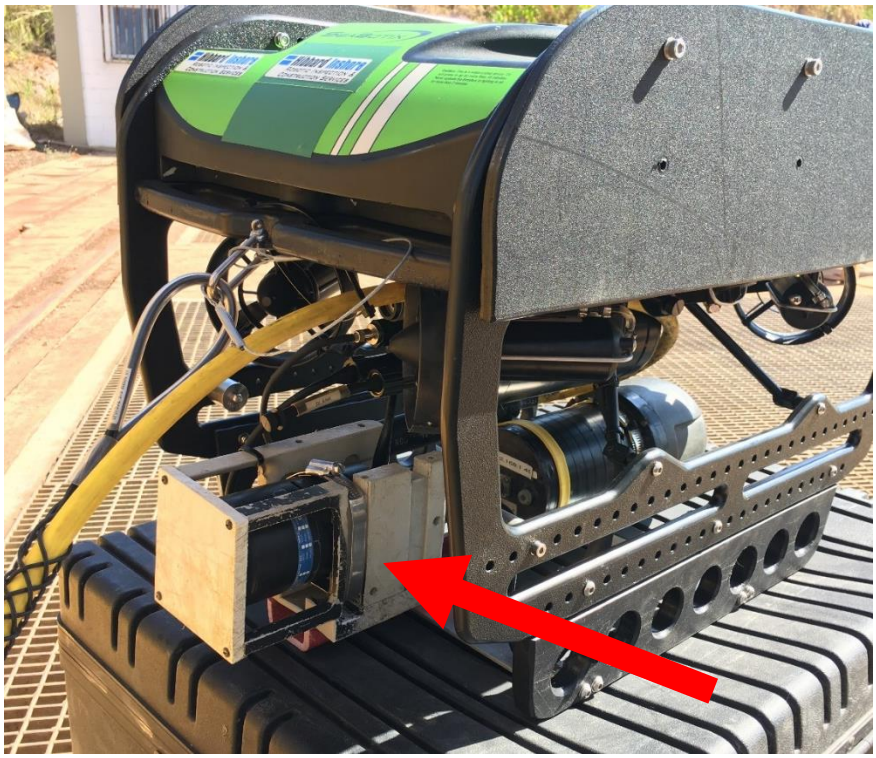

Figura 2: ROV - Indicador vermelho: Sonar Perfilador

2.4 Metodologia de Inspeção de Túnel de adução

Nas maiorias dos casos uma Inspeção em um Túnel de adução vem executada com as maquinas parada, pois a grande maioria dos ROV não pode suportar a vazão de qualquer Túnel e, uma eventual quebra do cordão umbilical arrastaria o ROV até a turbina gerando um enorme dano em termos de substituição da turbina e de parada da Hidrelétrica.

Em um circuito hidráulico padrão o ROV pode inspecionar todas as partes que o compõe: grades, tomada d´agua, câmera de carga, Túnel, rock trap, chaminé de equilíbrio e conduto forçado. Normalmente o ROV pode ser lançado e recuperado através da tomada d´agua com grades levantadas ou traves das janelas das comportas. Em outros casos o ROV pode ser lançado e recuperado através da chaminé de equilíbrio ou da câmera de carga caso for a céu aberto ou em galeria.

Uma vez que o ROV for lançado e todos os sensores ajustado é possível iniciar a Inspeção. Com absoluta certeza a parte do Túnel mais importante a ser inspecionada é o piso, pois eventuais rochas caídas, desplacamentos e acumulações de materiais, devido a força de

gravidade ficam depositadas no piso. Abobada e paredes também são partes importantes a serem inspecionadas a fim de localizar o local e estudar as causas um eventual desplacamento ou outra ocorrência.

Outra parte muito importante a ser inspecionada é o Rocktrap: todos os materiais abaixo de um certo peso, incluindo rochas, assoreamento etc. vem transportado através da vazão da água até o Rocktrap. No Rocktrap é muito importante mapear e quantificar o material presente nele a fim de observar e verificar um eventual enchimento precoce.

Em fim fica também muito importante inspecionar as regiões de transição do conduto forçado: “rocha – concreto” e “concreto” – “aço. Essas regiões são indicadores da “saúde” dos condutos forçados.

Conforme primeiro paragrafo desse capitulo, existe no mercado um ROV que pode inspecionar um Túnel com fluxo positivo de água. Essa operação não é indicada para Centrais Hidrelétricas pois os tempos de Inspeção são compatíveis com as normais operações de manutenção. A técnica de Inspeção com fluxo positivo pode ser aplicada por exemplo em Túneis que conectam ETA (Estações de Tratamento de Água), em circuitos hidráulicos de Centrais Nucleares e outras infraestrutura que não pode sofrer paradas.

Figura 3: ROV entrando num Túnel através da tomada d´agua

Figura 4: Central de controle ROV

3 RESULTADOS

O resultado de uma Inspeção em Túnel é, na maioria dos casos, dividido em três e sessões conforme listado:

1. Sessão Real Time: Os dados dos Sonares e das Câmeras de vídeo são visíveis em tempo real. Isso permite ao corpo técnico do Operador, de conhecer de forma básica o estado em que se encontra a obra hidráulica inspecionada.
2. Relatório de Inspeção e Diagnostico: Tratasse de um relatório onde são listadas todas as anomalias encontradas e todas as secções transversais levantada. Faz parte desse relatório também comentários sobre o estado em que se encontra a obra inspecionada e eventuais futuras ações a serem tomadas.
3. Software de consulta: Tratasse de um Software que integra e sincroniza todos os dados e as informações levantadas durante a Inspeção. Esse Software permite por exemplo de assistir novamente toda a Inspeção, de analisar uma determinada anomalia ou região da obra inspecionada.

Nos parágrafos abaixo expomos os resultados individuais de cada sensor útil a execução de uma Inspeção e que pode ser acoplado ao ROV. Cada resultado precisa ser trabalhado (pôs-elaboração) e integrado ao relatório de Inspeção final.

3.1 Resultado do Sonar de Imagem

O Sonar de Imagem é a primeira ferramenta para observar acumulações de materiais, colapsos, desplacamentos e outras anomalias a serem investigadas posteriormente através a utilização de outras técnicas: O Sonar de Imagem trabalha normalmente com um alcance de algumas dezenas de metros e permite observar com antecedência as anomalias. É sempre aconselhável sincronizar o Sonar de Imagem ao Sonar Perfilador a fim de poder medir as eventuais acumulações encontradas ao longo do Túnel inspecionado. Esses Sonares funcionam em águas turvas e escuras.

O Sonar de Imagem retorna o resultado em forma de vídeo e de imagem estáticas de fácil integração ao relatório de Inspeção.

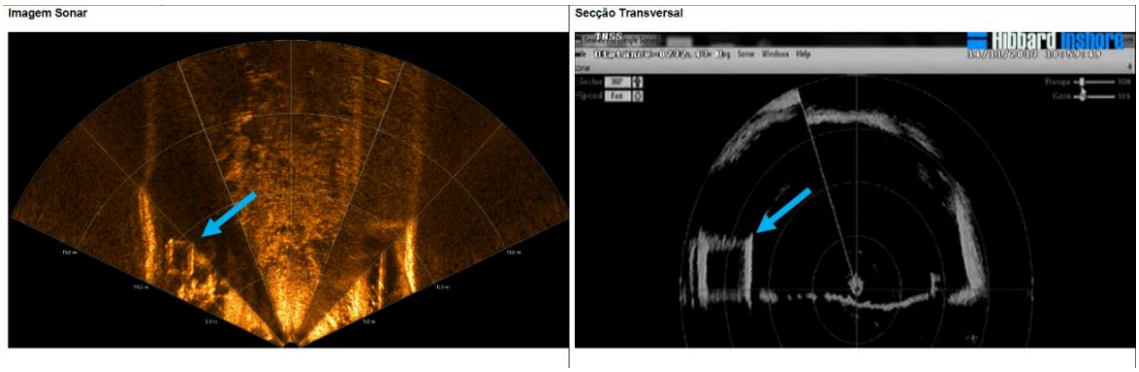

Figura 5: a esquerda sonar de Imagem filmando umas caixas no interior do Túnel - A direita: Sonar perfilador sincronizado medindo o perfil das caixas

3.2 Resultado do Sonar Perfilador

O Sonar Perfilador retorna medições: dependentemente da tipologia de instalação, ele pode ser utilizado para medir assoreamento secções transversais de Túneis, secções transversais de tomadas de água, Rocktrap, etc.

O Sonar Perfilador retorna as medidas em duas formas diferentes: Através de uma informação alfanumérica e/ ou através de uma imagem/ vídeo. Os Dados do Sonar Perfilador são facilmente integráveis e devem estar presente no relatório final.

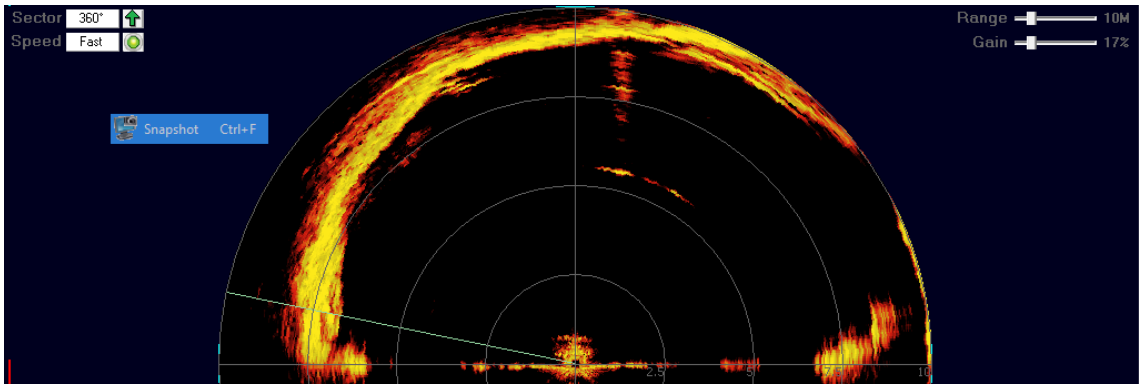

Figura 6: Secção transversal de Túnel

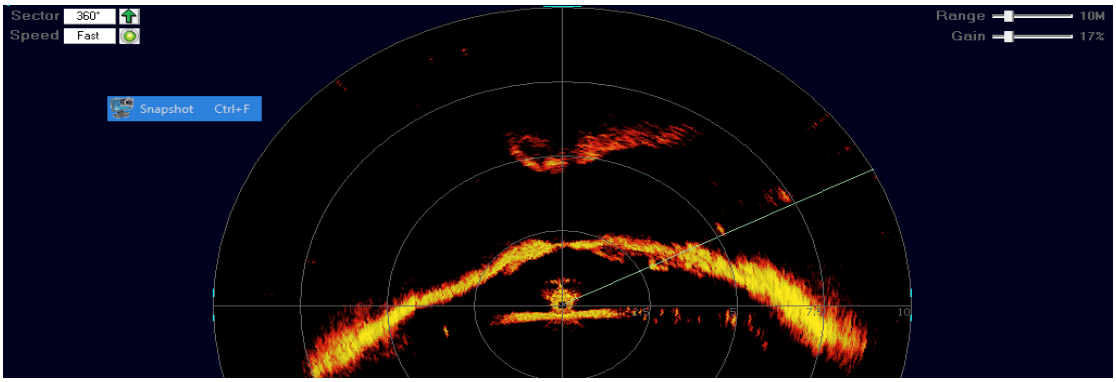

Figura 7: Secção transversal de Túnel colapsado

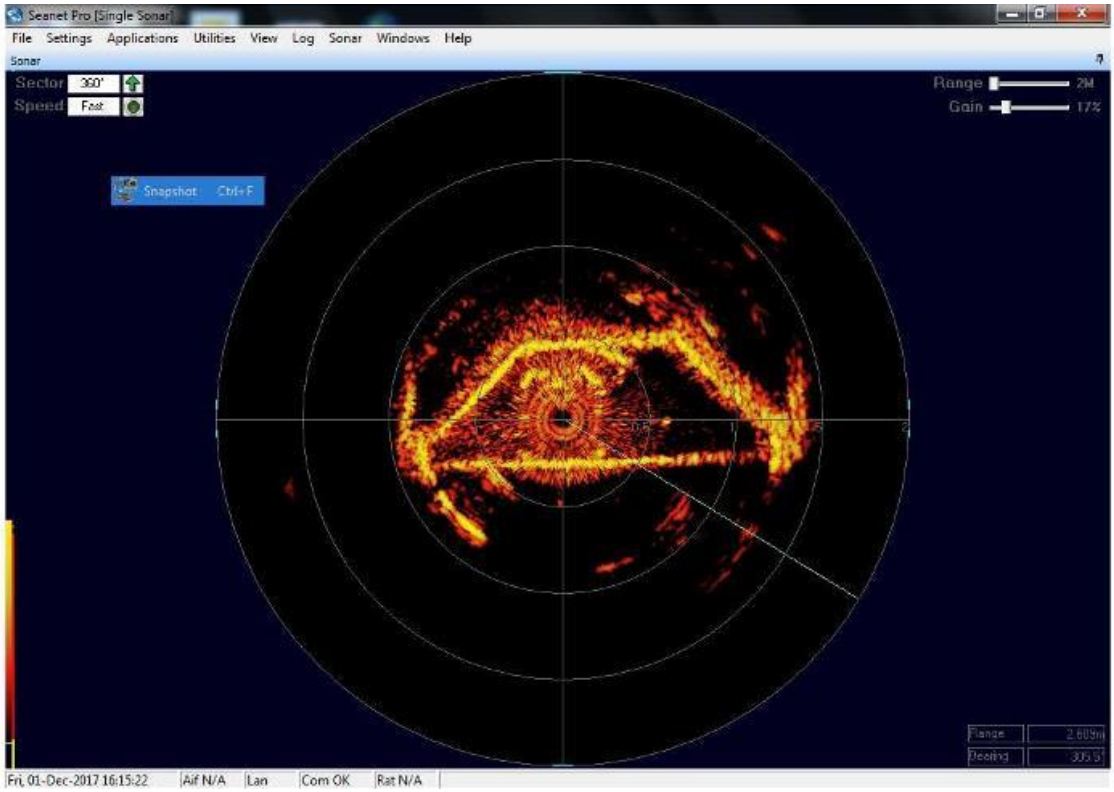

Figura 8: Secção transversal de Túnel assoreado

3.3 Resultado da filmadora vídeo

A vídeo filmadora retorna imagem e vídeo que são utilizadas principalmente para investigações pontuais de uma certa anomalia.

Figura 9: Filmadora observando desplacamento no interior do Túnel

Figura 10: : Filmadora observando desplacamento no interior do Túnel

3.4 Resultado do Sonar 3D

O Sonar 3D não pode ser instalado em qualquer ROV, ele tem o pré-requisito que o ROV deve possuir um sistema de navegação inercial de boa qualidade.

O Sonar 3D retorna uma nuvem de pontos (formado x,y,z) que forma o modelo 3D da obra inspecionada. A nuvem de ponto pode ser trabalhada com software 3D tais como Microstation ou outros a fim de extrair secções transversais, criar Mesh, executar analises estruturais, etc.

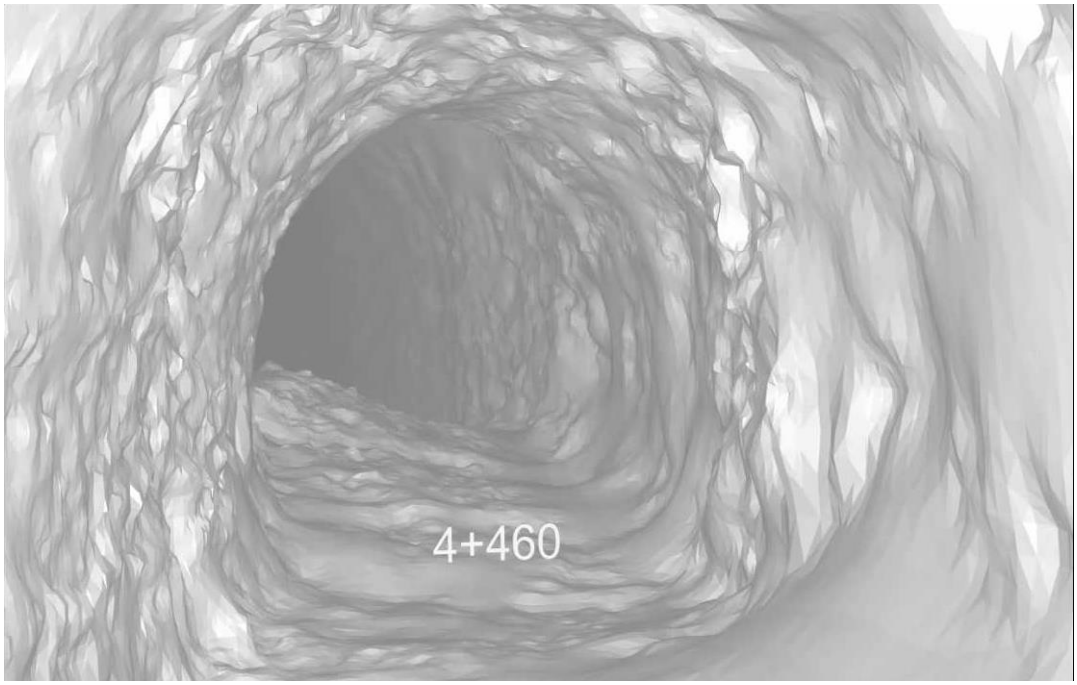

Figura 11: Modelo 3D de Túnel inspecionado

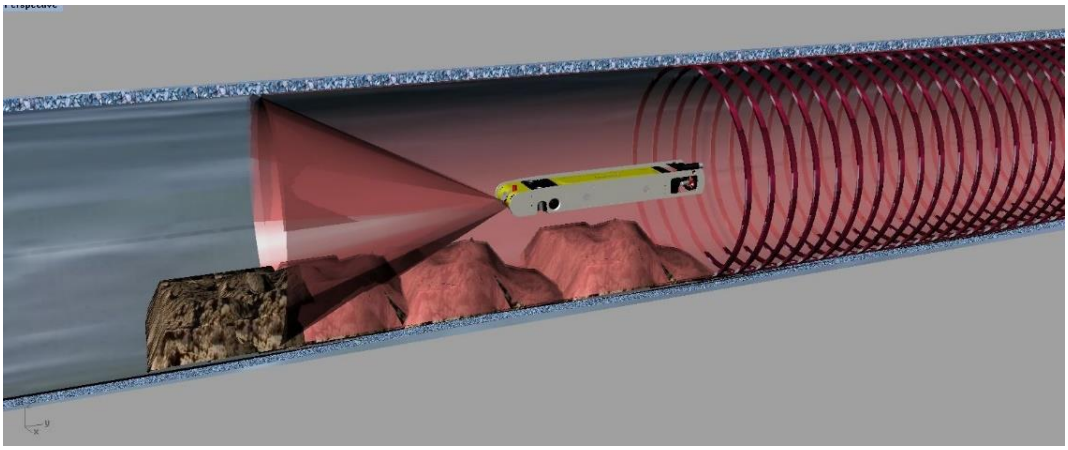

Figura 12: Representação gráfica de ROV inspecionando Túnel de adução

3.5 Resultado do Sistema eletromagnético de procura e mapeamento de percolação

O Sistema de procura e mapeamento de infiltrações e percolações retorna como dato bruto uma matriz de números que em pôs elaboração viram um gráfico conforme figura 13.

Cada pico medido e representado no gráfico corresponde a um ponto de percolação. Por cada ponto vem executada uma análise visual através de injeção de tinta corante e filmagem conforme imagem 14

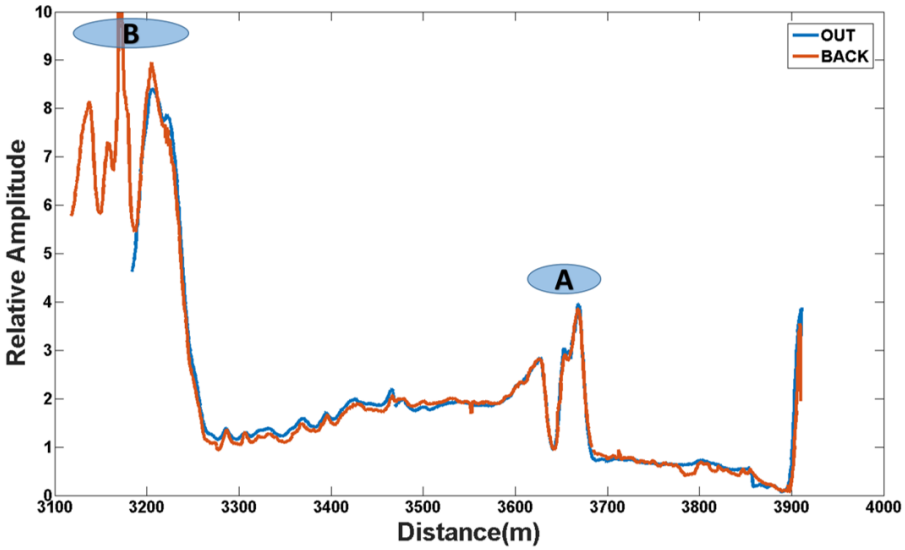

Figura 13: Gráfico sistema de procura de percolação

Figura 14: Injeção de tinta em rachadura

4 CONCLUÇÃO

No presente artigo fica bastante claro que a Inspeção de Túneis de transporte de água (Túneis adutores, de transposição, de restituição, etc.) executada através de ROVs e sensores trazem mais vantagem ao operador que a forma atual de inspecionar as obras esvaziando-as.

Lembramos que a Inspeção de um Túnel é tarefa complexa e que na escolha de um prestador de serviço para confie-lhe um projeto de Inspeção em Túnel fica pelo menos aconselhável verificar, além da experiência demonstrável e certificada, a posse de máquinas e sensores apropriados para a execução da tarefa.

5 REFERENCIAS

- LAZARO Philippe “Lining of pressure tunnels” Lombardi, SA. Zurich
- SSE GENERATION LIMITED AGAINST HOCHTIEF SOLUTIONS AG AND ANOTHER – GLENDOE HYDROELECTRIC SCHEME
- MOREIRA MOTA Igor “Análise dos critérios de projeto e comportamento de Túneis de pressão”
- ABGE “Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas no Brasil”