SACOS GEOTÊXTEIS: ALTERNATIVA OPERACIONAL PARA COMPLEMENTAÇÃO DA ETL REIS MAGOS

Ludimila Marvila Girondoli[1]
Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Engenheira Ambiental na CESAN.

André Luís de Oliveira Lima[2]
Engenheiro Químico pela Universidade Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Gestor da Divisão de Tratamento Norte (O-DTN) na CESAN.

Saulo Machado da Silva[3]
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Especialista em Estruturas de Concreto e Fundação pela Universidade Cidade de São Paulo (UNICID). Cursando MBA em Parceria Público Privada e Concessões pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (FESPSP). Gestor da Divisão de Operação e Manutenção Serrana (O-DSE) na CESAN.

Endereço[1]**:** Avenida Guarapari, s/n – Jardim Limoeiro - Serra – ES - CEP: 29164-120- Brasil - Tel: (27) 2127-5473 - e-mail: ludimila.girondoli@cesan.com.br

RESUMO

A ETL Reis Magos foi projetada para tratar o lodo gerado na ETA Reis Magos e recircular o clarificado para o canal de captação, tornando-se um sistema com aproveitamento das águas de lavagem de filtro e das descargas dos decantadores. Contudo, após o início da operação da ETA Reis Magos, verificou-se que a ETL implantada não cumpriu ao objetivo proposto ocasionando carreamento de sólidos para o canal de captação, com consequente aumento da turbidez na água bruta. Dessa forma, o trabalho visa apresentar as melhorias implantadas na ETL Reis Magos ao longo dos cinco anos de operação que possibilitaram maior eficiência, maior flexibilidade e menor custo operacional, com destaque para o uso de sacos geotêxteis como sistema complementar.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, sacos geotêxteis, facilidade operacional.

INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de atendimento às legislações ambientais, tem-se verificado uma crescente incorporação de unidades de tratamento de lodo aos novos projetos e/ou plantas existentes de estação de tratamento de água (ETA). Nesse cenário, para o tratamento do logo gerado na ETA Reis Magos, foi projetada e implantada uma estação de tratamento de lodo (ETL) composta por duas lagoas de sedimentação com o clarificado destas lagoas retornando para o canal de captação. Dessa forma, além de tratar o lodo gerado na ETA, a ETL permite a recirculação de toda a água utilizada nas lavagens de filtro e descarga dos decantadores.

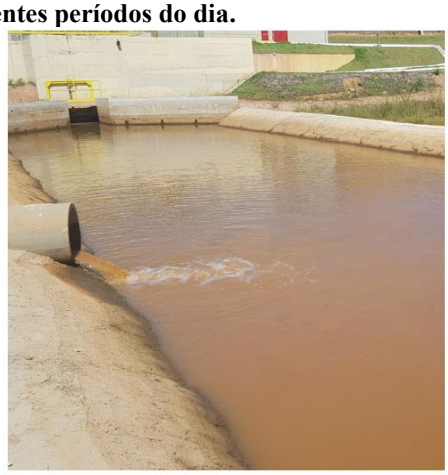
A ETA Reis Magos está localizada no município da Serra/ES, na zona rural do distrito de Nova Almeida, é uma estação do tipo convencional projetada para uma vazão de tratamento de 500 L/s. A operação efetiva da ETA iniciou no ano de 2018 e, atualmente, possui uma vazão média de operação de 310 L/s (CESAN, 2025).

Contudo, após o início da operação da ETA, verificou-se que a ETL implantada não cumpriu ao objetivo proposto ocasionando carreamento de sólidos das lagoas para o canal de captação, com consequente aumento da turbidez na água bruta, nos momentos de lavagem dos filtros e de descarga dos decantadores. A Figura 1 apresenta a situação de carreamento de sólidos para o canal de captação da ETA proveniente das lagoas de sedimentação de lodo

Figura 1 – Comparativo da qualidade do efluente das lagoas de sedimentação lançado no canal de captação da ETA Reis Magos em diferentes períodos do dia.



Efluente das lagoas sem carreamento de sólidos - fora dos períodos de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores



Efluente das lagoas com carreamento de sólidos - nos períodos de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores

Diante do impacto na qualidade da água bruta captada, era imprescindível implantar uma solução complementar às lagoas de sedimentação garantindo que o lodo gerado na ETA fosse tratado de forma eficaz e que não houvesse carreamento de sólidos para o efluente da ETL, e consequentemente para o canal de captação.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o sistema de desidratação de lodo por sacos geotêxteis implantado na ETL Reis Magos, como unidade complementar ao tratamento, além de apresentar as melhorias operacionais realizadas ao longo de cinco anos de operação.

METODOLOGIA

1) DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE LODO PROJETADA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O projeto da ETL Reis Magos era composto de 02 (duas) lagoas de sedimentação no qual o sobrenadante dessas lagoas é lançado no canal de captação, retornando ao tratamento, possibilitando o aproveitamento integral da água de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores. As dimensões das lagoas estão apresentadas abaixo.

Dimensões das lagoas:
Talude..... 1:1,5
Largura no fundo ..... 8,00 m
Largura no NA .....14,00 m
Comprimento no fundo .....44,00 m
Comprimento no NA.....50,00 m
Altura útil ..... 3,00 m
Borda livre ..... 0,50 m

Volume útil para cada lagoa..... 1.560,00 m³

As lagoas foram revestidas de manta PEAD para impermeabilização e composta por estruturas drenantes ao fundo do tipo espinha de peixe, com camada filtrante de brita e areia. A Figura 2 apresenta fotos da execução das lagoas de sedimentação, durante a fase de obras da ETA Reis Magos.

Figura 2 – Fotos da execução das lagoas de sedimentação de lodo da ETA Reis Magos.



Foto a - Sistema de drenagem de fundo da lagoa.



Foto b - Sistema de drenagem de fundo da lagoa com cobertura de areia.

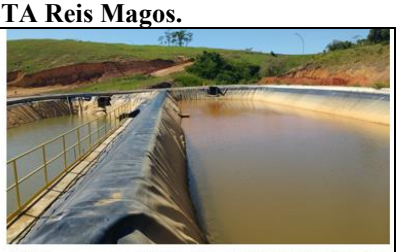


Foto c – Lagoas de sedimentação no início da operação, ano 2018.

Conforme descrito no projeto (CESAN, 2015), a operação das lagoas seria alternada a cada seis meses ou até a camada de lodo acumulado atingir 1,00 metro. Após este período, o volume de água da lagoa em operação deveria ser esgotado, o volume de lodo acumulado desidrataria por evaporação e a retirada do lodo seco seria realizada de forma manual ou mecanizada.

Entretanto, na prática, em menos de seis meses de funcionamento, ambas as lagoas de sedimentação atingiram sua capacidade máxima de armazenamento de lodo, apresentando carreamento de sólidos para o efluente e impactando a qualidade da água da água bruta captada, uma vez que o efluente das lagoas é lançado no canal de captação. A Figura 3 apresenta a lagoa de sedimentação 1 (LS1) no momento da lavagem de um filtro, com o respectivo efluente lançado no canal de captação, destacando a ressuspensão dos sólidos e o seu carreamento para o efluente.

Figura 3 – Fotos da lagoa de sedimentação 1 (LS1) e do efluente lançado no canal de captação, no momento da lavagem de um filtro.



Foto a – LS1 quando do inicio a lavagem de um filtro.



Foto b – Efluente da LS1 lançado no canal de captação.

2) IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Como solução complementar para o tratamento do lodo na ETL Reis Magos, definiu-se adicionar uma unidade de desidratação do lodo após o processo de sedimentação dos sólidos. Dessa forma, o lodo sedimentado nas lagoas seria bombeado para a unidade de desidratação com clarificado retornando também para o canal de captação.

Para a seleção da unidade de desidratação foram considerados os seguintes fatores:

- custo de implantação,
- implantação rápida, uma vez que o baixo desempenho das lagoas estava comprometendo a operação da ETA Reis Magos, pois o efluente da ETL é direcionado para o canal de captação da ETA,
- área disponível para a implantação da solução era de apenas 700 m²,
- custo energético de operação,
- complexidade operacional e
- complexidade de manutenção.

Dentre as alternativas comumente utilizadas para a desidratação de lodo de ETA estão o decanter centrífugo, a prensa desaguadora, os sacos geotêxteis e os leitos de secagem, contudo considerando os requisitos avaliados,

entendeu-se como a alternativa mais adequada para complementar a ETL Reis Magos a adoção de desaguamento do lodo por sacos geotêxtis.

3) DESCRIÇÃO DAS MELHORIAS IMPLANTADAS

A implantação do sistema de desidratação por sacos geotêxteis, bem como as melhorias executadas após a implantação, está descrita cronologicamente abaixo.

3.1) Implantação e operacionalização do sistema de desidratação por sacos geotêxteis

O sistema de bombeamento e desidratação de lodo por sacos geotêxteis foi implantado em setembro de 2020 e era composto por:

- Balsa flutuante e bomba submersível: estrutura necessária para bombear o lodo das lagoas de sedimentação e direcionar para o processo de desidratação (sacos geotêxteis). Foram implantadas duas unidades de balsa flutuante e bomba submersível, uma para cada lagoa de sedimentação, com capacidade de bombeamento de 60 m³/h.
- Casa de polímero: necessária para armazenamento dos sacos de polímero e preparo da solução de polímero a ser aplicado em linha para a formação dos flocos. Composta por tanques de polímero, agitadores, bomba dosadora, painel de controle e espaço para armazenamento dos sacos de polímero (25 kg).
- Polímero catiônico: através de testes de bancada, o polímero que apresentou melhor formação de floco foi o de carga catiônica. Na ETL Reis Magos optou-se pela utilização de polímero em pó devido à maior facilidade de manuseio, limpeza e descarte da embalagem.
- Floculador hidráulico: com a função de promover o contato e a mistura do lodo com o polímero necessários à formação dos flocos de lodo. O floculador foi executado em tubulação de 4", na horizontal, em formato "tipo s".
- Sistema de amostragem de lodo floculado: necessário para verificar a qualidade do floco formado, composto por tubulação de 1" e registro.
- Base drenante: estrutura para assentamento do saco geotêxtil e drenagem do líquido percolado. A estrutura inicial era composta com manta de PEAD (para impermeabilização do solo), manta bidim e brita para promover a drenagem do percolado e a sustentação dos sacos geotêxteis. O percolado dos sacos geotêxteis foi direcionado para uma caixa de drenagem que retorna o líquido para a captação. Dimensões da base: 10 x 70 metros (largura x comprimento).
- Sacos geotêxteis: unidades onde ocorre a desidratação do lodo. Foram utilizados sacos de polipropileno de alta densidade, seguindo as especificações da Norma Técnica SABESP (NTS) 301 (SABESP, 2015). A dimensão dos sacos inicialmente adotados foi de 9 x 32 metros (largura x comprimento), o que possibilitava a utilização de dois sacos, considerando o comprimento da base drenante (70 metros).

A Figura 4 apresenta fotos dos principais componentes do sistema de desidratação.

Figura 4 – Fotos dos principais componentes do sistema de desidratação da ETL Reis Magos.



Foto a - Balsa flutuante com bomba submersível.



Foto b - Interior da casa de polímero.



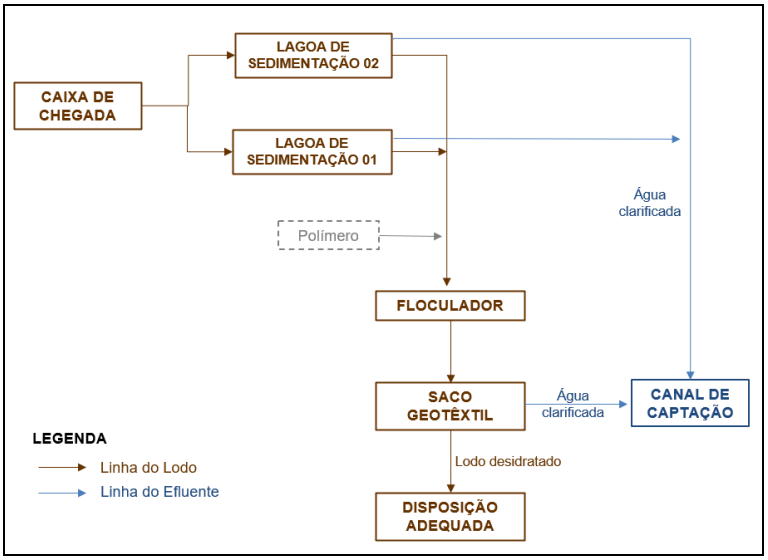
Foto c - Amostrador de lodo.



Foto d - Saco geotêxtil em operação. Dimensões 9 x 32 metros.

A Figura 5 apresenta um croqui esquemático da ETL Reis Magos com representação do fluxo do tratamento do lodo (Linha de Lodo) e da água clarificada (Linha do Efluente).

Figura 5 – Croqui esquemático da ETL Reis Magos



A Figura 6 apresenta uma imagem área da ETL Reis Magos, com destaque (em linha tracejada amarela) para o direcionamento da água clarificada das lagoas e dos sacos geotêxteis

Figura 6 – Imagem aérea da ETL Reis Magos



Fonte: Adaptado de Google Earth ® (2021).

A frequência de bombeamento e operação do sistema de desidratação depende da geração de lodo pela ETA e consequente do acúmulo de lodo nas lagoas de sedimentação. Contudo, no geral opera-se uma vez na semana, em períodos secos, e duas a três vezes na semana, em períodos chuvosos. Para o bombeamento do lodo, primeiro é necessária a retirada a água clarificada da lagoa a ser operada, através da válvula (DN 250 mm) de descarte da água superficial. A Figura 7 apresenta a LS 2 em operação, na qual primeiramente foi realizado o descarte da água clarificada acumulada na lagoa.

Figura 7 – Imagem da LS2 em operação



3.2) Primeira melhoria: alteração do comprimento dos sacos geotêxteis

Em 2021, o comprimento do saco geotêxtil foi alterado de 32 para 16 metros, mantendo a largura de 9 metros. Isso permitiria alocar 4 sacos na base drenante, oferecendo mais flexibilidade e segurança operacional.

Na NTS 301, para sacos geotêxteis com comprimentos menores que 10 metros, a quantidade de bocal de enchimento poderia ser 1 (um). Contudo, foi mantida a especificação anterior com exigência de 2 (dois) bocais de enchimento para cada saco geotêxtil, pois entendeu-se que a distribuição do lodo no interior dos sacos ficaria mais homogênea.

3.3) Segunda melhoria: jateamento de água no lodo compactado

Devido à extensa área superficial das lagoas de sedimentação, o processo de deposição do lodo nas lagoas apresenta uma distribuição heterogênea, resultando em acúmulos concentrados de lodo em regiões específicas. Além disso, o peso exercido pela coluna de água sobre as partículas sedimentadas, promove a compactação progressiva do lodo, tornando-o mais resistente à remoção mecânica por bombeamento. Como consequência, o volume útil das lagoas começou a reduzir, uma vez que a taxa de remoção do lodo pela bomba submersível era menor que o acúmulo de material sedimentado e compactado.

Dessa forma, em 2022, como solução para descompactar o lodo e desfazer as áreas de acúmulos de lodo adotou-se o jateamento de água sob pressão. Para o sistema de jateamento foi utilizada a água clarificada e a bomba submersível da lagoa que não estaria em operação, onde na linha do sistema, encaixa-se um mangote de menor diâmetro para direcionar o jato de água no lodo denso (Figura 8). O jato é direcionado por uma ponteira de aço galvanizado, acoplada no mangote, confeccionada especificamente para essa atividade (Figura 9).

Figura 8 – Foto do jateamento de água nas áreas de acúmulo de lodo.



Figura 9 – Foto do jateamento de água nas áreas de acúmulo de lodo na LS1.



3.4) Terceira melhoria: alteração da base drenante

Em 2023, foi implementada a substituição da base drenante composta por manta PEAD, manta bidim e brita por uma estrutura de concreto armado, com o objetivo de reduzir custos operacionais e aumentar a eficiência na remoção do lodo desidratado armazenado nos sacos geotêxteis.

Anteriormente, a base drenante construída com brita e manta exigia o uso de uma escavadeira hidráulica para a retirada do lodo acumulado. Além disso, era necessário realizar a reposição periódica de parte da brita removida durante o processo, bem como reparos nas mantas laterais danificadas.

Com a nova base de concreto armado, tornou-se viável empregar uma retroescavadeira, a qual apresenta um custo operacional significativamente menor em comparação à escavadeira hidráulica, otimizando assim os recursos financeiros e logísticos envolvidos no procedimento.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados conforme a etapalização das melhorias implementadas.

Implantação e operação do sistema de desidratação por sacos geotêxteis

Após o término da fase de licitação, o processo de fornecimento de materiais, execução das obras civis e das instalações elétricas, seguido pelo comissionamento das unidades do sistema de desidratação, foi concluído em um período de três meses.

Com a operacionalização do sistema de desidratação por sacos geotêxteis, tornou-se possível realizar a remoção frequente do lodo sedimentado nas lagoas de forma eficaz, evitando o arraste de sólidos para o efluente final. A qualidade da água bruta deixou de ser impactada pelo lançamento das lagoas e os procedimentos de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores podem ser executados sem expectativas de transtorno no tratamento da água. A Tabela 1 apresenta um comparativo dos valores de turbidez da água bruta captada antes (2018) e após (2020) a implantação do sistema de desidratação por sacos geotêxteis ao longo de 24 horas de operação da ETA Reis Magos.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1 é possível verificar que, antes da implantação do sistema de desidratação por sacos geotêxteis, a turbidez da água bruta variava significativamente quando da lavagem dos filtros e descarga dos decantadores, devido ao carreamento de sólidos das lagoas de sedimentação. Já a partir da implantação dos sacos geotêxteis, em setembro de 2020, observou-se a manutenção dos padrões de qualidade da água bruta, sem alterações decorrentes do efluente proveniente das lagoas de sedimentação.

Tabela 1 – Valores de turbidez da água bruta captada antes (2018) e após (2020) a implantação do sistema de desidratação por sacos geotêxteis.

DATA	HORÁRIO	TURBIDEZ (NTU)	DATA	HORÁRIO	TURBIDEZ (NTU)
06-07-2018	06:00	13,0	03-10-2020	06:00	17,5
06-07-2018	08:00	13,9	03-10-2020	08:00	13,6
06-07-2018	10:00	11,3	03-10-2020	10:00	14,6
06-07-2018	12:00	**38,6**	03-10-2020	12:00	15,9
06-07-2018	14:00	10,5	03-10-2020	14:00	16,2
06-07-2018	16:00	**108,6**	03-10-2020	16:00	14,8
06-07-2018	18:00	40,8	03-10-2020	18:00	11,2
06-07-2018	20:00	11,1	03-10-2020	20:00	19,0
06-07-2018	22:00	**115,0**	03-10-2020	22:00	16,7
07-07-2018	00:00	30,3	04-10-2020	00:00	16,9
07-07-2018	02:00	**87,2**	04-10-2020	02:00	16,8
07-07-2018	04:00	23,9	04-10-2020	04:00	21,3
07-07-2018	06:00	17,4	04-10-2020	06:00	14,4

O sistema de desidratação por sacos geotêxteis apresenta operação simplificada e, por ter poucos equipamentos eletromecânicos, demanda baixa manutenção. O floculador hidráulico horizontal possibilitou a formação adequada dos flocos e a retenção nos sacos geotêxteis com eficiência, proporcionando um percolado de excelente qualidade, com turbidez menor que 10 NTU (Figura 9).

Figura 9 – Característica do percolado dos sacos geotêxteis.



Primeira melhoria – redução do comprimento dos sacos geotêxteis

Durante o primeiro ano de operação, verificou-se a necessidade de redução do comprimento dos sacos geotêxteis de 32 metros para 16 metros. O comprimento dos sacos geotêxteis foi reduzido para proporcional maior flexibilidade operacional, uma vez que com os sacos de 16 metros é possível operar uma ou duas unidades, a depender da geração de lodo na ETA. A operacionalização da ETL Reis Magos normalmente ocorre da seguinte forma:

- Períodos secos (menor geração de lodo): o bombeamento do lodo, das lagoas para o saco geotêxtil, ocorre uma vez na semana. Nesse período de menor geração de lodo, utiliza-se apenas um saco.
- Períodos chuvosos (maior geração de lodo): o bombeamento do lodo, das lagoas para o saco geotêxtil, ocorre de duas a três vezes na semana. Opera-se dois sacos alternadamente, sendo o rodízio realizado semanalmente.

Anteriormente, com a utilização do saco geotêxtil de 32 metros, verificou-se que, durante o período seco, devido ao baixo volume de lodo gerado proporcionalmente ao volume do saco, o lodo no interior do saco iniciava o processo de solidificação. Essa condição limitava a expansão total do saco, comprometendo a utilização plena de sua capacidade volumétrica. Além disso, a redução do comprimento permitiu uma distribuição mais homogênea do lodo no interior do saco, uma vez que se manteve os dois bocais de enchimento para metade do comprimento do saco.

Outro benefício na redução do comprimento, foi a redução do tempo de secagem do lodo. No modelo anterior, o lodo atingia uma umidade adequada para remoção, em média de 80%, após quatro meses da paralisação do bombeamento para o saco. No modelo atual, com três meses é possível remover o lodo com a mesma umidade. Essa melhoria foi significativa, pois otimizou tanto a alocação dos sacos na base drenante, como no processo geral de manejo do lodo. A Figura 10 apresenta uma foto da remoção de lodo, após três meses de secagem, com umidade média de 80%.

Figura 10 – Processo de remoção do lodo desidratado.



Foto a – Aspecto do lodo na camada superficial, em contato com os sacos geotêxtil.



Foto b – Serviço de remoção do lodo desidratado.

Dessa forma, a adoção do novo comprimento dos sacos permitiu maior flexibilidade operacional, ajustando-se melhor às variações sazonais de geração de lodo, maior eficiência na utilização do volume útil dos sacos e menor tempo de secagem.

Segunda melhoria – jateamento de água no lodo compactado

Em 2022, como solução para descompactar e desfazer as áreas de acúmulos de lodo adotou-se o jateamento de água sob pressão. Uma solução simples e de baixo custo que utilizou insumos já disponíveis na ETL como as bombas submersíveis e água clarificada das lagoas. A Figura 11 apresenta o resultado inicial do processo de jateamento de água no lodo compactado, onde nitidamente visualiza-se a quebra dos acúmulos de lodo na lagoa (LS1).

Figura 11 – Imagens comparativas da distribuição do lodo na lagoa de sedimentação antes e após o jateamento de água.



Foto a – LS 1 com áreas de acúmulos de lodo antes do jateamento de água.



Foto b – Finalização do serviço de bombeamento de lodo com jateamento de água.

A Figura 11b demonstra a efetiva dispersão dos acúmulos de lodo ao redor da balsa, evidenciando a eficiência do processo de jateamento na descompactação do material sedimentado e consequentemente, recuperação do volume útil das lagoas.

A movimentação das balsas na lagoa é realizada, quando as lagoas estão cheias de água, através de sistemas de corda na qual o operador desloca a balsa para o local desejado. Com o procedimento de jateamento de água tem sido possível manter o volume útil das lagoas de sedimentação através das quebras dos acúmulos de lodo, quando necessário.

Terceira melhoria – alteração da base

Em 2023, foi realizada a substituição da base drenante anterior por uma estrutura em concreto armado, visando aprimorar o processo de remoção do lodo desidratado armazenado nos sacos geotêxteis (Figura 12). Um benefício adicional decorrente da alteração da base foi observado na umidade do lodo situado na camada inferior do saco geotêxtil. Utilizando a base anterior, o desnivelamento provocado pela movimentação da escavadeira hidráulica sobre as britas resultava em acúmulos de água, comprometendo a desidratação do lodo que estava na parte inferior do saco.

Figura 12 – Imagens comparativas das bases drenantes.



Foto a – Base drenante de manta PEAD, manta bidim e brita.



Foto b – Base drenante de concreto armado.

Na Figura 12 - Foto a, verifica-se nitidamente o desnivelamento das britas e acúmulo de água ao longo da base. Nesta mesma figura, Foto b visualiza-se a base drenante de concreto onde o percolado dos sacos escoa para a calha de drenagem proporcionando melhor desidratação do lodo.

Com essa nova base, tornou-se possível executar o serviço utilizando retroescavadeiras, garantindo maior agilidade e velocidade na operação. Diferentemente da base drenante anterior, que exigia o uso de escavadeiras hidráulicas e maior cautela para evitar danos, a estrutura de concreto proporciona maior resistência e durabilidade. Essa alteração resultou na otimização do tempo necessário para a remoção do lodo e na redução dos custos operacionais associados ao uso de equipamentos, consolidando uma melhoria significativa no manejo do lodo, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Imagens do processo de remoção do lodo.



Foto a – Início da remoção do lodo desidratado.



Foto b – Remoção do lodo desidratado em finalização.



Foto c – Remoção do saco geotêxtil.



Foto d – Serviço finalizado e base drenante disponível.

CONCLUSÕES

A adoção de sacos geotêxteis para complementar a ETL Reis Magos foi uma escolha assertiva, pois permitiu que a ETL atingisse ao seu objetivo principal de tratar o lodo de forma eficiente possibilitando a destinação final adequada. Além disso, a operacionalização dessas unidades tem evitado o carreamento de sólidos para o canal de captação e não há mais registros de impactos na qualidade da água bruta decorrentes do lançamento do efluente da ETL.

A sistema de desidratação por sacos geotêxteis proporciona lodo com umidade média de 80%, após em três meses de paralisação da operação e um percolado com turbidez menor que 10 NTU. Esse sistema apresenta uma operação simplificada e requer baixa manutenção eletromecânica, o que torna uma excelente alternativa para a desidratação de lodo de ETAs.

As melhorias implantadas no sistema de desidratação por sacos geotêxteis possibilitaram maior eficiência, maior flexibilidade e menor custo operacional para o gerenciamento do lodo da ETA Reis Magos.

A operação bem-sucedida dos sacos geotêxteis na ETL Reis Magos consolidou-se como referência na CESAN, servindo de modelo para o desenvolvimento e aprimoramento de novos projetos de tratamento de lodo de ETA na Companhia. Além disso, esse trabalho fornece subsídios técnicos para aplicações semelhantes em outras empresas de saneamento

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SABESP. NTS 301: 2015. Saco geotêxtil para desaguamento de lodo. São Paulo. 2015.

2. CESAN. Sistema de Informações de Controle Operacional – SINCOP. Dados de operação de água das ETAs. 2025.

3. CESAN. Projeto Básico - Sistema de Produção de Água Reis Magos - ETA Reis Magos. A-035-000-40-5-MD-0004. 2015.