

## **VI-001 - PROJETO ÁGUAS NOVAS – ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DOS FILTROS E DECANTADORES E TRATAMENTO DO LODO DA ETA JUTURNAÍBA**

**Alexandre Barboza Pontes<sup>(1)</sup>**

Químico Industrial – EQ/UFRJ. Especialista em tratamento de efluentes industriais pela EQ/UFRJ. MBA Planejamento e Perícia Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida. Químico Responsável da Concessionária de Abastecimento Público e Tratamento de Esgotos - Prolagos/RJ.

**Thiago Augusto Maziero**

Engenheiro Civil – EESC-USP. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela UEM. MBA em Gestão Empresarial pela FGV. Gerente de Operações da Concessionária de Abastecimento Público e Tratamento de Esgotos da Região dos Lagos - Prolagos/RJ.

**Wagner Oliveira de Carvalho**

Engenheiro Civil – UFJF. MBA Gerenciamento de Projetos pela FGV e pela George Washington University/GWU. Especialista em Engenharia de Qualidade pelo Prominp/Petrobrás – UFF e Engenharia Sanitária – UFMG. Gerente de Engenharia da Concessionária de Abastecimento Público e Tratamento de Esgotos da Região dos Lagos - Prolagos/RJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia Amaral Peixoto, Km 107, Quadra 20, Lote 09, Balneário, São Pedro da Aldeia/RJ, CEP 28940-000, email; [alexandre.pontes@prolagos.com.br](mailto:alexandre.pontes@prolagos.com.br)

### **RESUMO**

O Projeto Águas Novas foi desenvolvido visando a sustentabilidade ambiental da Lagoa de Juturnaíba que é o principal manancial de abastecimento de água na Região dos Lagos do Rio de Janeiro. Este projeto foi implantado na Estação de Tratamento de Água (ETA) da Prolagos, localizada as margens da Lagoa de Juturnaíba. A ETA data de 1960, porém devido ao acelerado crescimento recente da população na região a concessionária Prolagos investiu na ampliação da capacidade de tratamento, saltando de 300 L/s para 1200 L/s. Diante deste cenário, a Prolagos preocupada com a geração de lodo e as perdas do processo de tratamento, ou seja, a sustentabilidade ambiental da Lagoa de Juturnaíba, desenvolveu o Projeto Águas Novas. Durante o desenvolvimento deste projeto foram realizadas visitas técnicas em ETAs no Sul e Sudeste do País, além de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, com especialistas transdisciplinares da área de saneamento, que incluíram modelação matemática e unidade piloto. Na etapa de estudo foram utilizados parâmetros do balanço de massa da fase sólida desta estação. O desafio do projeto foi customizar o processo de tratamento considerando a variabilidade causada pela oscilação da demanda de água nos meses de temporada, assim como o risco de floração de algas na água bruta e os aspectos hidrológicos do manancial. Como resultado foram dimensionadas as unidades de separação da fase sólida(lodo) e reúso de água da ETA Juturnaíba em conformidade com as premissas técnicas-econômicas-ambientais do Projeto Águas Novas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Meio Ambiente, Reuso, Lodo, ETA.

### **INTRODUÇÃO**

O objetivo deste artigo é apresentar o projeto e a operação do sistema de reuso das águas de lavagem de filtros e desidratação de lodos implantados na ETA da Prolagos no manancial de Juturnaíba – entre os municípios de Araruama e Silva Jardim no Rio de Janeiro.

A Prolagos, empresa do Grupo Equipav, é a concessionária responsável pelos serviços de saneamento básico dos municípios de Cabo Frio, Búzios, São Pedro da Aldeia e Iguaba Grande e pelo abastecimento de água de Arraial do Cabo.

O maior desafio da empresa hoje é acompanhar o rápido crescimento da Região dos Lagos (RJ), com agilidade e investimento constantes, que garantam a qualidade e a melhoria dos serviços de água e esgoto. Para tal, foram antecipadas várias obras, ampliando o atendimento à população, sempre com o foco do respeito ao meio ambiente.

A Prolagos fornece água potável para 91% da população da área urbana, enquanto em 1998 este índice era de apenas 30%. A concessão da empresa, com 25 anos de atuação, foi definida em 1998, por meio de concurso público internacional, e foi prorrogada em 2009 por mais 18 anos pela Agenesra – Agência Reguladora do Estado do Rio de Janeiro, devido ao consenso regional do comprometimento ambiental da concessionária.

A Região dos Lagos possui uma área de 2.017,32 km<sup>2</sup> e população atual estimada em 538.650 habitantes. Está dividida em sete municípios em torno das lagoas de Araruama e Saquarema, a leste da capital do Rio de Janeiro. São eles: Araruama, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Saquarema.

A ETA Juturnaíba está localizada no Município de Araruama, distrito de São Vicente de Paula, às margens do Manancial da Lagoa de Juturnaíba, sendo este o principal reservatório de água para os Municípios da região, formada pela barragem construída no Rio São João, em trecho a jusante da confluência dos Rios Bacaxá e Capivari.

O Rio São João tem suas cabeceiras na Serra do Mar, na altura da localidade de Cachoeiras de Macacu, drenando em uma área de 2190 km<sup>2</sup> dos quais, aproximadamente 70% correspondem a terrenos planos ou suavemente ondulados, situados na baixada litorânea da Região dos Lagos. Seu talvegue principal apresenta forte declividade nos primeiros 5 km de percurso, caindo aproximadamente 600 m nesse trecho. O curso médio se desenvolve por 20 km em terrenos ondulados e o trecho final se estende por 85 km na planície litorânea, até alcançar o Atlântico. A maior parte da bacia é ocupada por propriedades rurais, onde se explora a pecuária, predominantemente, havendo também algumas explorações de agricultura de grãos e frutas.

O Manancial é monitorado periodicamente, sendo inclusive objeto de pesquisa das universidades como a Federal Fluminense – UFF, a qual, através de seu programa de pós-graduação em geoquímica e hidrogeologia em bacias hidrográficas tem demonstrado grandes avanços no sentido de identificar e apurar os impactos ambientais no entorno da lagoa.

O tratamento de água bruta, indiscutivelmente, gera benefícios sociais, mas, como toda indústria de transformação, os processos e operações utilizados podem gerar impactos no ambiente. Neste contexto, a problemática dos resíduos gerados nas ETAs, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo, representa um problema sério para as instituições que gerenciam tais sistemas, na procura de disposição adequada desses resíduos, visando atender a legislação vigente.

Considerando a NBR 10004/2004, o lodo gerado nas ETAs é classificado como resíduo sólido não inerte, devido principalmente aos teores de alumínio, ferro e manganês provenientes dos coagulantes. Portanto, o lodo deve ser devidamente tratado e disposto de forma a não provocar impactos ao meio ambiente.

A preocupação com a disposição final dos resíduos sólidos das ETAs e a sustentabilidade ambiental do manancial, é também uma exigência legal conforme a Lei nº 9433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. De acordo com a legislação o tratamento adequado destes resíduos é condicionante do processo de licenciamento e outorga.

Em uma ETA de ciclo completo, basicamente os resíduos gerados são provenientes das limpezas ou descargas de decantadores (ou flutadores quando o caso) e das lavagens dos filtros. Em termos volumétricos, a maior quantidade de resíduo é proveniente das lavagens dos filtros. Cada linha geradora de resíduos apresenta características distintas em termos de vazão e concentração de sólidos, razão pela qual, diferentes concepções de tratamento devem ser consideradas.

A quantidade e qualidade dos resíduos produzidos em uma ETA dependem de vários fatores, destacando-se:

- a) Qualidade da água bruta e tecnologia de tratamento;
- b) Características da coagulação: tipo e dosagem do coagulante/alcalinizante ou acidificante;
- c) Uso, característica e dosagem do auxiliar de coagulação;
- d) Uso de oxidante ou adsorvente (carvão ativado pulverizado);
- e) Método de limpeza dos decantadores;
- f) Técnica de lavagem dos filtros;
- g) Habilidade dos operadores;

- h) Nível de automação da ETA;
- i) Reuso da água recuperada no sistema de tratamento.

O interesse pelo tratamento, aproveitamento e disposição adequada do resíduo da ETA é assunto relativamente novo no Brasil. Por isso, ainda não há regulamentação que forneça limites na quantidade e qualidade do lodo utilizado em cada uma das alternativas de aproveitamento e de disposição do resíduo; assim, somente análises de laboratório e/ou em escala piloto podem indicar a melhor técnica.

Os métodos comumente utilizados para tratamento de lodo consideram: equalização, regularização, condicionamento, adensamento, desaguamento e, em alguns casos, secagem e incineração. O objetivo das técnicas é reduzir o volume do resíduo até determinada concentração de sólidos, em função das opções de aproveitamento, de disposição e da possibilidade de novamente empregar a água clarificada no sistema.

O sistema de tratamento de água Juturnaíba, compreende duas ETAs (ETA-I e ETA-II) em operação conjunta, ambas com processo do tipo convencional (ciclo completo) englobando coagulação/mistura rápida, floculação, decantação e filtração. Nessas duas ETAs os resíduos sólidos são gerados pelas águas de lavagem dos filtros e pelo lodo extraído dos decantadores.

A ETA I, de construção mais antiga e menor capacidade de tratamento, já possuía um sistema de recuperação de água de lavagem dos filtros. Já a ETA II, construída recentemente (2002) não dotava de nenhuma instalação para recuperação das águas;

O Projeto de recuperação das águas prevê que o tanque de recuperação das águas de lavagens dos filtros da ETA I seja utilizado como unidade de equalização, recebendo a água de lavagem dos filtros e dos decantadores das ETAs I e II, sendo interligado a um clarificador (Tanque de homogeneização), objetivando o reuso das águas, que retornam clarificadas ao processo de tratamento da ETA.

Os lodos gerados por este processo tem o tratamento complementar com homogeneização e condicionamento num tanque, sendo o destino final o aterro sanitário no município de São Pedro da Aldeia (único licenciado na região).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para desenvolvimento do projeto de desidratação dos lodos e recuperação das águas, a Prolagos realizou, em 2009, visitas técnicas em diversas ETAs no Sul e sudeste do Brasil, para conhecimento das tecnologias existentes, aplicadas ao tratamento dos resíduos gerados em estações de Tratamento de Água.

Dentre os processos de tratamento similares ao proposto para a Prolagos foram observados os aspectos de custo de disposição final em aterro industrial (média de R\$ 90,00/toneladas de lodo desidratado), percentual de sólidos no lodo desidratado alcançados (média de 20%), aplicação média de polímero no processo de desidratação (média de 5 a 15 Kg/tonelada de lodo desidratado) e a predominância do aproveitamento integral da água de lavagem dos filtros após sua equalização.

Na definição final da tecnologia a ser implantada no Projeto Águas Novas utilizou-se a metodologia de análise de alternativas de Kepner e Trigor, comparando as soluções de Skid, ETE-SPA e Leiras com os critérios de sustentabilidade da Green Building Council que é o principal órgão mundial de certificação para os empreendimentos sustentáveis, conforme demonstrado no Tabela 1:

**Tabela 1: Metodologia de Kepner e Triggor para a análise de alternativas.**

<b>PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE (CERTIFICAÇÃO LEED)</b>							
<b>CRITÉRIO</b>	<b>PESO</b>	<b>SKID</b>		<b>ETE – SPA</b>		<b>LEIRAS</b>	
		<b>NOTA</b>	<b>PONTOS</b>	<b>NOTA</b>	<b>PONTOS</b>	<b>NOTA</b>	<b>PONTOS</b>
<b>LOCAL</b>	<b>1.5</b>	<b>3</b>	<b>4.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>
<b>ÁGUA</b>	<b>2.0</b>	<b>3</b>	<b>6.0</b>	<b>2</b>	<b>4.0</b>	<b>1</b>	<b>2.0</b>
<b>ENERGIA</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>3</b>	<b>4.5</b>
<b>MATERIAIS SUSTENTÁVEIS</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>
<b>QUALIDADE</b>	<b>1.5</b>	<b>3</b>	<b>4.5</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>
<b>INOVAÇÃO</b>	<b>2.0</b>	<b>3</b>	<b>6.0</b>	<b>1</b>	<b>2.0</b>	<b>1</b>	<b>2.0</b>
	<b>10.0</b>		<b>27.0</b>		<b>16.5</b>		<b>13.0</b>

O reuso desses efluentes líquidos anula a necessidade de disposição numa bacia de sedimentação ou o lançamento do mesmo no corpo hídrico. A prática do reuso além de contribuir com o saneamento ambiental, resulta em economia no sistema de produção, pois reduz as perdas do processo reaproveitando as águas de lavagem que correspondem a cerca de 3% do volume de toda a água tratada.

Para a avaliação do consumo de polímero vale ressaltar que se observou que o mesmo não depende somente do equipamento como também da característica do lodo a ser desidratado. Em todos os casos avaliados o lodo apresentou classificação de resíduo classe II-A (resíduo não inerte) de acordo com a NBR 10.004.

Para os lodos gerados na ETA Juturnaíba, foram realizados testes de bancada nas fábricas da Peralisi e Andritz, objetivando a definição do menor custo operacional (polímero) e a melhor eficiência desse processo (percentagem de matéria seca). Para tanto foram encaminhadas várias amostras no decorrer de um ano para se avaliar o perfil do lodo com as variações climáticas e a interferência característica de cada estação do ano.

A Tabela 2 apresenta o balanço de massa obtido nos levantamentos realizados pela Prolagos e as empresas Peralisi e Andritz:

**Tabela 2: ETA Juturnaíba – Dados e Parâmetros Adotados no Balanço de Massas**

<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>10</b>
<b>Concentração de SST ( mg/l)</b>	<b>10</b>
<b>Dosagem de coagulante (mg/l)</b>	<b>20</b>
<b>Percentagem do coagulante aplicado incorporado aos flocos (%)</b>	<b>100</b>
<b>Lodo gerado no decantador</b>	<b>0,90</b>
<b>Teor de SST no lodo descartado do decantador (%)</b>	<b>0,5</b>
<b>Captura de sólidos no adensamento (%)</b>	<b>85</b>
<b>Captura de sólidos na decantação (%)</b>	<b>80</b>
<b>Captura de sólidos na filtração (%)</b>	<b>85</b>
<b>Captura de sólidos na desidratação (%)</b>	<b>95</b>
<b>Teor de sólidos nas águas de lavagens dos filtros (mg/l)</b>	<b>106</b>
<b>Teor de sólidos do lodo do clarificador (%)</b>	<b>0,5</b>
<b>Teor de sólidos do lodo adensado (%)</b>	<b>2</b>
<b>Teor de sólidos do lodo desidratado (%)</b>	<b>20</b>
<b>Teor de sólidos do lodo das leiras de secagem (%)</b>	<b>50</b>
<b>Densidade do lodo adensado (ton/m3)</b>	<b>1,0</b>
<b>Densidade do lodo desidratado (ton/m3)</b>	<b>1,02</b>

O sistema projetado objetiva, principalmente, permitir a recuperação de uma boa parcela da água de lavagem dos filtros a qual retorna ao processo de tratamento na ETA. O retorno da água de lavagem clarificada é realizado na estrutura de entrada da ETA I - Accelerators.

A solução adotada para o sistema de recuperação de água de lavagem dos filtros compreende a equalização/pré-clarificação (processada no tanque de equalização existente), (clarificação num clarificador circular) e recirculação da água clarificada.

Na 1ª. etapa de implantação, as águas de lavagem das duas ETAs são encaminhadas para equalização e pré-clarificação num tanque existente devidamente reformado e adequado para essa finalidade.

Conforme o dimensionamento hidráulico das unidades, o volume mínimo requerido para o tanque de equalização é de 300 m<sup>3</sup> e o tanque existente (após as adequações) dispõe de uma capacidade de 470 m<sup>3</sup>, suficientes para cumprir com folga a função de equalização e pré-clarificação das descargas líquidas.

A reforma do tanque existente incluiu, entre outros, o rebaixamento da laje de fundo numa das extremidades, de forma a garantir a submersão da bomba de lodo e a construção de enchimentos e aberturas de interligação das câmaras atualmente compartimentadas. Esse tanque passou então a funcionar como um pré-clarificador por bateladas, operação esta que se processa no período compreendido entre duas lavagens de filtros, adotado em 6 horas.

O volume de água clarificada é integralmente encaminhado para uma elevatória, ao lado do tanque de equalização e, a partir desta, recalcado para a estrutura de entrada dos Accelerators. Foi instalado um misturador do tipo submersível de forma a promover a circulação do líquido no interior do tanque de equalização objetivando minimizar a formação de pontos de acúmulo de sedimentos no interior do tanque. Os sistemas de extravasão e de drenagem de fundo existentes foram mantidos.

As águas de lavagem da ETA I continuaram sendo encaminhadas pela rede de tubulações existentes. No caso da ETA II a estrutura de saída foi reformada para permitir o desvio das águas as quais foram conduzidas, por gravidade, até o tanque de equalização através de uma nova tubulação de concreto armado de 600 mm de diâmetro. No interior do tanque de equalização também foi implantada uma elevatória para retirada do lodo sedimentado, constituída por uma bomba centrífuga tipo submersível.

Ao lado do tanque de equalização foi construída uma elevatória para retorno da água clarificada para início do processo – estrutura de entrada do Accelerators. Essa elevatória está interligada ao tanque de equalização através de uma tubulação de 200 mm de diâmetro equipada com uma válvula motorizada de operação automática.

O sistema de recuperação de água de lavagem dos filtros será utilizado também para recuperação da água de drenagem dos decantadores.

O sistema de tratamento de lodo tem uma capacidade instalada de 30 m<sup>3</sup>/h e um período de operação de 20 horas.

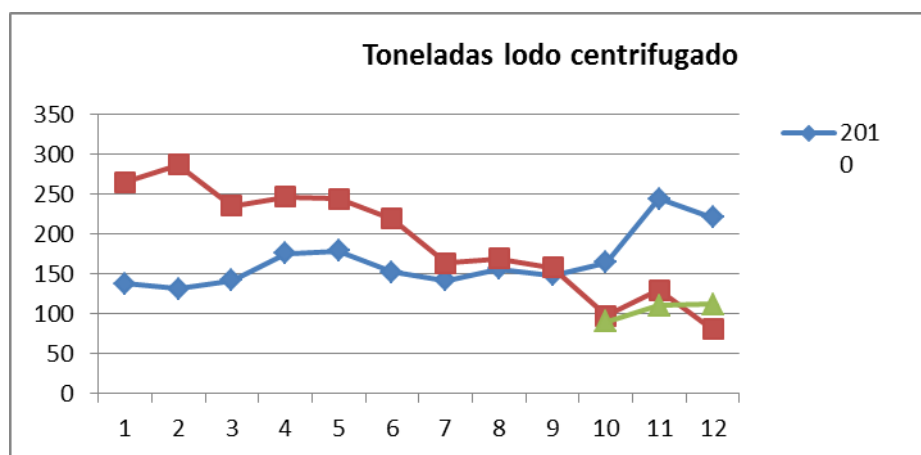


**Figura 1: Sistema de desidratação implantado – Skid da empresa Pieralisi**

## RESULTADOS

A turbidez da água pode ser fortemente influenciada pela floração de algas, dependendo da família e do gênero presentes, razão pela qual se faz necessária a análise qualitativa e quantitativa desses organismos em diferentes épocas do ano. Historicamente o manancial de Juturnaíba apresenta floração de cianobactérias com frequências anuais, sempre após um período de fortes chuvas seguido de estiagem contínua, em média de 30 a 45 dias. O período que normalmente ocorre essas florações é entre os meses de fevereiro a abril, dada às condições climáticas do local.

A geração de lodo centrifugado é proporcional ao volume de água tratada e a turbidez de água bruta a tratar. Na figura 2 se ilustra a quantidade de lodo centrifugado por mês a partir do star-up do sistema de desidratação, em outubro 2009.



**Figura 2: Quantidade de lodo desidratado/mês**

As características do lodo nas etapas de desidratação são apresentadas no quadro abaixo:

**Tabela 3: Concentração do lodo nas etapas do processo**

<b>Etapa</b>	<b>% umidade</b>
<b>Fundo decantador</b>	<b>0,4 - 0,8</b>
<b>Saída tanque homogeneização</b>	<b>0,6 - 1,2</b>
<b>Saída adensador</b>	<b>2,0 - 3,5</b>
<b>Saída centrífuga</b>	<b>23 – 27</b>

## **CONCLUSÕES**

As maiores dificuldades encontradas no início da operação do sistema foram:

- Encontrar a relação ótima entre dosagem de polímero para concentração do lodo desidratado e, consequentemente a massa de material a ser transportado em função do custo de transporte e disposição final no aterro sanitário, tendo em vista a distância do mesmo para a ETA.
- Encontrar o melhor ponto de aplicação do reuso em função da concentração de residual de polímero no clarificado da centrífuga a fim de não comprometer o processo de tratamento de água (cinética da floculação e carreira de filtro).
- Automatizar a aplicação do polímero em função do nível de sólidos suspensos no lodo a fim de se otimizar o uso do produto, minimizando sua concentração residual na água de reuso.

Com o passar do tempo e o aprimoramento na operação do sistema, se alcançou uma redução da aplicação do polímero em 30% pela implementação de um sistema de interceptação do efluente clarificado do adensador e centrífuga, antes de retornar ao processo da ETA, o qual é aplicado no tanque de homogeneização. Com essa medida, o residual elevado de polímero nos clarificados, antes prejudiciais ao processo de tratamento da água, pode ser utilizado como floculante no próprio processo da desidratação.

Desta forma o consumo de água no processo de desidratação é unicamente na limpeza das peneiras do adensador e limpeza externa da instalação, sendo a primeira recuperada no processo de tratamento de água.

Outros projetos que estão sendo desenvolvidos são:

- Desenvolvimento de novas opções de destinação final como ser matéria prima para fabricação de tijolos e asfaltos;
- Desenvolvimento de um leito de secagem após centrifugação para reduzir volume e umidade e, consequentemente, o custo de transporte e disposição final, assim como aumentar alternativas de destinação final.

A preocupação da empresa na implantação de novos processos e tecnologias visando aplicar o saneamento ambiental (redução dos custos de investimento, dos impactos ambientais e aumento de produtividade) resultou em uma diferenciação no mercado com credibilidade dos negócios e melhoria da imagem corporativa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- DI BERNARDO, Luiz; PAZ, Lyda Patrícia Sabogal José Almir. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Paulo: LDiBe, 2008. 878 p.
- RICHTER, C.A. Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI; PMBOK (Project Management Body of Knowledge). 4ª ed, 2008.