

XII-021 - CONTROLE AUTOMÁTICO OTIMIZADO DE PRODUTOS QUÍMICOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO ONLINE DE CAMPO, NA DESIDRATAÇÃO MECÂNICA DE LODO

Allan dos Anjos Pestana⁽¹⁾

Técnico em Automação Industrial pelo Instituto Federal (IFSP). Técnico em Sistemas de Saneamento – Automação na SABESP. Aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial na FATEC Itaquera.

José Antonio Faria⁽²⁾

Técnico em Eletrônica pelo Centro Paula Souza - ETEC Jorge Street. Técnico em Sistemas de Saneamento – Automação na SABESP.

Rodrigo da Rocha Oliveira⁽³⁾

Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Universidade Braz Cubas (UBC). Técnico em Química pela E.E.P.S.G. Prof. Carlos Molteni. Encarregado de Operação na SABESP.

Ronaldo Paladino⁽⁴⁾

Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Universidade do Grande ABC Anhanguera. Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Getúlio Vargas. Encarregado de Manutenção Eletromecânica na SABESP. Instrutor de Práticas Profissionais no SENAI A. Jacob Lafer - Santo André.

Selma Regina de Souza⁽⁵⁾

Química Industrial pela Faculdade Oswaldo Cruz. Especialização em Engenharia de Saneamento Básico na Faculdade de Saúde Pública. MBA Gestão Empresarial pela FIA. Gerente de Operação na Sabesp

Endereço⁽¹⁾: Av. Almirante Delamare, 3000 – Heliópolis – São Paulo - SP - CEP: 04230-000 - Brasil - Tel: (11) 2020-2406 - e-mail: apestana@sabesp.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta as melhorias realizadas no sistema de condicionamento químico da Estação de Tratamento de Esgotos da Sabesp - ETE ABC, visando a estabilidade do processo e a dosagem otimizada de produtos químicos (cal e cloreto férrico), na etapa final da fase sólida, desidratação mecânica de lodo.

Para isso foram adquiridos e instalados instrumento com princípio de luminescência, e a partir das demandas operacionais, criada uma lógica de dosagem dos produtos químicos em um dos controles lógicos programáveis (CLP) existentes na estação.

Os resultados mostraram que a implementação do controle automático, permitiu otimizar a dosagem de produtos químicos, reduzir o consumo de cal hidratada no condicionamento químico de lodo e atender a qualidade exigida do lodo desidratado, bem como melhorar a gestão dos produtos químicos.

PALAVRAS-CHAVE: Produto Químico, Condicionamento Químico, Uso Otimizado, Coagulante Adequado, Desidratação de Lodo.

INTRODUÇÃO

As empresas, tanto do setor de saneamento quanto de outros setores, buscam trabalhar com qualidade e com custos competitivos, sendo a gestão de todos os recursos envolvidos de fundamental importância. A análise orçamentária anual da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgoto da Sabesp (Relatório de Acompanhamento Orçamentário-Financeiro, 2016) mostrou que o gasto com material de tratamento representa a quarta maior conta da unidade, ficando atrás apenas da conta de pessoal, energia elétrica e serviços. O gasto com material de tratamento representa 9% das despesas da unidade, o que corresponde à aproximadamente 25 milhões/ano.

As cinco grandes estações de tratamento de esgoto da Sabesp, que estão localizadas na RMSP, utilizam produtos químicos na fase sólida do processo como estabilizantes do lodo, garantindo a qualidade do tratamento e atendimento às exigências legais e padrões dos corpos d'água, alinhada à missão da Companhia de "contribuir para a qualidade de vida e do meio ambiente".

Conforme descrito por MIKI (1998) os métodos de condicionamento químico do lodo para a estabilização incluem o uso de produtos químicos inorgânicos ou orgânicos (ou a combinação de ambos). Os produtos químicos inorgânicos correntemente usados são os sais férricos, ferrosos e de alumínio e óxidos ou hidróxido de cálcio. Já os produtos químicos orgânicos normalmente utilizados incluem o extenso grupo de polieletrólitos orgânico-poliméricos, que tem sido usado extensivamente no tratamento de água e esgoto.

A ETE ABC foi projetada para utilizar cal e cloreto férrico nesta fase do tratamento. O Manual de Operação e Manutenção da ETE ABC – HIDROSERVICE ENGENHARIA LTDA (1997) orienta a dosagem de produtos químicos de acordo com a massa de lodo a ser tratada (7,5% cloreto férrico e 20% cal hidratada), porém, sempre existiu a dificuldade de utilização destes produtos de forma otimizada devido a variação da vazão e características do lodo a ser condicionado.

A ETE ABC, até então, realizava a dosagem manual dos produtos químicos, com o controle e monitoramento realizados através de planilhas, contudo, esta prática pode levar ao uso em quantidade inadequada de produtos químicos, aumentando os custos do tratamento ou afetando a qualidade do lodo, contrariando objetivos estratégicos do mapa operacional para a unidade de Tratamento de Esgotos da Sabesp.

O lodo desidratado produzido na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE ABC é destinado a aterro Sanitário com a exigência mínima de 30% de ST (sólidos totais) no lodo.

OBJETIVOS

Os objetivos principais das melhorias realizadas no sistema de condicionamento químico da Estação de Tratamento de Esgoto da Sabesp – ETE ABC, são a estabilidade do processo e a dosagem otimizada de produtos químicos (cal e cloreto férrico), na etapa final da fase sólida, desidratação mecânica de lodo.

METODOLOGIA UTILIZADA

Em reuniões entre as equipes de Operação e Manutenção foi avaliado o indicador de produto químico, considerando todos os equipamentos e controles envolvidos, bem como a gestão do uso dos produtos químicos em todo o processo. Avaliando as planilhas operacionais, foi verificado que o indicador estava oscilando muito, mostrando-se acima do consumo definido através dos cálculos de dosagem que foram baseados nas variáveis do processo (Figura 1).

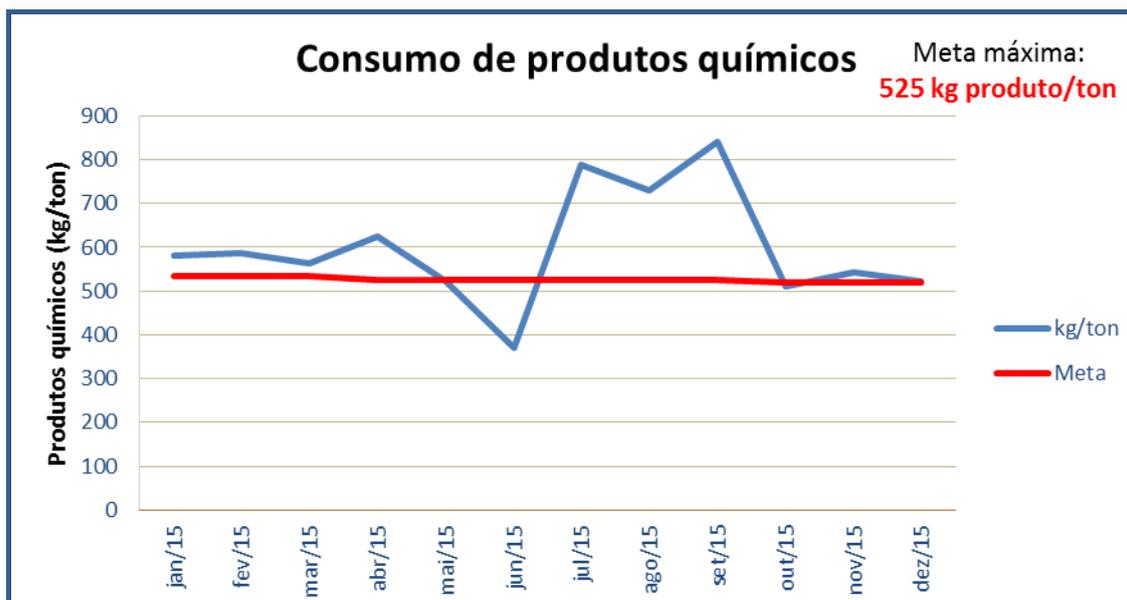


Figura 1 - Consumo de produtos químicos

Após a avaliação do aumento de consumo de produto químico e definição do objetivo do estudo, foi formado um grupo multidisciplinar, coordenado pela Gerente de operação da estação de tratamento, com responsáveis das áreas de Operação, Manutenção (especialistas das áreas de elétrica, mecânica, instrumentação e automação), Civil, Informática e engenheira de processo.

Foi identificada a necessidade de melhorar a gestão do consumo de produtos químicos conforme análise demonstrada na ferramenta “5 Por quês” (Tabela 1). As principais causas identificadas foram a falta de instrumentos de medição e equipamentos para análise das variáveis dos processos. Para a realização das ações planejadas, havia a demanda de utilização de recursos de investimento, cujos prazos foram reavaliados devido à crise hídrica que ocorreu nos anos de 2014 a 2016.

Tabela 1 - 5 Por quês

1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	Ações	Responsável
Alto consumo de produto químico - cal e cloreto férrico	Dificuldade de realizar as dosagens devido às variações do processo	Não há instrumentos que meçam as variáveis desse processo		Pesquisar instrumentos para serem utilizados no sistema de condicionamento	Equipe de Instrumentação
				Testar instrumentos no sistema de condicionamento junto com fornecedores	Equipe de Instrumentação
				Aquisição/Instalação de instrumentos no sistema de condicionamento	Equipe de Instrumentação
Controle insatisfatório da concentração de sólidos do lodo a ser condicionado	A concentração de sólidos é medida a cada 1 hora	Não há instrumento para a realização da medição	Falta de instrumento que realize de forma automática	Definição do melhor equipamento a ser utilizado	Equipe de Automação
				Aquisição de equipamento para a medição contínua de ST	Equipe da Automação
				Realização de testes para definição dos parâmetros	Equipe Operacional e Engenharia
Controle irregular das vazões das bombas de cal	Não é possível fazer controle linear com as bombas de cal instaladas	Bombas de cal são centrífugas e não são apropriadas para esta aplicação		Instalação de bombas de princípio peristáltico para bombeamento de cal	Equipe Eletromecânica
Controle irregular das vazões das bombas cloreto férrico	Bombas de cloreto férrico tem vazão nominal fora da faixa de trabalho	Bombas de cloreto foram superdimensionadas quando foram adquiridas		Aquisição de bombas com a faixa de trabalho correta para o bombeamento de Cloreto Férrico	Equipe Eletromecânica
Controle irregular da medição de vazão de leite de cal	Medidor de vazão com princípio magnético não era adequado a aplicação	Ocorria a incrustação de cal no medidor		Instalação de calha Parshall para a medição de leite de cal	Equipe de Civil
Dosagem incorreta de produtos de acordo com as premissas	Incerteza nas variáveis presentes no condicionamento	Falta de instrumento padrão para comparação		Aquisição de balança de secagem térmica para determinação da concentração de sólidos totais	Equipe Operacional
				Aquisição de medidor CST (Capillary Suction Time)	Equipe Operacional
				Realização de testes para definição dos parâmetros	Equipe Operacional e Engenharia
Instabilidade na qualidade do lodo desidratado	Dosagem de produto não uniforme	Dosagem realizada manualmente	Falta de um sistema que realize de forma automática	Estudar junto com a operação como deve ser feito o condicionamento	Equipe de Automação e Engenharia
				Pesquisar maneiras de se realizar o controle de forma automática	Equipe de Automação
				Implantar controle automático de acordo com as	Equipe de Automação

				premissas operacionais	
Dificuldade na gestão de consumo de produtos químicos	Impossibilidade do registro via computador pelo operador	Sala de condicionamento não possui rede corporativa		Instalação de rede de dados na sala de condicionamento (Fibra ótica)	Equipe de Informática

A equipe participou do processo de análise e busca de soluções para resolver os problemas encontrados. Durante a análise de causa já foram definidas ações para as equipes, e os responsáveis pelas áreas iniciaram os estudos junto a fornecedores para a especificação das melhores alternativas técnicas no mercado que poderiam ser implantadas.

Dentre as contribuições do estudo, a equipe contou com a experiência da Engenharia de Processo para avaliar todas as possibilidades de intervenção no condicionamento químico do lodo e levantou as necessidades para a automação do processo, enquanto a equipe de especialistas analisava a viabilidade da implantação. Também utilizou como referência o trabalho de conclusão de graduação de um funcionário da Sabesp (PALADINO, 2013). A solução foi apresentada à equipe e foi realizado um *brainstorming* com o objetivo de propor alternativas, melhorias e adaptar a ideia à realidade da planta, como a quantidade de bombas e os métodos que seriam utilizados para as medições.

Devido à complexidade do projeto, foi previsto um ano para a implantação das ações relacionadas nos “5 Por quês”, dividido em etapas com entregas programadas, conforme figura 2:

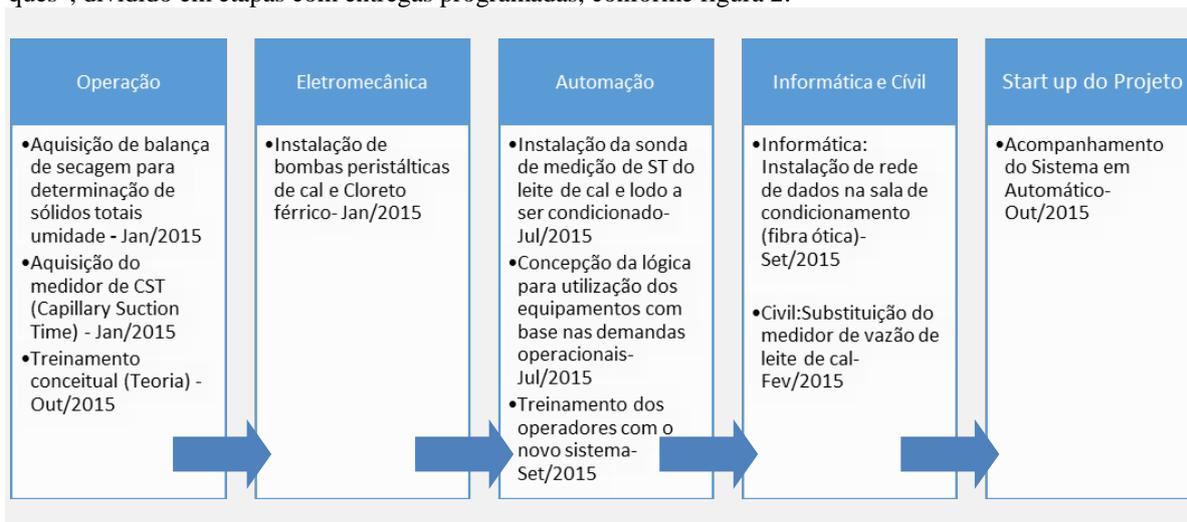


Figura 2 - Lista de ações tomadas por área

A Engenharia de Processo realizou o treinamento sobre os conceitos teóricos do condicionamento químico de lodo para a equipe de Automação, que inseriu a lógica de funcionamento no controlador, com o objetivo de que todos conhecessem como o projeto deveria funcionar.

Pela equipe de Automação foi definida a aquisição de instrumentos que funcionam através do princípio de luminescência, pois os mesmos não necessitam de calibração com padrão de formazina, aumentando a precisão e diminuindo as horas de manutenção. Foram realizados testes com os instrumentos a fim de verificar se os mesmos atendiam as demandas para integrar o projeto e variabilidade das medições, o que consistiu em realizar medições no processo e comparação com os equipamentos de laboratório.

Para a garantia do processamento dos dados de campo, foi realizado um *upgrade* do Controle Lógico Programável (CLP) existente, ao invés da aquisição de um novo, minimizando os recursos empregados. E em paralelo com a concepção da lógica, foram realizados treinamentos para a equipe operacional a fim de minimizar o impacto com um sistema novo, em que o operador não está acostumado.

Foi realizada a troca do antigo medidor de vazão de leite de cal com princípio magnético, para calha *Parshall*, o que se mostrou fundamental para o sucesso da solução implantada (Figura 3). O método anteriormente utilizado impossibilitava a medição correta da vazão, porque a cal incrustava nas paredes do tubo exigindo muito tempo de manutenção e impedindo a dosagem em automático. O novo método de medição, por ser aberto, facilita a limpeza da unidade e permite a medição independente da linha ou bomba em operação.



Figura 3 - Antes e depois do método de medição da vazão do leite de cal

Os fornecedores que apresentaram as melhores alternativas técnicas visitaram a planta e acompanharam o “*start up*” dos instrumentos, nos casos dos instrumentos analíticos, foi realizada a apresentação do passo-a-passo da rotina de calibração.

Com a implantação da solução, foi possível medir as variáveis de processo do condicionamento (concentração de sólidos do lodo a ser condicionado, vazão de lodo, concentração e vazão da cal e vazão de cloreto férrico) e inserir os dados de medição das variáveis no Controle Lógico Programável (CLP), equipamento que realiza diversos controles em toda planta.

A solução permite aos operadores realizarem o condicionamento de lodo, dosando os produtos químicos de forma instantânea de acordo com as variações do processo, sem utilizar cálculos manuais e controles em diversas planilhas. A interface homem máquina (IHM) instalada no local é responsável por essa melhoria e de fácil utilização pois apresenta alternativas de operação em manual e automático. O aspecto inovador é identificado também não só com a utilização de novas ferramentas, mas principalmente na interação dos dados. Isso permite dosar os produtos químicos de forma otimizada, garantir intertravamentos de segurança entre os equipamentos e centralizar os controles conforme descrito no fluxograma (Figura 4) a seguir:

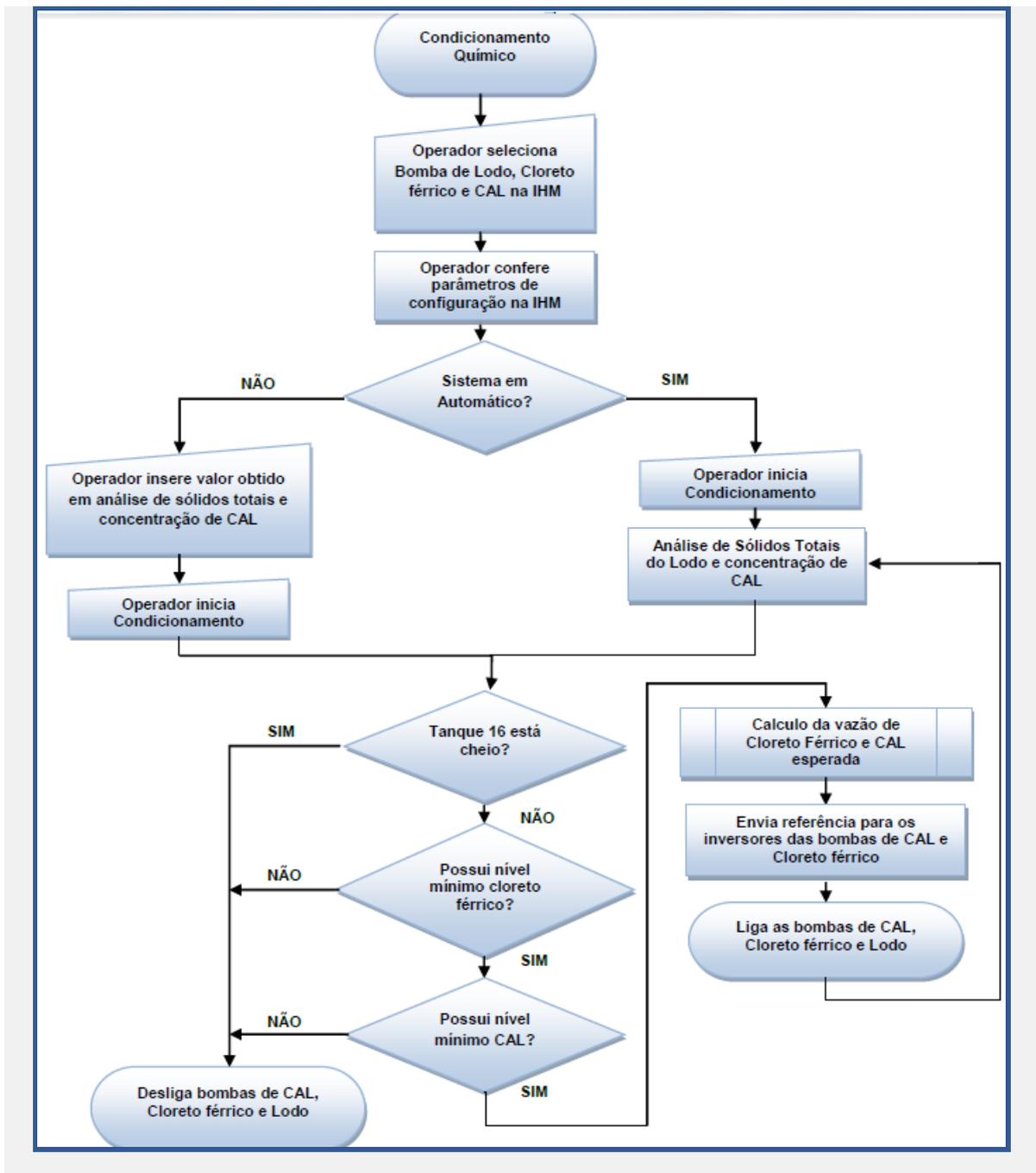


Figura 4 - Fluxograma de dosagem otimizada de produtos

No período de testes do projeto, a equipe operacional acompanhou o consumo dos produtos químicos com maior frequência através de planilhas operacionais para garantir que os mesmos não teriam divergências no processo de controle. O procedimento adotado para o condicionamento químico, conforme apresentado no fluxograma, demonstra a prevenção de problemas, pois permite que o operador avalie as alternativas disponíveis de atuação. As condições de segurança previstas no processo permitiram o desarme automático de qualquer bomba, ou seja, se houver falha de alguma das variáveis (vazão e nível de produtos químicos e lodo) o sistema é paralisado. A manutenção preventiva dos equipamentos é realizada periodicamente garantindo a disponibilidade do sistema.

A automatização do controle facilitou o processo de condicionamento químico de lodo, uma vez que o acionamento dos equipamentos e a realização das medições são localizados no mesmo espaço. A correção

automática da dosagem de produto químico minimizou os erros operacionais e perdas de processo permitindo maior agilidade no condicionamento do lodo, e a instalação de fibra ótica permitiu o lançamento e a visualização dos dados operacionais de forma mais rápida e segura, evitando erros de digitação e monitoramento em tempo real. A dosagem automática de produtos químicos por si só se adapta a todas as possíveis alterações das variáveis de processo, por exemplo, se a concentração de lodo aumentar, a dosagem de produtos é diretamente proporcional. Em caso de problemas de operação no sistema implantado, conforme fluxograma apresentado, a operação pode utilizar o sistema em modo manual até que sejam corrigidas as divergências.

RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo da implantação da solução, as equipes de Operação e Manutenção se reuniram para discutir e avaliar os resultados alcançados. Foram utilizados indicadores para mensurar a gestão dos produtos químicos:

- Consumo de produto químico: massa (kg) de produto por tonelada de lodo desidratado;
- Produção de lodo: quantidade (tonelada) de lodo produzido no período;
- Concentração do lodo desidratado: teor de ST (sólidos totais) no lodo desidratado em %.

Após a implantação da solução (Out/15 a Set/16) podemos verificar que ocorreu melhora no resultado dos indicadores conforme demonstrado abaixo.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram respectivamente a redução do consumo de produto químico, aumento da produção de lodo e melhoria na qualidade do lodo desidratado após a implantação da melhoria. Os bons índices alcançados estão diretamente relacionados ao novo método de condicionamento, pois os resultados encontrados estão dentro dos valores ótimos de trabalho, ou seja, mínimos para a dosagem.

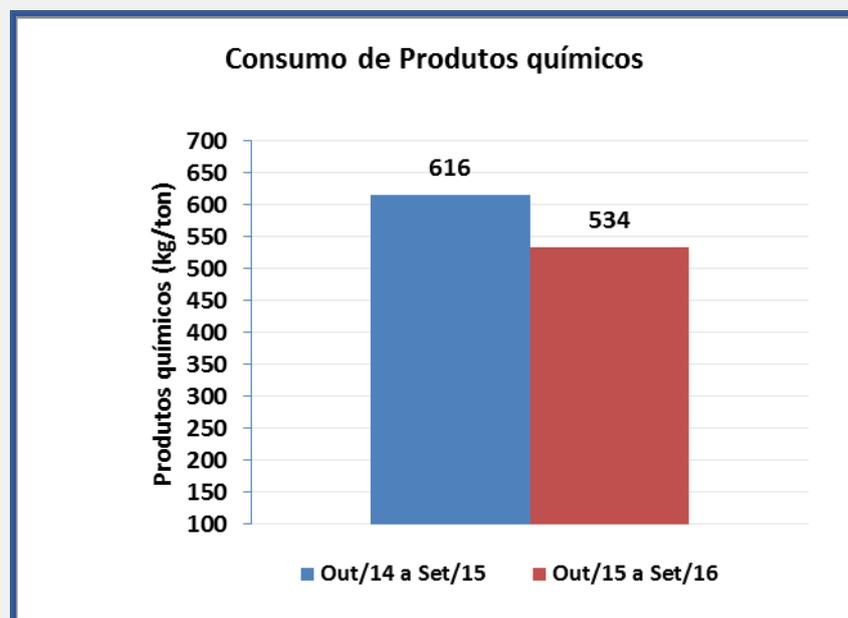


Figura 5 – Consumo de produto químico

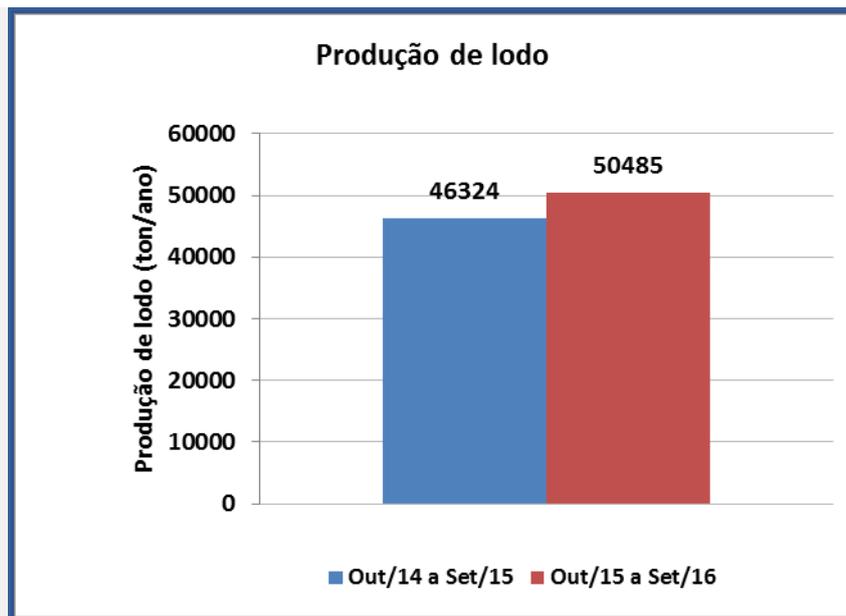


Figura 6 – Produção de lodo

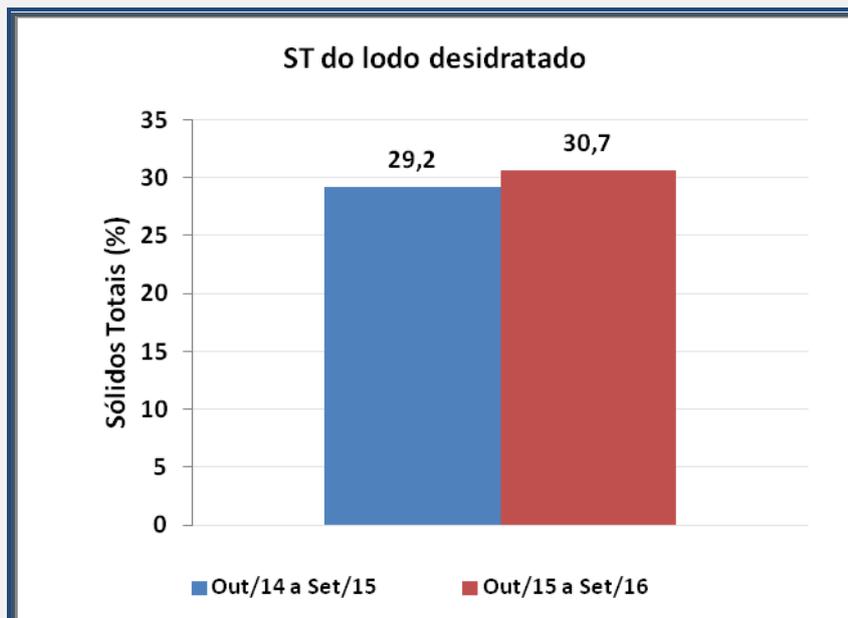


Figura 7 – Concentração de ST Lodo desidratado

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Avaliando os resultados foi possível concluir que no período após a implantação da melhoria (Out/15 a Set/16) ocorreu o aumento da produção de lodo desidratado utilizando praticamente o mesmo consumo de cal hidratada, conforme Figura 8.

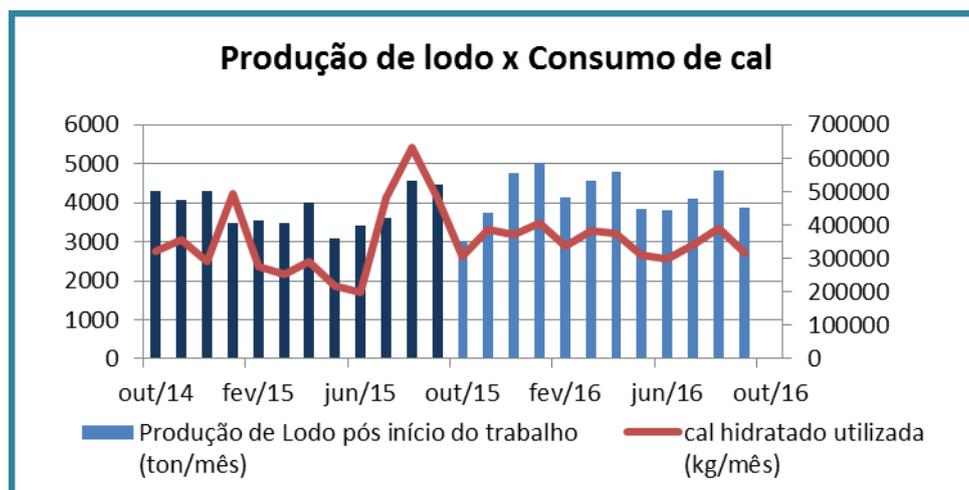


Figura 8 - Consumo de cal x Produção de lodo

A produção de lodo aumentou em 14% o que levaria a um consumo de mais 623.696kg de cal hidratada no período, equivalente a R\$223.907,00/ano (considerando o preço de R\$0,3590/kg da cal).

Com a implantação da melhoria, obtivemos resultados secundários tais como:

- Redução das paradas para lavagem dos filtros devido à colmatagem das telas;
- Redução do tempo de ciclo de filtragem devido ao aumento de confiabilidade nos equipamentos;
- Controle na qualidade do lodo condicionado antes da desidratação (controle de ST);
- Estabilidade no condicionamento de lodo e na desidratação mecânica de lodo;
- Estabilidade em todo o processo na estação de tratamento de esgoto (fases líquida e sólida).

Também obtivemos resultados intangíveis:

- Padronização dos procedimentos operacionais no condicionamento químico;
- Menor ocorrência de erros operacionais no processo de condicionamento;
- Melhoria da permeabilidade (filtrabilidade) nas telas (camisas) dos filtros;
- Minimização dos riscos ergômetros devido à facilidade de desemplacamento do lodo;
- Melhora na Imagem da Empresa com a redução de impactos ambientais.

Abaixo, o depoimento de um Técnico Operacional da planta em relação à melhoria do processo: “No processo de condicionamento químico do lodo, a adição dos produtos químicos de forma automática facilita o nosso trabalho na Operação, pois, além de dosar os produtos de forma mais precisa economizando os insumos, permite que o operador atue em outras tarefas, seja descarregando filtros, ou limpando e organizando seu ambiente de trabalho. Também diminuí a dependência de outros operadores para a realização das atividades, como ligar a bomba de recalque de lodo digerido ou desemplacamento do lodo, por exemplo, e diminuí até mesmo o deslocamento do operador, já que os comandos são realizados na sala de condicionamento”.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A solução implantada permitiu o atingimento dos objetivos principais do trabalho: otimização da dosagem de produto químico, redução do consumo de cal hidratada e produção de lodo desidratado com a qualidade exigida nos aterros sanitários. Também possibilitou planejar de forma assertiva o consumo e recurso necessário para aquisição de produtos químicos.

Com os resultados obtidos entendemos que a aplicação da metodologia em outras estações de tratamento de esgotos que ainda trabalham com o sistema de condicionamento em manual é recomendável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORDÃO, E. P. Tratamento de Esgotos Domésticos. Rio de Janeiro. 7ª Edição. ABES, 2014.
2. VAN HAANDEL, A. O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado. Campina Grande, Epgraf, 1999.
3. MIKI, M. K. Utilização de polímeros para condicionamento de lodo de ETE para desidratação em filtro prensa de placas. São Paulo, 1998. Dissertação de mestrado- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
4. PALADINO, R.; TEODORO, A. V., CRUZ, A. O., JARINA, V. D. Automação do Processo de Dosagem de Cloreto Férrico em Condicionamento de Lodo. Santo André, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação- Universidade do Grande ABC-Anhanguera Educacional.
5. Relatório de Acompanhamento Orçamentário Financeiro, 2016.
6. O Manual de operação e manutenção da ETE ABC – HIDROSERVICE ENGENHARIA LTDA (1997)

GLOSSÁRIO

- CLP – Controle Lógico Programável
- IHM – Interface Homem Máquina
- ST – Sólidos Totais
- RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
- MT – Unidade de Tratamento de Esgotos da Sabesp
- *Brainstorming* - Termo em inglês que significa tempestade cerebral, representa uma oportunidade para expor ideias livremente, sem censura, como ponto de partida para um projeto.
- Formazina – Padrão de turbidez