



Tecnologias de tratamento na prática

Experiências sobre o terreno de tratamento de lodo fecal e de águas residuais

Traduzido por: **SuSanA**
Latinoamérica

Executado por: **SNV**

UTS Institute for Sustainable Futures

Sobre o SNV

A SNV Netherlands Development Organization é uma organização internacional de desenvolvimento sem fins lucrativos que faz a diferença na vida das pessoas que vivem na pobreza, ajudando-as a aumentar sua renda e acessar serviços básicos. Impulsionados pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nos dedicamos a uma sociedade equitativa na qual todas as pessoas sejam livres para buscar seu próprio desenvolvimento sustentável. Por meio do nosso trabalho nos setores de Agricultura, Energia e Água, Saneamento e Higiene (WASH, siglas em inglês), ajudamos a realizar soluções de propriedade local que fortalecem as instituições, lançam mercados e permitem que as pessoas trabalhem para sair da pobreza muito além do escopo de nossos projetos. O SNV tem uma presença local de longo prazo em mais de 25 países e é apoiado por mais de 1.300 funcionários em todo o mundo.

Para obter mais informações, acesse: www.snv.org

Sobre o Instituto de Futuros Sostenibles-ISF-UTS

O Instituto de Futuros Sustentáveis (ISF) foi criado pela Universidade de Tecnologia de Sydney (UTS) em 1996 para trabalhar com a indústria, o governo e a comunidade para desenvolver futuros sustentáveis por meio de pesquisa e consultoria. Nossa missão é gerar mudanças em direção a futuros sustentáveis que protejam e melhorem o meio ambiente, o bem-estar dos seres humanos e a equidade social. Adotamos uma abordagem interdisciplinar do nosso trabalho e engajamos nossas organizações parceiras em um processo colaborativo que enfatiza a tomada de decisões estratégicas. No desenvolvimento internacional realizamos pesquisas estratégicas e compromissos nas áreas de efetividade do desenvolvimento, água, saneamento e higiene, mudanças climáticas, desenvolvimento urbano e política e planejamento energética.

Para obter mais informações, acesse: www.isf.uts.edu.au

Citação: : ISF-UTS e SNV, Tecnologias de Tratamento na Prática: Experiências de Campo de Lodo Fecal e Água de Tratamento de Águas residuais, Haia, Organização de Desenvolvimento dos Países Baixos SNV, 2021.

Autores: Simone Soeters, Pierre Mukheibir e Juliet Willetts.

Esta coleção de estudos de caso foi produzida como parte do Saneamento Urbano e Higiene para Saúde e Desenvolvimento do SNV. (USHHD, sigla em inglês), que está sendo implementado atualmente em 20 cidades ao redor do mundo. Documenta práticas reais de lodo fecal e tratamento de águas residuais narradas por proprietários de plantas, operadores e funcionários do SNV em Bangladesh, Indonésia, Quênia e Zâmbia. Contas da Malásia, Índia, África do Sul e Benim também são compartilhadas.

Cada estudo de caso foi revisado por Antoinette Kome e Rajeev Munankami (SNV). Ao final de cada estudo de caso se agradece aos contribuintes de cada país. Esta publicação foi editada e gerenciada por Anjani Abella (SNV). Foi desenhado por

Grupo Criativo ThompsonStenning.

Para obter mais informações sobre a abordagem USHHD da SNV, acesse:

www.snv.org/sector/water-sanitation-hygiene/product/urban-sanitation-hygiene

Informação de contacto

Antoinette Kome

SNV

Gestor Global do Sector, WASH

akome@snv.org

Julieta Willetts

ISF-UTS

Professor e Director de Investigação

Juliet.Willetts@uts.edu.au



Esta publicação foi apoiada pelo programa de consórcio WASH SDG, financiado pela Direcção-Geral de Cooperação Internacional (DGIS) do Ministério dos Negócios Estrangeiros dos Países Baixos.

Tabela de Conteúdos

Prólogo	1
Introdução	3
Principais ideias que emergem dos estudos de caso	4
Considerações gerais	5
Estudos de Caso	
1 Tratamento convencional e mecanizado do lodo fecal, Duri Kosambi, Indonésia	6
2 Pantanal construído para o tratamento de lodo fecal, Khulna, Bangladesh	14
3 Produção de filtrado de turfa de coco e reutilização de turfa de coco, Kushtia, Bangladesh	22
4 Produção de briquetes para reutilização, Nakuru, Quênia	30
5 Respiração anaeróbica para o tratamento e reutilização de lodo fecal, Lusaka, Zâmbia	38
6 Tratamento (resíduos) da mosca soldado negro, Nairóbi, Quênia	48
7 Trincheira profunda, Ásia e África	54
8 Utilização de contactores biológicos rotativos Banjarmasin, Indonésia	61
9 Sistema de tratamento de águas residuais descentralizados, Makassar, Indonésia	69



Trator de propriedade municipal e gerida em Kushtia (Foto: SNV)

Prólogo

O saneamento urbano é um dos maiores desafios dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Com mais da metade da população mundial vivendo atualmente em áreas urbanas, a cobertura mal é mantida com o crescimento populacional. Com a crescente percepção de que apenas uma pequena parte dessa cobertura é tratada com segurança, uma emergência de saúde ambiental está nos olhando de frente. Os efeitos das mudanças climáticas tornarão esse desafio ainda maior.

Isso significa que tomar as decisões “certas” sobre investimentos em saneamento urbano está se tornando cada vez mais importante do que nunca. Claramente, nossa infraestrutura precisa ser projetada para uma gama mais ampla de eventos extremos. Mas, paralelamente, devemos reconhecer que a capacidade adaptativa de nossas estruturas administrativas e sistemas governamentais será exigida ao máximo.

Por muito tempo, o esgoto foi considerado a principal, muitas vezes única, opção para abordar o manejo de resíduos humanos (fezes e urina) em ambientes urbanos. No entanto, a construção de esgotos e tratamentos relacionados exigem altos investimentos de capital. Assim, na ausência do financiamento necessário, muitas cidades simplesmente continuaram com o “status quo” de esvaziamento informal (não regulamentado) e descarte inseguro. Recentemente, o interesse por soluções de esgoto de baixo custo e sem esgoto aumentou. Há um reconhecimento crescente de que, na maioria dos ambientes, os serviços de saneamento em toda a cidade precisarão envolver uma combinação de opções de esgoto, descentralização e não esgoto. Desenvolvê-los e integrá-los de forma operacional, financeira e tecnicamente adequada é uma prioridade nesses contextos.

O SNV atua em saneamento urbano há quase 10 anos; buscando desenvolver uma abordagem que atenda a toda a cadeia de valor do saneamento, todas as pessoas e todas as áreas de uma cidade de forma integrada e sustentável.¹ A ISF-UTS tem sido nossa parceira de conhecimento e, juntos, desenvolvemos uma variedade de resultados de conhecimento² abrangendo temas desde planejamento e financiamento do saneamento, até a aplicação e os bairros marginalizados, entre outros. Também organizamos uma gama de eventos de aprendizagem.³ No entanto, sentimos que havia uma lacuna em torno do tratamento do esgoto e do lodo fecal. Isso não foi tanto em termos de orientação técnica sobre opções de tratamento, mas sim de informações sobre a realidade cotidiana

e perspectivas das pessoas envolvidas. Fatores que acreditamos que podem ajudar os governos locais e/ou os serviços públicos a refletir sobre as diferentes opções disponíveis.

As discussões sobre investimentos em saneamento urbano são muito focadas em estações de tratamento. O financiamento e construção de plantas de tratamento são muitas vezes percebidas como a intervenção que resolverá o problema do saneamento urbano em uma cidade; muito pouco se pensa em como levar todos os resíduos para a estação de tratamento (seja para águas residuais ou para lodo fecal). No entanto, nos locais onde as estações de tratamento são construídas, as taxas de funcionalidade são baixas; este é particularmente o caso das estações de tratamento de lodo fecal. Tenho visto mais estações de tratamento de lodo fecal não funcionais abandonadas do que estão operacionais.

Ao procurar casos para este livro, queríamos incluir algumas das histórias de sucesso na reutilização do lodo fecal que vimos apresentadas em várias conferências internacionais. Pedimos às nossas equipes dos vários países que dirigissem até os locais onde foram reutilizados e ficamos tristes ao descobrir que alguns desses projetos tinham desaparecido completamente.

Isso faz com que se pergunte se corremos o risco de criar realidades paralelas em nosso setor: uma realidade com fabulosas histórias de sucesso sobre inovação e economia circular, sendo financeiramente viável, ambiental e socialmente sustentável; a outra realidade é aquela em que a maior parte da infraestrutura de saneamento urbano está passando apuros. ¿Não é hora de fazermos um balanço e fundamentar todas essas expectativas para chegarmos a uma narrativa mais realista em torno do tratamento e reutilização?.

Embora um foco limitado em “apenas tratamento”, a reutilização e descarte raramente resultem em soluções, esta é certamente uma parte importante do quebra-cabeça do saneamento urbano. Precisamos entender melhor como as decisões foram tomadas em torno da construção de todas essas plantas e por que há tantos problemas hoje.

Existem ferramentas e compêndios que descrevem diferentes opções tecnológicas, mas ao falar com municípios ou serviços públicos, a tomada de decisões sobre sua infraestrutura nem sempre foi tomada como uma “escolha informada”. Em vez disso, as decisões foram baseadas em recomendações de um consultor ou projetos predefinidos por um banco de desenvolvimento multilateral ou ONG; replicado de uma cidade vizinha ou construída porque se encaixa dentro de um ciclo orçamentário municipal. Enquanto os municípios e os serviços públicos estavam felizes em garantir investimentos para suas estações de tratamento, eles

¹ SNV, “Urban Sanitation and Hygiene for Health and Development (USHHD)”, Capability statement, The Hague, SNV, 2020, https://snv.org/cms/sites/default/files/explore/download/ushhd-capability-statement_0.pdf, [accessed 3 May 2021].

² View some of SNV and ISF-UTS’ collaborative learning papers and briefs here, <https://interactive.snv.org/snv-urban-sanitation-publications#196515> and <https://interactive.snv.org/snv-urban-sanitation-publications#195070>.

³ Documentation on SNV-organised USHHD learning events available for download here: <https://interactive.snv.org/snv-urban-sanitation-publications#257720>.

estavam menos conscientes do que significaria manter essas plantas funcionando. No entanto, essas são as mesmas pessoas que devem operar e manter essa infraestrutura por 20 anos ou mais e com a expectativa de ver os benefícios que isso traria para suas cidades ou pequenos povoados. Eles também são as mesmas pessoas que devem arcar com o ônus de pagar empréstimos através da infraestrutura, que podem ter sido financiados.

A missão da SNV é contribuir para uma sociedade na qual todas as pessoas tenham a liberdade de seguir seu próprio desenvolvimento sustentável. Isso significa que não promovemos uma tecnologia específica em relação a outra, mas facilitamos um processo de “escolha informada” que explora várias tecnologias. Como regra geral, isso significa que mais de uma opção tecnológica precisa ser explorada. Apresentar apenas uma opção deixa as autoridades municipais incomparáveis e sem alternativa para escolher.

Embora a comparação de opções tenha o benefício de aprofundar a compreensão das pessoas, o curso também deve ser feito (a) em consideração do sistema de prestação de serviço para toda a cidade (ou região se for uma empresa de serviço público regional), e (b) incorporar dados relevantes e possíveis cenários ao longo do tempo. São considerações complexas que, na ausência de qualquer esforço, correm o risco de se tornarem discussões técnicas entre um grupo restrito. Portanto, a escolha informada também é sobre a tradução de dados para informações acessíveis, para que as partes interessadas possam participar significativamente tanto das discussões quanto da tomada de decisões.

Facilitar a escolha informada para a tomada de decisão por um indivíduo é bastante complexo. No entanto, facilitar a escolha informada por uma autoridade local se cruza com seus deveres de realização de direitos, boa governança e responsabilização. Eles não estão tomando essas decisões informadas para si mesmos, mas para a população de sua cidade; aqueles que serão beneficiados com o serviço; aqueles que pagam os impostos que reembolsam o emprestado.; e aqueles que vivem no ambiente de tratamento da estação e podem ser afetados por ele. Esta é uma complexidade adicional. Além disso, as autoridades municipais são responsáveis, direta ou indiretamente, pelas condições de trabalho dos profissionais de saúde da usina. Portanto, além de entender as opções de tratamento, a escolha informada nesse contexto significa compreender e pesar as implicações das opções de tratamento para diferentes grupos de partes interessadas dentro de suas cidades.

Infelizmente, o entendimento e também o interesse das autoridades municipais e de outras partes interessadas em tecnologias de tratamento são geralmente limitados. A informação é considerada muito técnica e as histórias apresentadas tanto teóricas quanto milagrosas em seu sucesso.

A realidade diária tanto nas estações de lodo fecal quanto nas estações de tratamento de águas residuais é menos limpa e rosa. A curva de aprendizado é geralmente muito mais íngreme e criar as condições certas requer muito trabalho duro. O que precisamos são

histórias da vida real que ajudem as partes interessadas a refletir sobre esses aspectos. Só então a tão necessária inovação no setor de saneamento urbano se tornará realidade. Neste livro, apresentamos uma coleção dessas histórias cotidianas. Espero que leia, compartilhe, use e que esteja empenhado em garantir opções mais informadas sobre tratamento e reutilização. Se você remover apenas uma mensagem, lembre-se que o tratamento funcional é difícil de trabalhar e que não há fórmula mágica.

Antoinette Kome

Gestor do sector Global da SNV, WASH

Introdução

O funcionamento das estações de lodo fecal e de tratamento de águas residuais raramente é desenvolvido como descrito em manual ou livro didático. No entanto, pouco foi documentado sobre os desafios práticos da vida real dos envolvidos. Essa lacuna limita a capacidade dos planejadores e tomadores de decisão de tomar as decisões de investimento certas. Essa coleção de estudos de caso torna acessível as experiências e realidades enfrentadas pelas pessoas envolvidas na operação das instalações de tratamento, descarte e reutilização de lodo fecal e esgoto, e as decisões que tiveram que tomar. Tal conhecimento pode informar a seleção de tecnologias de tratamento adequadas às realidades contextuais esperadas.

A compilação destina-se a ser ilustrativa e não é exaustiva em todas as tecnologias disponíveis. Cada estudo de caso descreve um sistema, seu propósito de tratamento, seu contexto regulatório e o processo que levou à sua seleção. Além disso, são descritas as realidades, desafios e oportunidades de operação e manutenção de cada tecnologia. Os estudos complementam documentos técnicos orientados a processos existentes, fornecendo relatos de experiências de campo com tecnologias de tratamento. Não é um manual para uma escolha informada; em vez disso, é um recurso que pode ser usado durante processos de escolha informada.

O público-alvo deste documento são planejadores, tomadores de decisão e profissionais de tratamento de lodo fecal e águas residuais. Isso pode incluir aqueles que trabalham no governo, organizações não governamentais (ONGs), instituições de pesquisa e aprendizagem ou no setor privado. Esta compilação pode ser usada em um nível amplo para ter uma ideia das diferentes opções descritas nas várias tecnologias, ou em um nível detalhado, para examinar tecnologias específicas.

La selección deliberada de estudios de caso presenta una combinación de tecnologías de manejo de lodos fecales y aguas residuales implementadas a gran escala durante un período de tiempo prolongado. Los operadores y diseñadores de cada tecnología entrevistados para esta investigación fueron identificados y accedidos a través de las redes de la SNV Netherlands Development Organisation y el Institute for Sustainable Futures-University of Technology Sydney (ISF-UTS). Las siguientes secciones de este documento presentan los nueve estudios de caso en detalle.



Principais ideias que emergem dos estudos de caso

A partir desses nove estudos de caso, surgiram uma série de questões-chave e considerações que planejadores, tomadores de decisão e profissionais podem considerar ao projetar ou operar as tecnologias de tratamento de lodo fecal e água residual descritas neste artigo. Estes são apresentados abaixo.

Combinar a capacidade pretendida com as realidades da demanda é um desafio.

Projetar a capacidade de tratamento para atender à crescente demanda por esvaziamento de lodo fecal e tratamento de águas residuais pode ser um desafio. Várias estações de tratamento de lodo fecal foram encontradas operando abaixo da capacidade. A baixa demanda por purificação regular ou conexão com redes de águas residuais por tubulações foram os principais motivos dessa subutilização. Em todos os casos, com o objetivo de aumentar a demanda, foram realizadas campanhas promocionais e de comunicação para informar as famílias sobre os benefícios da limpeza regular ou da adesão às redes de tubulações. É importante ressaltar que leva tempo para desenvolver demanda e esvaziar a capacidade do serviço. Até que as estações de tratamento de lodo fecal estejam totalmente operacionais, ainda são necessárias opções seguras de descarte. Opções como entrincheiramento de linha profunda podem oferecer soluções provisórias para o problema do descarte de lodo fecal. Em alguns casos, o entrincheiramento de linhas profundas pode fornecer uma estratégia de longo prazo e, em um caso, o lodo foi reutilizada para agrossilvicultura.

Características de lodo e variabilidade da entrada de resíduos são considerações fundamentais, mas muitas vezes são omitidas. As características do lodo são considerações importantes na hora de escolher uma tecnologia e tomar decisões operacionais; por exemplo, diante da qualidade variável do lodo. No entanto, as características do lodo são muitas vezes mal documentadas ou nenhuma análise é realizada. Isso resulta na falta de dados locais para tomar decisões informadas. Quando os lodos fecais dos tanques sépticos contêm areia áspera ou lixo, e/ou quando a gordura é jogada em latrinas, ao lodo pode bloquear e danificar equipamentos de detecção e atrasar o processo de tratamento. Objetos estranhos misturados no lodo fecal podem ser uma questão de saúde e segurança ocupacional para o pessoal. Por exemplo, elementos metálicos afiados podem ferir os trabalhadores quando classificam manualmente matéria orgânica. A consideração precoce reforçada das características de entrada facilitaria melhores escolhas e esforços proativos de mitigação durante a operação.

Comunidades próximas precisam ser consultadas sobre os impactos locais. Ganhar apoio da comunidade para uma estação de tratamento pode ser crucial para sua sustentabilidade a longo prazo. Sempre que possível, as comunidades devem ser consultadas e suas preocupações consideradas e abordadas durante as etapas de planejamento e projeto. As preocupações da comunidade podem incluir odores, vazamentos em poços de água

subterrânea ou interrupções no tráfego local durante a fase de construção. A falta de aceitação por parte da comunidade pode ameaçar o funcionamento de uma usina, já que os membros da comunidade podem se recusar a utilizar o serviço, levando à subutilização e déficit financeiro.

Entender todos os custos de insumos é fundamental para o desenvolvimento de arranjos financeiros sólidos para reutilização. As opções de reutilização (por exemplo, briquetes, co-ompostagem/fertilizantes e ração animal à base de insetos) estão cada vez mais sendo testadas e usadas para garantir o descarte seguro na última etapa da cadeia e para reciclar recursos e gerar receita. No entanto, a rentabilidade dessas opções nem sempre é clara no início. Altos custos operacionais e de entrada (como energia) podem, em alguns casos, significar que um esquema não é viável financeiramente ou pode precisar de apoio externo.

Uma possível contaminação do ambiente circundante pode exigir medidas de mitigação. Durante a seleção do local, é importante estar atento ao risco de contaminar os recursos terrestres e hídricos do entorno. Controles rigorosos são necessários para garantir que os efluentes tratados sejam gerenciados de forma responsável para evitar impactos locais e a águas subterrâneas. Isso foi particularmente perceptível em entrincheiramentos profundos onde não é possível usar trincheiras em áreas que sofrem inundações, ou que tenham solo arenoso. O risco de contaminação deve ser considerado para todos os tipos de sistemas de tratamento.

A segurança e a continuidade da energia podem afetar a operação bem sucedida. Fontes de backup ou alternativas à rede elétrica podem ser necessárias para garantir a continuidade da operação, ou opções alternativas que não requerem energia podem ser necessárias. Quedas de energia e falta de geradores de backup podem interromper o tratamento mecânico de lodo fecal e águas residuais. Tecnologias que dependem da energia solar podem não ser confiáveis devido à sua dependência do tempo ensolarado.

As condições meteorológicas devem ser levadas em conta nas opções de seleção e desenho. A tecnologia de tratamento escolhida deve corresponder às condições climáticas locais. O tempo chuvoso, por exemplo, pode afetar a velocidade de secagem em leitos de secagem de lodo e a secagem de briquetes. Isso é particularmente importante no contexto das mudanças climáticas e possíveis aumentos nos períodos secos ou chuvas extremas em muitos lugares.

A necessidade de conhecimento altamente técnico e a falta de peças de reposição localmente disponíveis podem tornar certas tecnologias indesejáveis. A falta das habilidades técnicas necessárias para manter algumas tecnologias e a incapacidade de obter peças de reposição localmente podem levar a interrupções ou podem significar que algumas tecnologias estão fora de serviço por longos períodos. O recrutamento e o treinamento adequado são, portanto, importantes.

Considerações gerais

Essa compilação de estudos de caso pode ajudar planejadores, profissionais e tomadores de decisão a melhorar as opções de tecnologia de tratamento contextualizada e enfrentar os desafios operacionais locais. Eles podem considerar as tecnologias apresentadas nesta compilação, ou podem aplicar as considerações de escolha informada descritas aqui para avaliar outras tecnologias, além das aqui apresentadas.

Ao selecionar as opções de tratamento mais adequadas, as tecnologias devem ser consideradas em períodos de tempo curtos, médios e longos. Isso inclui a melhor forma de combinar geração de resíduos ou insumos com investimento adequado em tecnologias de tratamento viáveis. A quantidade de resíduos dependerá da demanda da comunidade, das práticas de descarte de lodo fecal e da infraestrutura de águas residuais. A viabilidade das tecnologias de tratamento dependerá da disponibilidade de recursos humanos e do contexto em que as tecnologias atuarão, além de fatores mais amplos, incluindo clima, fornecimento de energia e considerações ambientais.

Por fim, é importante refletir sobre como as tecnologias funcionam na prática em contextos específicos do país. Instruções teóricas em livros didáticos podem parecer simples, mas essa impressão pode ser enganosa. Esta compilação de estudos de caso fornece uma visão sobre as realidades e desafios de operar e manter tecnologias diariamente, o que pode servir de ponto de partida para maiores documentações e compartilhamentos desse conhecimento em diferentes países e contextos.



Briquetes carbonizados redondos em leitos de secagem (Foto: SNV)



ESTUDO DE CASO 1

Tratamento de lodo fecal mecanizado e convencional

Duri Kosambi,
Indonesia



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

A Estação de Tratamento de Lodo fecla Duri Kosambi (FSTP) é uma das duas FSTPs que operam em Jacarta. A outra planta é Pulo Gebang FSTP. Ambos são gerenciados pela PD PAL Jaya, uma empresa de gestão de águas residuais da cidade.

O Duri Kosambi FSTP consiste em um sistema convencional (não mecanizado) construído em 1983 e um sistema mecanizado construído em 2013. A planta trata lodo fecal de fossas sépticas. Os principais critérios para a seleção e projeto do FSTP foram o custo e disponibilidade do terreno.

Quando o sistema convencional foi construído, a tecnologia foi escolhida por causa de seus custos operacionais mais baixos. Quando a usina precisava de expansão, a disponibilidade de terra era limitada, por isso foi escolhido um sistema mecânico que precisava de menos espaço. O ex-diretor da PD PAL explicou que o município pagou pela construção da estação de tratamento, mas a PD PAL teve que fazer investimentos adicionais desde que assumiu a gestão e operação em 2016 (ou seja, caminhões de lodo fecal, caminhões de vácuo, computadores e sistemas relacionados, bomba, tela, etc.). PD PAL autofinancia todos os custos de operação e manutenção (O&M).

A principal razão para a seleção da tecnologia é o custo operacional. O sistema convencional tem o custo operacional mais econômico, então construímos um em 1983. Em 2013, precisávamos aumentar a capacidade de tratamento. Como os sistemas convencionais exigem uma grande área, decidimos usar o sistema mecânico como alternativa para lidar com a baixa disponibilidade de terreno.

EX-DIRETOR DE POLÍCIA PAL JAYA



Descrição do sistema

A Figura 1 mostra um fluxograma da estação de tratamento. Caminhões transportam resíduos sépticos das fossas sépticas até a estação de tratamento. Há duas áreas de recepção de lodo: uma para o sistema convencional e outra para o sistema mecânico.

A Tabela 1 mostra o desenho e a capacidade operacional de Duri Kosambi FSTP. A PD PAL gasta aproximadamente 50% de seus custos operacionais em mão-de-obra, com outros custos significativos, incluindo eletricidade e produtos químicos para o sistema de tratamento. Os demais custos são para água, refeições, vitaminas, plano de saúde, seguro de emprego, uniformes e equipamentos de segurança.

Mesa 1. Duri Kosambi FSTP Capacidade e Custos Operacionais

	Sistema convencional	Sistema mecânico
Capacidade de desenho	300 m ³ de lodo/dia.	600 m ³ de lodo/dia.
Capacidade de carga	140-200 m ³ de lodo/dia.	

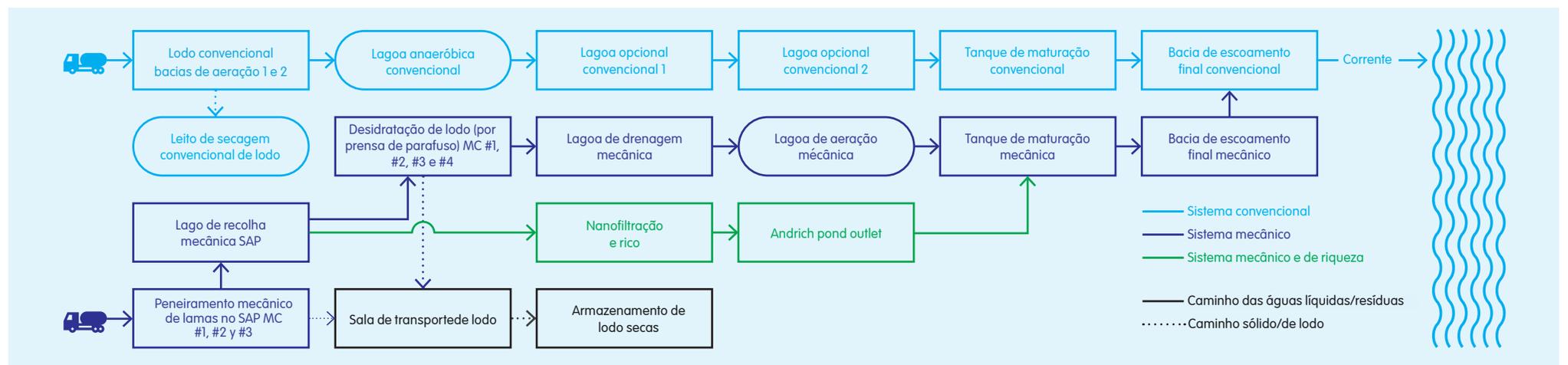


Escoamento de maturação convencional



Crivagem mecânica de lodo por meio de planta de aceitação Huber

Figura 1. Fluxograma de blocos de Duri Kosambi FSTP ¹



¹ Block flow diagram drawn by SNV based on site visit interviews.

Ambiente regulatório e conformidade

Durante a concepção e planejamento do FSTP Duri Kosambi, a principal norma de regulação e conformidade seguida para a qualidade do efluente foi a Norma do Governador (Pergub) nº 122/2005 de 2005. Desde 2016, uma regulamentação mais rigorosa da qualidade dos efluentes tem sido aplicada na Indonésia.² As regulamentações de 2016 introduziram normas mais rigorosas para sólidos totais suspensos (TSS), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e óleo e graxa. A exigência da demanda química de oxigênio (COD) é agora menos rigorosa; O manganato de potássio (KMnO₄) e a substância ativa azul metileno (MBAS) não são mais regulados, mas o controle de bactérias coliformes foi introduzido. Os resultados laboratoriais mais recentes do FSTP Duri Kosambi mostraram que, em alguns aspectos, a qualidade do efluente não atendia às normas e não havia relatos sobre concentrações de bactérias coliformes, óleo e graxa, apesar de estar coberta pelas novas regulamentações.

Para atender às novas normas de efluentes de 2016, a PD PAL instalou um filtro adicional na tubulação de saída do estanque de maturação antes que a água entre no estanque final de saída. O PD PAL instalou o novo filtro para minimizar as concentrações de TSS. PD PAL também instalou um soprador para aeração adicional no estanque de saída final. Embora essas ações tenham melhorado o desempenho da qualidade do efluente de Duri Kosambi, ainda são necessárias melhorias no processo de tratamento para atender às normas.

Tabela 2. Qualidades de afluentes e efluentes de águas residuais tratadas na usina Duri Kosambi FSTP em 2019, em comparação com os padrões de efluentes

Parâmetro	Entrada	Saída	Norma (Nº 68/2016)	Método
pH	6, 45-7, 88 pH	7, 12-7, 61 pH	6-9 pH	SNI 06-6989.11-2004
Sólidos totais em suspensão, TSS	340-8933, 33 mg/L	22, 5-84, 29 mg/L	30 mg/L	SNI 06-6989.26-2005
Demanda bioquímica de oxigênio, DBO ₅	106, 38-646, 82 mg/L	2, 76-69, 79 mg/L	30 mg/L	Respirométrico, 2005
Demanda química de oxigênio, DQO	687, 9-2780, 37 mg/L	41, 25-127, 67 mg/L	100 mg/L	Espectrofotometria, 2002
Matéria orgânica total, KMnO ₄	108, 04-568, 72 mg/L	54, 21-150, 50 mg/L	85 mg/L	SNI 06-6989.22-2004
Ammonia, NH ₃ -N	108, 75-239, 25 mg/L	0, 45-29, 81 mg/L	10 mg/L	Espectrofotometria
Tensioactivo azul de metileno, MBAS	0, 74-2, 69 mg/L	0, 13-0, 78 mg/L	2 mg/L	Espectrofotometria

² Regulation of Ministry of Environment and Forestry of the Government of Indonesia (2016) Permen LHK No. 68/2016.

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

Distribuição de lodo na aceitação

A distribuição do lodo fecal de entrada nos dois sistemas (convencional e mecânico) é determinada pelo número de caminhões e pela quantidade de lodo recebida. Se, por exemplo, cinco caminhões chegarem simultaneamente, o lodo é distribuído entre sistemas convencionais e mecânicos para facilitar um rápido processo de aceitação. Se menos caminhões chegam em um determinado dia, então todo o lodo é direcionada para o sistema convencional, pois os custos operacionais de energia e requisitos químicos são muito menores do que para o sistema mecânico.

A distribuição da lodo também depende de programas de manutenção e operação. Se o sistema mecânico estiver em manutenção, todo o lodo vai para o sistema convencional e vice-versa. Além disso, a lodo só pode ser descarregada no sistema mecânico pela manhã, uma vez que os operadores de máquinas treinados necessários para esta tarefa só estão presentes nesse momento, enquanto o sistema convencional dificilmente requer supervisão.

Requerimento de pessoal

Sessenta pessoas trabalham nos FSTPs de Duri Kosambi e Pulo Gebang. São oito funcionários permanentes que gerenciam tanto a FSTP quanto 26 funcionários não permanentes que trabalham apenas na Duri Kosambi. A equipe de 26 inclui 13 operadores (dois para o sistema convencional, quatro para o sistema mecânico, um para um sistema de pré-tratamento ANDRICH na fase de teste e seis entradas de registro) e 13 trabalhadores responsáveis pela segurança, administração, condução e limpeza. A maioria dos operadores tem ensino médio ou profissionalizante. Como funcionários e operadores não trabalham fora do horário comercial, a PD PAL conta com o segurança para impedir a entrada no local após o expediente, lidar com problemas de emergência e relatar quaisquer problemas (como quedas de energia) ou quedas de tecnologia (como no caso de o ventilador parar de funcionar).

Todo o pessoal da unidade recebeu treinamento em Saúde e Segurança do Trabalho (OSH), gestão de ativos e operação geral da estação de tratamento do Ministério do Desenvolvimento. Os operadores receberam treinamento na operação da estação de tratamento de um programa de desenvolvimento urbano de água e saneamento financiado pela USAID, e alguns também receberam treinamento administrativo adicional. Todos os operadores são equipados com uniformes de segurança, capacetes, botas e luvas, e são treinados no uso de equipamentos de segurança. No entanto, não há um procedimento operacional padrão (POE) de OHS específico na instalação para o manuseio de lodo e efluentes tratados e não tratados.

Se houver alguma queda de energia aqui, o sistema mecânico será interrompido, pois requer eletricidade para operar. Temos sorte de também termos o sistema convencional em Duri Kosambi STP que não requer eletricidade. No entanto, quando o soprador para no tanque de aeração durante uma queda de energia, ele interromperá o processo de aeração.

CHEFE DO IPLT DURI KOSAMBI

Custos operacionais vs. Receita

Atualmente, os custos de operação e manutenção (O&M) dos FSTPs de Duri Kosambi e Pulo Gebang superam as receitas geradas pelas duas instalações. A renda que a PD PAL obtém de empresas privadas de limpeza que descarregam lodo fecal em suas instalações é de US\$ 1,80/m³ de lodo fecal. Pelo serviço de descarte gerenciado pela PD PAL, a PD PAL cobra às famílias US\$ 11/m³, com uma taxa média de US\$ 22 por família. Para preencher a lacuna de receita atual, a PD PAL usa fundos de suas outras unidades de negócios, ou seja, um serviço de esgoto no centro de Jacarta.

A diferença de receita deve-se, principalmente, às instalações que operam abaixo da capacidade. No Duri Kosambi FSTP, 140-200 m³/dia de lodo está sendo processado, enquanto a capacidade de instalação é de 900m³/dia. A instalação não deverá atingir 100% da capacidade até 2050.³ A subutilização é abordada por meio de campanhas promocionais e de comunicação para informar as famílias sobre os benefícios da depuração regular. Este é um desafio, já que muitas famílias preferem fossas sépticas que filtram efluentes no chão sobre aquelas que requerem limpeza, e a consciência de qualquer necessidade de esvaziar seus tanques é geralmente baixa.

Fornecimento de eletricidade e manutenção contínua

Uma fonte de alimentação constante e manutenção contínua são cruciais para garantir que os sistemas de tratamento mecânicos e convencionais funcionem corretamente. Um gerador foi instalado como backup para possíveis falhas de energia. No entanto, de acordo com o ex-diretor PD PAL, o gerador quase não é necessário, pois as quedas de energia raramente ocorrem em Jacarta. A eletricidade retorna imediatamente quando ocorre um corte.

A manutenção contínua de equipamentos e instalações requer recursos financeiros e recursos humanos significativos para garantir a otimização do processo de tratamento. Quando a PD PAL assumiu a gestão e a operação em 2016, entrevistas com funcionários e operadores revelaram que foram necessários trabalhos significativos de manutenção e reparo para restaurar a instalação em sua condição de funcionamento adequado. Um teste atual com um sistema de pré-tratamento Andrich (mecânico) faz parte dos esforços de otimização e melhoria da PD PAL.

Desafios de operação e manutenção

Desafios de operação e manutenção

Um dos principais desafios operacionais enfrentados pela instalação Duri Kosambi é a contaminação de lodo fecal recebido com óleo e gordura, provavelmente despejada por restaurantes em suas fossas sépticas, bem como areia grosseira e lixo de fossas sépticas domésticas. A instalação também às vezes recebe lodo contendo corantes artificiais, que os operadores só podem detectar após o tratamento final. Como a instalação não é projetada para tratar restaurantes ou indústrias com águas residuais, esses contaminantes afetam negativamente o desempenho da estação de tratamento.

Para superar esses desafios, os SOPs afirmam que os operadores devem adicionar “produtos químicos” ao sistema, mas os tipos de produtos químicos são desconhecidos. Os SOPs também dizem que o lodo fecal contaminado deve ser isolado para tratamento

³ JICA, *Masterplan of Wastewater Management in DKI Jakarta, Jakarta, JICA, 2012.*



Lagoa aeróbica convencional

mecânico. O uso de tratamento mecânico garante que o óleo e a gordura não se instalem no sistema convencional do estanque convencional nem entupa os tubos de conexão. Atualmente, há alguma discussão sobre se as taxas poderiam ser cobradas para a eliminação do lodo fecal não apenas com base na quantidade de lodo recebida, mas também na qualidade, dado o impacto da má qualidade da lodo fluindo para o sistema. No entanto, a PD PAL está relutante em elevar os preços, pois isso pode reduzir ainda mais a quantidade de lodo recebido.

Falha tecnológica e desafios relacionados à capacidade

Os problemas de operação e manutenção mais comuns incluem falhas nas bombas, ventiladores e aeradores de superfície; tubos vazados e corroídos; processos de seleção convencionais ineficazes; e capacidade limitada de reparar unidades de tratamento tecnologicamente exigentes.

Lodo fecal contendo areia áspera e cascalho, que não são removidos no processo convencional de triagem, causam danos aos tubos e estruturas à medida que limpam lentamente o concreto no sistema convencional. O gerente da estação de tratamento explicou que, idealmente, o sistema de entrada é redesenhado para peneirar o lixo e assentar as areias ásperas de forma



Uma prensa de parafuso Huber em funcionamento

mais eficaz e ocupar menos espaço. Se esses ajustes forem feitos, a planta mecânica de aceitação do lodo não seria necessária. Então, todo o processamento poderia ser feito usando o sistema convencional. Isso exigiria menos recursos financeiros.

As unidades de tratamento mais exigentes para operar são as unidades mecânicas de desidratação da prensa de parafusos da Huber mecânica. Os operadores não têm a capacidade técnica de solucionar problemas ou reparar danos, pois a operação e o controle são realizados através de um painel de controle elétrico. Para essas tarefas, são necessários técnicos do escritório de distribuição da Huber em Jacarta, e todas as peças de reposição devem ser encomendadas da Malásia. Apesar desses desafios, o sistema de drenagem nunca ficou fora de serviço, pois há três unidades na unidade, cada uma com capacidade de 150 m³/dia. Portanto, se uma unidade está fora de serviço, as outras duas podem ser confiáveis.

Com frequência recebemos lodo da indústria de restaurantes ou alimentos que contém muita gordura e óleo que causa um mau cheiro em todo o sistema e entope os tubos. Temos que adicionar alguns produtos químicos para que não cause odor. Além disso, somos forçados a operar o sistema mecânico nos fins de semana em vez de apenas o sistema convencional, para tratar o lodo mais rápido para que a gordura e o óleo não se instalem no sistema.



Briquetes de combustível

Oportunidades de reutilização e tratamento otimizado

Testando a produção de briquetes

Atualmente, o lodo tratado da FSTP Duri Kosambi é coletado e armazenado na unidade. Uma investigação piloto está em andamento com a Companhia Estadual de Eletricidade para converter o lodo tratado em briquetes para reutilização como combustível. Dois tipos de briquetes estão sendo testados. Uma é composta inteiramente de lodo tratado e o outro é uma mistura de lodo fecal tratado (80%) e resíduos orgânicos (20%). Pesquisas piloto sugerem que 12 kg de briquetes poderiam produzir entre 3500 e 4500 watts de eletricidade, o que é cerca de metade do valor calórico do carvão. A PD PAL está considerando vender esses briquetes para uma Usina com sede em Bogor, mas a distância de Duri Kosambi até a usina (mais de 70 km) significa que isso não é atualmente viável financeiramente, devido a custos significativos de transporte. Além disso, a baixa qualidade e o valor calórico desses briquetes, bem como a abundante oferta de gás liquefeito barato (GLP), significa que o valor de mercado atual dos briquetes é baixo.



Unidade Andrich em funcionamento

Sistema de Tratamento Andrich

Em um esforço para otimizar e melhorar o desempenho do tratamento em Duri Kosambi, um sistema de tratamento andrich está sendo testado atualmente como um sistema de pré-tratamento. Andrich tem o nome de dois engenheiros indonésios que desenvolveram o sistema, Andri Oba e Chariunnas. O sistema consiste em uma unidade de membrana de nano filtração, que é equipada com um sistema de flutuação de ar dissolvido (DAF). A água do estanque de coleta de efluentes (SAP) da Unidade de Aceitação de Lodo, é bombeada para um sistema DAF convencional e filtrada na unidade de membrana de nano filtração. O efluente é então descarregado no estanque de saída de Andrich. A partir do estanque de saída, o transbordamento entra no estanque de maturação mecânica e se mistura com o transbordamento do estanque de aeração mecânica. O custo operacional do sistema Andrich é de US\$ 1,50/m³ de lodo, dos quais US\$ 1 é necessário para mão-de-obra qualificada. Além de seus custos operacionais mais baratos em relação aos dois sistemas existentes, o principal benefício é a qualidade muito maior do efluente que é produzido.

Considerações de escolha informada

Duri Kosambi FSTP em Jakarta, Indonésia, PD PAL Jaya (empresa estatal de águas residuais)

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 900 m ³ /dia. Capacidade operacional = 140-200 m ³ /dia.
	Receita	Receita combinada (FSTP de Duri Kosambi e Pulo Gebang) = US\$ 366.686/ano (lacuna com despesas operacionais [OPEX], cobertas pelas taxas externas de esgoto PD-PAL).
	Requerimento de energia	Sistemas mecânicos naturais e convencionais: o sistema natural (ou convencional) é preferido, pois os custos de energia e requisitos químicos são menores.
	Recursos de entrada	Lodo com pH = 6,9; TSS 2.100 mg/L; BOD 800 mg/L; COD 900 mg/L.
	Características de saída	Qualidade líquida do efluente (limite de efluentes de acordo com permen LHK norma de conformidade ambiental 68/2016): pH = 7,4-7,7 (6-9); TSS = 60-70 mg/L (30 mg/L) (não atende ao padrão); BOD = 35-60 mgs/L (30 mg/L) (não atende ao padrão); e COD = 90-160 mg/L (100 mg/L) (nem sempre atende ao padrão) Bactérias coliformes, óleo e gordura não são relatadas apesar de serem regulamentadas nas novas regulamentações.
	Exigência de terra	A área do terreno era uma limitação, por isso um sistema mecânico com uma pequena pegada foi escolhido para complementar o sistema natural convencional.
	Reutilizar	A produção de briquetes como fonte alternativa de combustível está sendo testada; o potencial de receita é limitado devido à baixa qualidade dos briquetes e aos altos custos de transporte, embora isso evite os custos de eliminação de lodo.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	60 pessoas no total (Duri Kosambi e Pulo Gebang FSTP): 8 funcionários permanentes em ambos os FSTPs; 26 funcionários da Duri Kosambi FSTP; 13 operadores (2 para o sistema convencional, 4 para o sistema mecânico, 1 para o sistema Andrich e 6 registros de entrada); e 13 trabalhadores responsáveis pela segurança, administração, condução e limpeza.
	Disponibilidade de tecnologia/material (local)	As peças de reposição para unidades de desaguamento da prensa de parafusos Huber Mecânica, que não estão disponíveis localmente na Indonésia, devem ser encomendadas da Malásia.

Referências

JICA, *Masterplan of Wastewater Management in DKI Jakarta*, Jakarta, JICA, 2012.

Regulation of Ministry of Environment and Forestry of the Government of Indonesia (2016) Permen LHK No. 68/2016.

Contribuintes: Lena Ganda Saptalena (SNV in Indonesia) | Dr Teguh Subekti, Hendry Sitohang, Romel Sitompul, and Ir. Erwin Marphy Ali (PD PAL Jaya).

Fotos: SNV.



ESTUDO DE CASO 2

Pantanal construído para tratamento de lodo fecal

Khulna,
Bangladesh



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

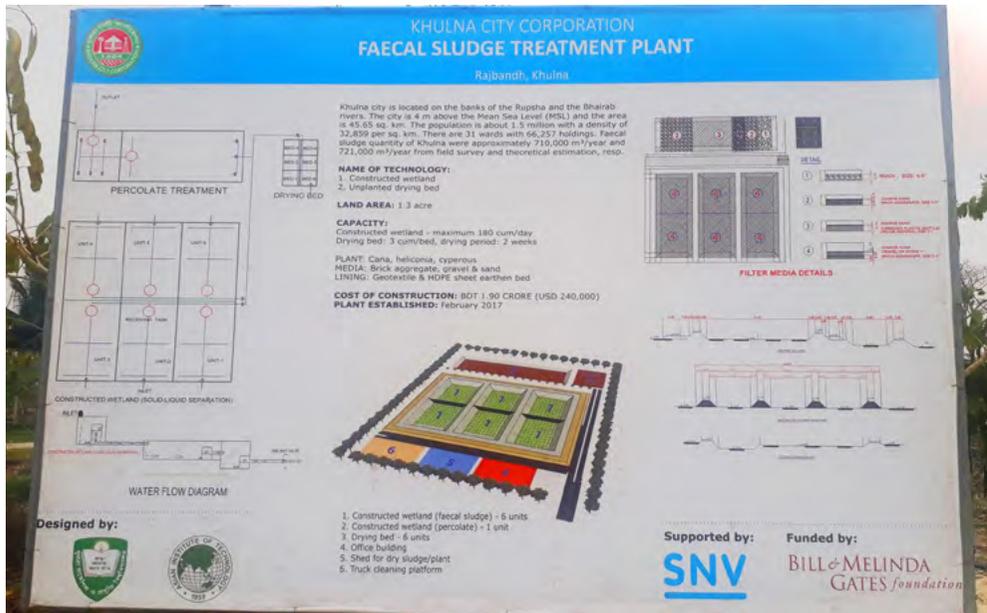
A estação de tratamento de lodo fecal (FSTP) em Khulna, Bangladesh, de propriedade e gerenciada pela Khulna City Corporation (KCC), um órgão do governo local, foi construída em 2016 e começou a operar em 2017. O pântano construído (CW) e os leitos de secado não plantados na FSTP foram selecionados por seus baixos custos de manutenção, operação e construção, e por oferecerem um sistema ambientalmente amigável.

O projeto e construção da estação de tratamento foi um esforço colaborativo. A Universidade de Engenharia e Tecnologia de Khulna (KUET) e a SNV prestaram assistência técnica na seleção de projetos, implementando um processo de escolha informada, e a KCC tomou a decisão final sobre o projeto. A Universidade de Engenharia e Tecnologia de Khulna e o Instituto Asiático de Tecnologia da Tailândia projetaram a planta. O SNV, com financiamento da Fundação Bill & Melinda Gates, financiou a construção da usina; com a KCC assumindo a responsabilidade pela construção, operação e manutenção da usina. Para suportar a operação eficiente da planta, SNV e KUET oferecem treinamento e atualizações regulares.

Escolhemos [este PROJETO] porque é mais econômico. Isso também é eco-amigável. Temos que usar máscaras em outras plantas, todos precisamos usá-la aqui também, mas não há cheiro ruim aqui. Você também não encontrará moscas aqui.

DIRETOR DE GESTÃO DE RESÍDUOS, KCC





Visão geral do KCC FSTP

Descrição do sistema

O KCC FSTP foi construído no que costumava ser um aterro sanitário, contendo cerca de 15.000 toneladas de resíduos sólidos. Antes da construção, foi realizado um estudo para investigar os potenciais riscos associados à construção do FSTP em aterro passivo. Uma vez que o local foi limpo para uso, foi construído o sistema de terra úmida construída linearmente, que incluiu seis unidades ou bacias de fluxo vertical construídos e uma área úmida de fluxo horizontal subterrânea construída. O afluyente tratado foi projetado para ser descarregado em um canal próximo. Seis leitos de secagem não plantados foram construídos para coletar o lodo seco para fins de uso final.

Caminhões de vácuo (conhecidos como vacutugs em Bangladesh) transportam o lodo para o FSTP, descarregando-a em um tanque de mistura e retenção que é equipado com uma tela de barra, que retém o material espesso e o lixo e evita entupimento das camas CW. Esta tela manual da barra está instalada em ambos os lados do fluxo vertical no sentido horário no Khulna FSTP. Para leitos de secagem de lodo não plantado, um grande recipiente plástico feito localmente é usado para separar o lodo de outros tipos de resíduos.



Ecrã de barra manual para remover detritos de lodo descarregadas na zona húmida de fluxo vertical construída

Quadro 1. Khulna FSTP capacidade e custos operacionais de áreas úmidas artificiais e leitos de secagem não plantados

	Pântano construído (CW)	Secagem dos canteiros sem plantio
Capacidade de desenho	180 m ³ de lodo/día.	3 m ³ com um período de secagem de duas semanas.
Capacidade operacional	10-15 m ³ de lodo/día.	
Custos operacionais	2.311 \$/año (salários e custos de eletricidade).	



Os níveis de CBO da água tratada são significativamente menores do que os da água do canal próximo ao FSTP

Ambiente regulatório e conformidade

O Khulna FSTP foi projetado para atender aos padrões de qualidade dos efluentes estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente e Florestas do Governo de Bangladesh, de acordo com as Normas de Conservação Ambiental de 1997. Os níveis de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na estação de tratamento de efluentes tratados estão consistentemente entre 26 mg/L e 33 mg/L, com o limite descartável permitido fixado em 40 mg/L para corpos de água superficiais continentais. O sistema de tratamento mantém este nível de DBO, mesmo com níveis de lama de javali de 400-500 mg/L recebidos de fossas sépticas domésticas.

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

Medição de quantidades de lodo e manutenção de desempenho

Khulna FSTP desenvolveu uma abordagem de baixa tecnologia para medir quantidades de lodo e garantir o desempenho da estação de tratamento. Para registrar as quantidades de



Lodo seco em áreas úmidas plantadas construídas

lodo recebidas pela planta, os vacutugs que descarregam o lodo são usados como padrão de medição. O volume é calculado de acordo com o volume de cada caminhão-tanque e o número de viagens feitas, todas registradas.

Uma atividade fundamental na manutenção do desempenho da FSTP é garantir que as plantas no pantanal construído sejam saudáveis e prósperas. A limpeza e a limpeza regulares são necessárias para garantir isso. A realização da estação de tratamento é medida pelo acompanhamento de perto da matéria sólida do lodo fecal nos leitos de secagem, segundo um dos operadores. A Universidade de Engenharia e Tecnologia de Khulna realiza testes mais sofisticados, já que khulna FSTP não possui atualmente um laboratório.

Monitoramos a matéria sólida no leito de secagem. Contamos quantos dias precisa secar. A partir disso, podemos medir o desempenho dos materiais de filtro. Também medimos a umidade.

OPERADOR, KCC



Vacutug na cidade de Khulna

Custos de construção e operação

Os maiores custos associados ao FSTP foram os gastos de capital e os custos salariais contínuos. Somente os custos de construção do FSTP foram estimados inicialmente em US\$ 58.930. Devido a obras de construção civil, como estradas de acesso à estação de tratamento e seu entorno, a criação de uma instalação de testes, necessidades de jardinagem e instalação de um sistema de segurança, o custo final foi de 235.715 dólares americanos. Os fundos foram fornecidos através de uma subvenção de um projeto SNV financiado pela Fundação Bill & Melinda Gates, que continuaram a apoiar melhorias para o FSTP no valor estimado de US\$ 30.000 por ano.

O maior custo contínuo da estação de tratamento são os salários dos funcionários, que consiste em um cuidador, o motorista vacutug e um assistente. Os engenheiros SNV e KUET fornecem suporte técnico relacionado à instalação ou reparo de máquinas e ao monitoramento do desempenho da FSTP. Os operadores das estações de tratamento receberam treinamento de Saúde e Segurança Ocupacional (SS) do SNV, bem como instruções sobre procedimentos operacionais.



Camas de secagem de lodo

Área de cobertura da estação de tratamento e crescimento futuro

A estação de tratamento foi projetada para uma vida útil de 30 anos, com conexões de esgoto planejadas para cobrir a maioria da população de Khulna no futuro. Atualmente, estima-se que o FSTP cubra 13% dos 1,5 milhões de habitantes de Khulna, e espera-se que o pantanal seja esvaziado após sete anos para manter a vida útil pretendida de 30 anos. Há possibilidades de ampliação da estação de tratamento, se necessário, com terrenos adicionais disponíveis e adjacentes ao pantanal atual.



Operadores que descarregam a influência directamente para um leito de zona húmida plantado

Desafios de construção, operação e manutenção

Descarga de lodo e triagem

Desafios relacionados à triagem manual da descarga de efluentes exigiram modificações nos sistemas de triagem. Devido ao alto fluxo de descarga do afluente das chaminés e ao tamanho insuficiente das malhas e tubos do filtro, as unidades de triagem manual no pantanal construído plantado não conseguiram lidar com a taxa de entrada. Isso resultou em lodo derramando ao redor das unidades.

Para enfrentar esses desafios, operadores e operadores vacutug muitas vezes contornaram unidades de triagem e descarregaram o afluente diretamente no leito do pantanal. No entanto, essa prática tem causado o entupimento do meio filtro do pantanal construído. Como resultado, os tubos de filtro da planta foram substituídos por tubos de maior diâmetro e maior qualidade, e as válvulas do portão foram substituídas por válvulas de esfera. Embora essas mudanças tenham melhorado o desempenho do sistema, de acordo com um dos operadores, o “fluxo vertical artificial do pântano não é tão sofisticado”.

Desafios da Construção

A falta de disponibilidade de materiais necessários e a dependência de materiais de baixo custo apresentaram desafios para a equipe de projeto e construção da Khulna FSTP. Como o local da estação de tratamento estava previamente cheio de lixo municipal, não foi possível lacrar a estrutura com água com concreto ou materiais disponíveis localmente. Portanto, foram exigidas folhas de polietileno de alta densidade na base das pias. Estes não estavam disponíveis em Bangladesh e tinham de ser importados, o que envolvia custos adicionais e tempo. O uso de solo compactado e rochas para formar as paredes do pantanal artificial plantado também levou a problemas estruturais, particularmente durante a estação chuvosa, e devido a buracos formados por ratos tratores. Este é um desafio de engenharia que precisará ser continuamente monitorado e abordado.

Estação de tratamento operando abaixo da capacidade

Atualmente, a fábrica está operando abaixo de sua capacidade de projeto. Isso pode afetar a eficácia do tratamento e requer esforços para aumentar a demanda da comunidade pelo esvaziamento. A estação de tratamento tem capacidade de projeto de 180 m³/dia de lodo, mas atualmente recebe entre 10 e 15 m³/dia.

A falta de consistência nos lodos recolhidos e recebidos poderia dificultar o crescimento e a saúde das plantas no pantanal artificial e poderia degradar o rendimento do tratamento. Nas discussões, os projetistas e operadores da estação de tratamento reconheceram que a escala era realmente muito grande; desenvolvimento e investimento deveriam ter sido organizados e organizados incrementalmente. O aumento da demanda por remoção de lodo pelas comunidades poderia ajudar, mas apresenta seus próprios desafios em facilitar iniciativas de comunicação para mudanças de comportamento. Um dos operadores da estação de tratamento afirmou que: “aumentar a demanda por offshoring é uma questão desafiadora”.

Os canos desta planta não eram tão largos. O diâmetro desses tubos era de três polegadas. A qualidade dos tubos também não era boa. Depois de discutir o assunto com o SNV, mudamos os canos. As válvulas do portão [foram] substituídas por válvulas de esfera.

OFICIAL DE CONSERVAÇÃO, KCC



Briquetas em bandejas de secado KCC

Reutilize oportunidades

Co-compostagem e produção de briquette

O possível uso econômico de matéria fecal sólida da estação de tratamento para co-compostagem, aquicultura e produção de briquetes não carbonizados e carvão vegetal está sendo investigado. O financiamento do governo nacional foi recentemente garantido pela KCC e pela SNV para realizar novas pesquisas e desenvolver e expandir a produção de briquete.

Matéria sólida [reutilização] está no nível de pesquisa. Queremos co-adubá-lo. Na verdade, queremos fazer aquicultura. Estamos investigando isso. Recentemente fabricamos briquetes. E o líquido flui diretamente para a água. Não temos a opção de reutilizá-lo. Nós nos certificamos de que o líquido não é prejudicial e é ecologicamente correto, então flui para o corpo d'água.

DIRETOR DE GESTÃO DE RESÍDUOS, KCC

Considerações de escolha informada

Pantanal construído para tratamento de lodo fecal em Khulna, Bangladesh

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 180 m ³ /dia. Capacidade operacional = 10-15 m ³ /dia.
	Custos operacionais	US \$ 2,311 por ano (salários e custos de eletricidade).
	Recursos de entrada	BOD = 400-500 mg/L.
	Recursos de saída	BOD = 26-33 mg/L (limite de descarga: 40 mg/L).
	Reutilizar	Investigue opções de co-compostagem, aquicultura e produção de carvão e briquetes não carbonizados.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Um cuidador, um motorista vacutug e um ajudante; Os engenheiros SNV e KUET fornecem suporte técnico relacionado à instalação ou reparo de máquinas e ao monitoramento do desempenho da FSTP.
	Disponibilidade de tecnologia/material (local)	Todos os materiais estão disponíveis localmente.

Contribuintes: Sk Shaker Ahmed (SNV in Bangladesh) | Muhammed Alamgir (University Grants Commission of Bangladesh) | Md Abdul Aziz and Anisur Rehman (KCC) | Md Forkan Sarder (Khulna FSTP).

Fotos: SNV.



ESTUDO DE CASO 3

Produção de filtragem e reutilização de turfa de coco

Kushtia,
Bangladesh



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

A Estação de Tratamento de Lodo Fecal (FSTP) em Kushtia, Bangladesh, tornou-se operacional em 2012. É de propriedade do município local, mas é operado de forma privada por meio de um contrato com a Environmental Resource Advancement Services (ERAS), uma pequena empresa privada. O FSTP inclui leitos de secagem não plantados para separar resíduos sólidos e líquidos, um filtro de turfa de coco para tratar efluentes líquidos e envolve um processo de co-compostagem para tratar lodo seco com resíduos orgânicos para fins de reutilização. Essas tecnologias foram escolhidas para seu design simples e de baixo custo para construção, operação e manutenção (O&M). Uma tecnologia natural foi escolhida em vez de opções mecanizadas para evitar contas de energia caras e os requisitos frequentes de operação e manutenção de qualquer sistema mecanizado. No entanto, algumas bombas mecanizadas são usadas como parte do sistema.

A seleção do projeto foi feita por meio de um processo consultivo envolvendo várias organizações públicas e privadas, incluindo: (i) o Departamento de Engenharia governamental local de Bangladesh (LGED) como financiador do FSTP (por meio de seu projeto de Proteção Integrada a Inundações de Cidades Secundárias (STIFP)); (ii) município local de Kushtia como proprietários do FSTP; e (iii) uma série de consultores nacionais e internacionais como consultores técnicos. O local foi inicialmente desenvolvido para a compostagem de resíduos municipais e, posteriormente, foi adicionado o componente de manejo de lodo fecal. Foi o município de Kushtia que tomou a decisão final sobre o projeto após discutir e consultar os membros do projeto STIFP, o município e os assessores técnicos.



Descrição do sistema

O Kushtia FSTP usa um sistema de tratamento linear para processar o lodo fecal, que chega à instalação através de caminhões de vácuo de propriedade municipal e operados (conhecidos como vacutugs em Bangladesh). A *Figura 1* mostra o processo de tratamento. A instalação calcula o volume de lodo recebido de acordo com o tamanho do vácuo, uma vez que cada veículo é marcado com sua capacidade (ou seja, 1000L, 2000L e 4000L). Após o recebimento do lodo, não ocorre triagem; em vez disso, é derramado nas duas principais câmaras de descarga da instalação para sedimentação de lodo (uma câmara em cada lado dos dois leitos de secagem em operação).



Eliminação de lodo de contenção domésticas



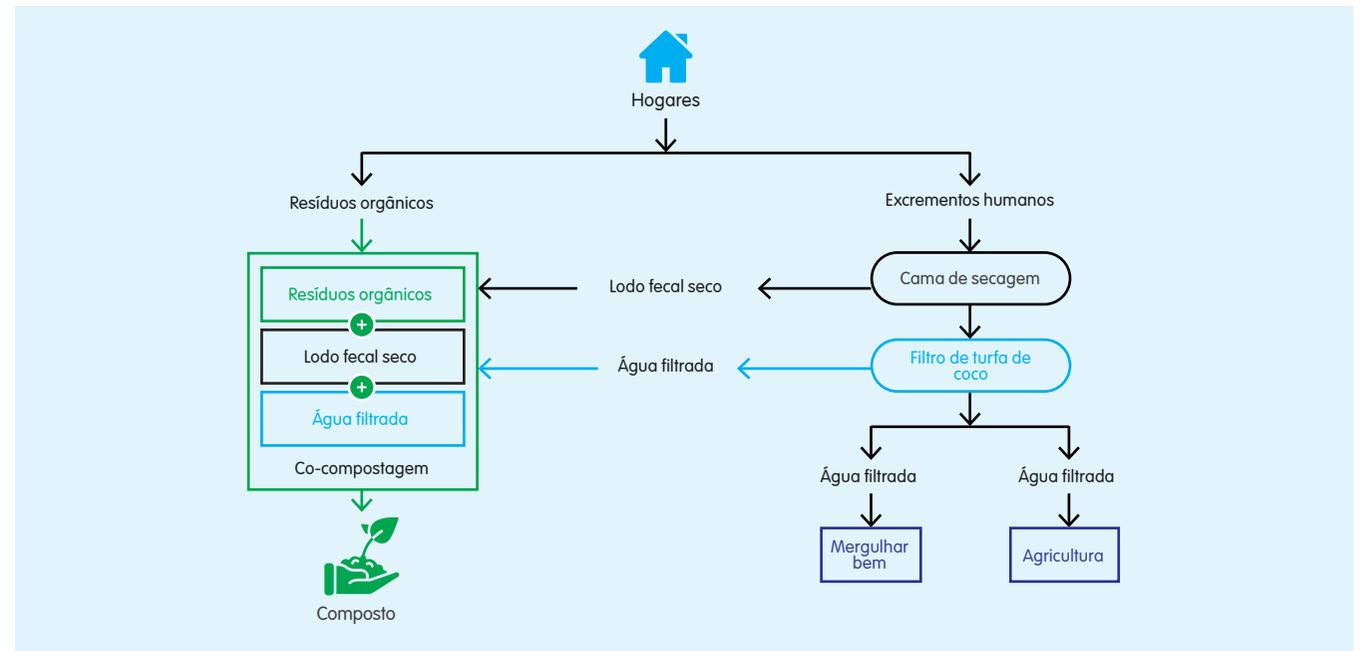
A lodo depositada passa através da porta do filtro para o leito de secagem natural

Tentamos adaptar essa tecnologia para reduzir o custo das operações a longo prazo, pensando no custo operacional. Porque, no âmbito municipal, a fonte de capital ou renda é limitada. É por isso que escolhemos essa tecnologia de baixo custo.

ENGENHEIRO, MUNICÍPIO DE KUSHTIA

Nas duas câmaras primárias de lixão, os resíduos sólidos e outros resíduos são classificados por um grande tambor perfurado: o lodo se move através dos buracos, mas os resíduos sólidos permanecem. O lodo restante é movido pela gravidade para os leitos naturais de secagem através da boca da câmara. Em cada leito de secagem há três fileiras de tijolos para distribuir o lodo fecal uniformemente. O efluente líquido é separado da parte sólida nas camas de secagem através de um material filtrante composto por tijolos, areia, pedras e tubos.

Figura 1. Diagrama de fluxo de tratamento,¹ adaptado pelo SNV



¹ I. Enayetullah, "Co-composting of municipal solid waste and faecal sludge in Kushtia Bangladesh", ISWA Congress 2015, Dhaka, Waste Concern, 2015, <https://www.unescap.org/sites/default/files/Waste%20Concern,%20Bangladesh.pdf> (accessed 10 November 2020).



Filtração de efluentes num leito de filtro de pó de coco



Descarga de lodo em leitos de secagem



Ministério do Ambiente e das Florestas, Governo do Bangladesh

O efluente líquido se acumula em dois tanques de reserva e é bombeado para o filtro de turfa de coco. O filtro de turfa de coco é um sistema de filtragem vertical que utiliza fibra de coco de plantas de processamento de coco. Após a filtragem através do filtro de turfa de coco, a água filtrada é descarregada em uma lagoa de reserva. Esta água é usada para a agricultura no viveiro vegetal da instalação interna ou despejada em um canal próximo. A parte sólida do lodo tratada é combinada com resíduos orgânicos para co-compostagem, a fim de produzir fertilizante agrícola, que é então comercializado.

A razão pela qual o filtro de turfa de coco me parece bom é que a água é filtrada duas vezes. Uma vez dentro do leito seco, a água entra no tanque. Do tanque nós levantamos a água para a turfa de coco. A água vai para a lagoa de lá. A água foi testada e cumpriu o padrão. É a primeira vez que vejo o sistema de turfa de coco na minha vida.

GERENTE DE PRODUÇÃO, ERAS

Figura 1. diagrama de fluxo de tratamento,² adaptado pela SNV

	Camas de secagem do lodo
Capacidade de desenho	8-9 m ³ de lodo/dia.
Capacidade operacional	8-9 m ³ de lodo/dia.
Custos operacionais	US\$ 115,000 gasto em despesas de capital US\$ 900/mês por membro do pessoal para custos salariais (sete pessoas no centro).

Ambiente regulatório e de conformidade

O Kushtia FSTP segue as normas de qualidade e conformidade ambiental estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente e Florestas do Governo de Bangladesh.² A instalação atende de forma confiável aos padrões de qualidade da água regulamentados pelo governo, que exigem que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) não exceda 40 mg/L, e que as bactérias coliformes fecais devem ser inferiores a 1.000 por 100 ml. Atualmente, o FSTP atende a essas normas de efluentes e possui um laboratório no local para avaliar a qualidade da água regularmente. Para resíduos sólidos processados, não são seguidos padrões de qualidade, exceto para garantir que os resíduos sejam seguros para descartar, realizando testes laboratoriais para patógenos na instalação.

² S.R.O. No. 197-Law/97-Environment Conservation Rules (1997) Ministry of Environment and Forest, Government of Bangladesh.



Camas de secagem de lodo na FSTP de Kushtia

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

Custos, treinamento e suporte

A instalação é alugada ao ERAS pelo município, e cada entidade é responsável por diferentes custos de operação e manutenção. A ERAS paga uma taxa de US\$ 590 por ano para alugar a instalação, e o contrato atual vai até junho de 2021. Como inquilino, a ERAS é responsável por pequenos custos operacionais. Isso inclui os custos salariais dos funcionários para sete pessoas, o que constitui os maiores custos operacionais. Grandes custos de infraestrutura, como grandes reparos e gastos de capital, são de responsabilidade do município. Até o momento, o município tem investido na conexão da instalação com a rede elétrica e na garantia do acesso adequado às estradas. O município também está reparando algumas das células de co-compostagem. Os sete funcionários que trabalham na fábrica receberam treinamento prático em operação e manutenção do SNV, que prestam suporte técnico regular. Através do treinamento prático recebido, a equipe conhece e responde às necessidades contínuas de operação e manutenção da instalação.



Reservatórios de drenagem de água dos leitos de secagem de lodo

Não existe esse protocolo [operação e manutenção]. Nós cuidamos disso para nosso próprio interesse. Se entendermos a olho nu, é sujo, temos que eliminá-lo ou reduzir a mercadoria [lodo] se for mais capacidade. Então nos certificamos de que a manutenção [está garantida].

GERENTE DE PRODUÇÃO, ERAS

Limpeza e manutenção de unidades de tratamento

A limpeza e manutenção do filtro de turfa de coco e leitos de secagem de lodo são as tarefas mais importantes para a equipe, pois exigem limpeza diária. Tarefas operacionais frequentes incluem levantar o efluente no filtro de turfa de coco várias vezes por semana para garantir que o sistema de filtragem esteja funcionando efetivamente. O lodo semanal ou a remoção de lodo seco é realizada para limpar os leitos e prepará-los para novos lotes de lodo.

Necessidades de eletricidade

É necessário um mínimo de eletricidade para operar o FSTP, com o laboratório e as bombas operadas a partir da rede elétrica, e um gerador de combustível se ocorrerem quedas de energia. As principais necessidades de eletricidade são alimentar uma bomba, que move água dos tanques de reserva para o filtro de turfa de coco, e operar o laboratório para testes de qualidade de efluentes. Além disso, a instalação de co-compostagem requer uma fonte de energia para as máquinas de disjuntor e treliça.

Vida útil da planta

O FSTP foi projetado em pequena escala para avaliar o desempenho do sistema escolhido e medir a necessidade de expansão futura. Na época do projeto da usina, em 2011, a população total da cidade de Kushtia era de 102.988. Os serviços de instalação, incluindo a remoção de sedimentos, estão disponíveis para todos, e a vida útil da instalação será de pelo menos mais 20-30 anos. Com o sistema de tratamento modelo considerado bem-sucedido, os processos licitatórios atuais estão em andamento para ampliar a capacidade da usina de lidar com volumes maiores à medida que as práticas de esvaziamento aumentam.

Desafios de construção, operação e manutenção

Variabilidade da entrada de resíduos

A usina tem experimentado insumos de resíduos variáveis em termos de qualidade e quantidade, o que tem gerado desafios operacionais. A má qualidade do lodo recebida dos domicílios (contaminada com lixo, ou sujeira, ou com uma porcentagem muito alta de líquido) afeta a produção à medida que aumenta os recursos humanos necessários para processar o lodo, aumentando os custos.

Quando a entrada de resíduos é muito baixa, isso afeta a quantidade de fertilizante que pode ser produzida. Da mesma forma, como descrito acima, quando a entrada é muito alta e a planta recebe quantidades excessivas de lodo, esse excesso de lodo é descarregado em trincheiras, levando a problemas de poluição ambiental. O município aceitou um pedido de eras para ampliar a capacidade da instalação adicionando dois leitos de secagem, com financiamento do município (80%) e um projeto de SNV financiado pela Fundação Bill e Melinda Gates (20%). Por meio de um processo licitatório, o município designou uma empreiteira para construir mais dois leitos e um galpão. A atualização das instalações foi concluída e as câmeras de CFTV estão sendo instaladas para fins de vigilância e segurança.

Anteriormente, dissemos que demos treinamento no trabalho. Agora, aqueles que estão envolvidos em ERAS ou compostagem analisam questões de saúde [e] segurança. Eles são fornecidos com botas de borracha para suas pernas, luvas para as mãos, máscaras para o rosto ... funcionários têm que usar esses itens.

ENGENHEIRO, MUNICÍPIO DE KUSHTIA



Trabalhadores da Kushtia FSTP removendo o lixo sólido orgânico para co-compostagem

Entupimento do filtro

O entupimento da câmara de descarga dos filtros de estação de secagem levou a problemas de transbordamento e falhas no mecanismo às vezes. O FSTP está em operação 24 horas por dia, mas os operadores só funcionam das 8h às 16h, por isso, às vezes, os operadores vacutug descarregam lodo sem supervisão do pessoal da usina. Como os operadores de vacutug não sabem quanto lodo o sistema de tratamento pode receber a qualquer momento, problemas de transbordamento e obstruções ocasionais do mecanismo de tratamento de mídia do filtro ocorreram duas vezes até o momento. Para resolver os problemas atuais de alta entrada, os operadores de vacutug foram instruídos a descarregar o lodo nas trincheiras enquanto os leitos adicionais de secagem estão sendo construídos. Grandes tambores perfurados foram instalados na câmara de descarga para resolver o problema do entupimento do filtro.



Co-compostagem de lodo tratadas e resíduos orgânicos

Temporadas de chuvas

As preocupações com as enchentes e a estação chuvosa apresentaram desafios durante a construção e afetaram a operação e manutenção em curso. Durante a construção, foi prioritário para os projetistas elevar os leitos de secagem acima do nível de inundação, o que exigiu terraplanagem significativa. Anteriormente, a operação e manutenção estava sob pressão durante o período chuvoso, pois não havia galpões ou tampas para os leitos de secagem, o que significava que o lodo não poderia ser seca, o que interrompeu o processo de tratamento. Significativamente mais esforço foi necessário por parte dos operadores para tratar o lodo na estação chuvosa, já que os leitos de secagem tiveram que ser esvaziados e limpos. Em meados de 2018, o gerente de produção informou o município sobre esse desafio em andamento e solicitou a construção de um galpão para proteger os leitos de secagem das chuvas.

Desafios de Saúde e Segurança Ocupacional (OHS)

Devido à triagem manual de matéria orgânica a partir de resíduos sólidos para processos de co-compostagem, os funcionários têm sido frequentemente afetados por resíduos metálicos. Apesar das medidas exigidas pela OHS, incluindo o uso de botas de borracha, luvas, máscaras, uniformes e lavagem das mãos com sabão antibacteriano, o gerente de



Um trabalhador da Kushtia FSTP selando o composto co-composto em sacos (esquerda) e o produto final de composto (direita)

produção explicou que os funcionários nem sempre usavam roupas protetoras devido ao desconforto dessas roupas em climas quentes. No entanto, no momento, os funcionários se acostumaram a usar roupas protetoras, o que minimiza esses desafios do OHS. A prefeitura está sempre incentivando os faxineiros a usarem Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

Reutilize oportunidades

A co-compostagem – a degradação aeróbica controlada dos orgânicos utilizando mais de uma matéria-prima (lodo fecal e resíduos sólidos orgânicos)³ – ocorre no FSTP para a produção de fertilizantes agrícolas no varejo. Na Kushtia FSTP, a compostagem aberta ocorre onde lama mista e resíduos sólidos orgânicos são empilhados em pilhas e deixados para se decompor por um período de 45 a 50 dias. Essas estacas são periodicamente viradas para fornecer oxigênio e para garantir que todas as partes da pilha sejam submetidas ao mesmo tratamento térmico.⁴ Operadores de plantas classificam resíduos orgânicos para mistura com o lodo tratada. O fertilizante que é produzido é então vendido para uso agrícola no mercado local e em outros distritos (Dinajpur, Bogura, Chittagong, Dhaka, Jashore). Desde 2018, dois anos após o envolvimento do setor privado na operação de co-compostagem, a instalação tem lucrado.

³ E. Tilley, L. Ulrich, C. Lüthi, Ph. Reymond and C. Zurbrugg, *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*, 2nd Revised Edition, Dübendorf, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (eawag), 2014, https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202014%20Compendium%20of%20Sanitation%20Systems%20and%20Technologies%202nd%20Revised%20Edition.pdf (accessed 5 November 2020).

⁴ As part of SNV's support, compost was sent to the Bangladesh Agriculture Research Institute for testing in different agriculture products, and the Fisheries & Marine Resource Technology Discipline of Khulna University to analyse compost impact on pisciculture. Findings of both research were used to improve the quality of compost production. Read more here: https://snv.org/cms/sites/default/files/explore/download/snv_-_co-composting_of_faecal_sludge.pdf and https://snv.org/cms/sites/default/files/explore/download/snv_-_impact_of_treated_faecal_sludge_on_fish_growth.pdf.

Considerações de escolha informada

Filtragem de turfa de coco e reutilização da produção em Kushtia, Bangladesh

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 8-9 m ³ /dia. Capacidade operacional = 8-9 m ³ /dia.
	Custos operacionais	US\$ 10.800 por ano (salários) + US\$ 950 por ano para locação de instalações.
	Requisitos de energia	Baixa demanda de energia.
	Recursos de entrada	Variabilidade tanto na qualidade quanto na quantidade.
	Recursos de saída	BOD = <40 mg/L (limite de descarga: 40 mg/L).
	Reutilizar	Co-compostagem para fertilizantes agrícolas de varejo.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Sete funcionários.
	Disponibilidade de tecnologia/material (local)	As tecnologias naturais foram escolhidas para seu design simples e de baixo custo em termos de construção, operação e manutenção.

Referências

Enayetullah, I., 'Co-composting of municipal solid waste and faecal sludge in Kushtia Bangladesh', *ISWA Congress 2015*, Dhaka, Waste Concern, 2015, p.9, https://www.unescap.org/sites/default/files/Co-Composting%20Kushtia_Waste%20Concern.pdf (accessed 5 November 2020).

S.R.O. No. 197-Law/97-Environment Conservation Rules (1997) Ministry of Environment and Forest, Government of Bangladesh

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, Ph. and Zurbrügg, C., *Compendium of Sanitation Systems and Technologies, 2nd Revised Edition*, Dübendorf, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (eawag), 2014, https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202014%20Compendium%20of%20Sanitation%20Systems%20and%20Technologies%20-%202nd%20Revised%20Edition.pdf (accessed 5 November 2020).



ESTUDO DE CASO 4

Produção de briquetes como reutilização

Nakuru,
Kenya



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

Nawasscoal produz e comercializa briquetes carbonizados em forma redonda feitos de lodo tratados como um combustível alternativo para cozinhar e aquecer domésticos. A NAWASSCOAL é uma subsidiária da Nakuru Water and Sanitation Services Company Ltd (NAWASSCO) e foi fundada em 2018, após uma fase piloto que começou em 2013. A estação convencional de tratamento de água doméstica da NAWASSCO foi construída em 1956 e reabilitada em 2018 para permitir compatibilidade e um vínculo de bom funcionamento com as operações da NAWASSCOAL. As principais considerações na seleção do projeto de produção de briquete NAWASSCOAL incluíram: (i) capacidade tecnológica de processar resíduos humanos em material de carbono concentrado adequado para produção doméstica de briquete; (ii) capacidade de operar em várias condições climáticas, particularmente durante a estação chuvosa; (iii) a necessidade de adaptação à área disponível; e (iv) a exigência de satisfazer as preocupações de impacto ambiental dos principais interessados, uma vez que a instalação está localizada em um parque nacional.

A instalação de produção de briquete foi projetada localmente por uma variedade de partes interessadas no âmbito do Programa de Saneamento do Condado de Nakuru (NCSP) (2013-2018). A NAWASSCO implementou o NCSP com o apoio da Vitens Evides International (VEI), SNV, Umande Trust e do Governo do Condado de Nakuru. O programa formou um comitê gestor com representantes dos principais departamentos da companhia de água NAWASSCO, além de parceiros de projetos e representantes do governo, que participaram por meio de subcomitês na concepção da instalação e no fornecimento de tecnologias. As recomendações do comitê gestor informaram a decisão final tomada pelo programa e pelo doador. A decisão também foi baseada nos testes de potenciais produtos de reutilização, por exemplo, diferentes tipos de biofertilizantes e combustíveis de biomassa por meio de uma parceria com a Universidade Egerton e outros parceiros do projeto. O piloto incluiu desenvolvimento de produtos e pesquisa de mercado, viabilidade e modelo de negócios, piloto comunitário e testes de campo.

O teste comunitário com domicílios em áreas de baixa renda de Nakuru confirmou a disposição das pessoas em usar combustível produzido a partir de lodo fecal, desde que atenda às suas necessidades culinárias (e seja) acessível. Os testes forneceram insights fundamentais para o desenvolvimento e marketing, distribuição e estratégias de vendas.

CONSELHEIRO DE LAVAGEM, SNV NO QUÊNIA



Fábrica de produção de briquetes NAWASSCOAL



Aglomerador em funcionamento com tambor rotativo



Briquetes carbonizados de forma redonda em leitos de secagem



Briquetes redondos carbonizados utilizados como fonte alternativa de combustível

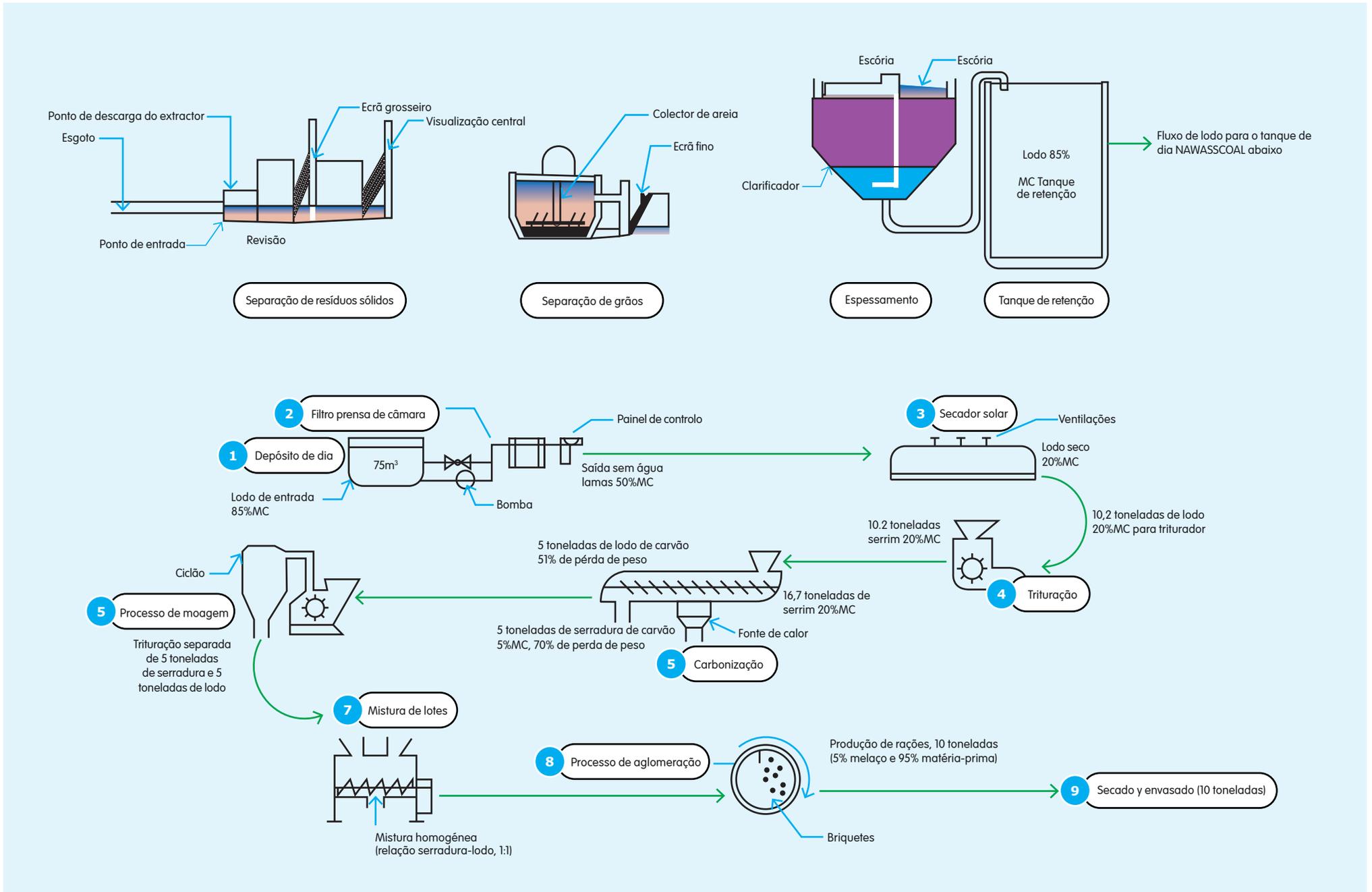
Descrição do sistema

A estação de tratamento NAWASSCO destina-se a receber qualquer tipo de efluentes domésticos, com a lodo tratada utilizada para a produção de briquetes NAWASSCOAL. A NAWASSCO recebe água cinza e preta através de linhas de esgoto e tecnologias de lodo de caminhão de vácuo ou esvaziamento de poços. A estação de tratamento NAWASSCO recebe cerca de 2.800 m³/dia de águas residuais, que passa por um processo de triagem para remover areia e grãos. Isso é seguido pelo espessamento em um clarificador primário para reduzir o teor de umidade do lodo, resultando em 1.020 m³/dia de lodo. O lodo é então bombeado da estação de tratamento NAWASSCO, através de um tubo de conexão recém-construído, para o local de produção de briquete NAWASSCOAL para secagem adicional a 20% de teor de umidade usando leitos de secagem ao ar livre e um secador solar, ou uma combinação dos dois. Este processo resulta em aproximadamente 200 m³ ou 140 t/dia de lodo para processamento em briquetes. A tecnologia de carbonização utilizada na instalação foi projetada para acomodar uma ampla gama de resíduos de biomassa (qualquer resíduo orgânico, incluindo serragem, casca de arroz, bagaço e qualquer tipo de resíduo humano). Portanto, os resíduos podem ser retirados da estação de tratamento convencional, bem como diretamente de caminhões de vácuo.

O design de produção briquete foi otimizado para garantir as propriedades físicas e de combustão necessárias dos briquetes. A *Figura 1* (na página seguinte) descreve o processo de produção da NAWASSCOAL, que inclui um tanque de armazenamento, leitos de secagem ao ar livre, uma secadora solar, uma unidade de carbonização, moinhos de martelo, uma bateadeira em lote e um tambor rotativo ou aglutinante. Os briquetes são feitos a partir de uma combinação de serragem seca e carbonizada (50%) e resíduos humanos/lodo (50%) em volume. A pasta funciona invertendo o lodo e a serragem em um tambor rotativo, na presença de um agente de ligação como o melaço, seguido pela secagem dos briquetes em camas por até quatro dias. Os testes mostraram que os briquetes apresentaram os atributos positivos do teor de umidade (7,3%), matéria volátil (34,5%), teor de cinzas (36,4%) e valor calórico (22.001 MJ/kg), enquanto briquetes ligados ao melaço têm menor valor calórico. do que briquetes unidos com matéria fecal.¹

¹ M.J. Mbuba, D.M. Nyaanga, P.A. Kabok and R. Eppinga, "Effect of mix ratios and binders on physical and physical combustion characteristics of faecal matter – sawdust briquettes" *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 7, issue 4, 2017.

Figura 1. Processo típico de produção de briquetes NAWASSCOAL, incluindo o processo de tratamento NAWASSCO (topo da figura), desenhado pelo SNV de acordo com a visita ao site.



Quadro 1. Capacidade e custos operacionais do plano de tratamento NAWASSCOAL e operações de briquetagem

	Estação de tratamento convencional	Produção de briquetes para reutilização
Capacidade de desenho	3,400 m ³ /dia das águas residuais.	250 t/mes
Capacidade operativa	2,800 m ³ /dia das águas residuais.	10 t/mes
Custos	CAPEX = US\$ 366,497.	
Gastos de capital (CAPEX)	OPEX para NAWASSCOAL = US\$ 14,020 (primeiro ano).	
	OPEX para NAWASSCOAL = US\$ 1,473 (segundo ano).	
	OPEX para NAWASSCOAL = US\$ 18,172 (terceiro ano, estimado).	
Gastos operativos (OPEX)	OPEX para NAWASSCOAL = US\$ 55,640 (quarto ano, estimado).	
	OPEX para NAWASSCOAL = US\$ 206,458 (ano cinco, estimado) ² .	

Ambiente regulatório e conformidade

As normas de efluentes tratadas estabelecidas pela Autoridade de Gestão do Meio Ambiente Natural do Quênia (NEMA) são seguidas e cumpridas pela NAWASSCO. As normas de efluentes para a estação de tratamento convencional são BOD (demanda bioquímica de oxigênio) < 50 mg/L e COD (demanda química de oxigênio) < 30 mg/L.³ A parte líquida do resíduo é tratada ainda mais através de um filtro de rocha e lagoas de pastagem, até o padrão exigido pela NEMA, em seguida, lançado no Lago Nakuru. Antes da construção, a aprovação foi necessária de todas as partes relevantes, incluindo o Serviço de Vida Selvagem do Quênia e o Governo do Condado de Nakuru, para garantir que as normas ambientais sejam cumpridas devido à localização sensível da instalação em um parque nacional. As preocupações expressas por algumas partes interessadas foram superadas através de um extenso processo de consulta.

O processo de engajamento público, que incluiu representantes de escolas e comunidades vizinhas, bem como a Vida Selvagem do Quênia, NEMA e os escritórios do Chefe, garantiu que todas as partes interessadas fossem informadas e, desde então, apoiasse a iniciativa.

GERENTE GENERAL, NAWASSCOAL



Fábrica de carbonização

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

Otimização da produção através de considerações tecnológicas

No projeto da unidade NAWASSCOAL, foram escolhidas tecnologias de tratamento que otimizaram os processos produtivos. O carbonizador foi escolhido para permitir a carbonização em larga escala do lodo fecal seca e outros materiais de biomassa. A secadora solar foi introduzida para acelerar a secagem e para ser usada em combinação com leitos de secagem ao ar livre. Usando materiais de atraso solar tratados por UV, as temperaturas no secador solar podem chegar a 50° Celsius e a secagem não é afetada pelas condições climáticas, como a chuva.

Treinamento de pessoal, OHS e operadores

As principais considerações para a operação da instalação incluem garantir que pessoal suficiente seja empregado, medidas de saúde e segurança ocupacional (OHS) sejam seguidas e os requisitos de treinamento sejam atendidos. Atualmente, há quatro funcionários treinados,

² Every year, capacity of the facility is increased. This will require an increase in operational costs and capital expenditure. Operational cost increases will be covered by additional profits from briquette production.

³ Environmental management and co-ordination (water quality) regulations (2006) Kenyan Natural Environment Management Authority, https://www.nema.go.ke/images/Docs/water/water_quality_regulations.pdf (accessed 1 December 2020).

incluindo um gerente geral, um oficial de marketing, um oficial comercial e um supervisor de produção, bem como três assistentes de produção não qualificados trabalhando nas instalações da NAWASSCOAL. As atividades típicas realizadas pelos assistentes de produção incluem briguetado, moagem, mistura, alimentação carbonizadora, esmagamento de matérias-primas em preparação para carbonização, secagem de produtos finais, secagem de lodo, embalagem e distribuição/vendas. Para garantir a OHS, a empresa trabalha para eliminar o contato com lodo bruto não tratado o máximo possível. Quando ocorre o contato, é necessário o uso de equipamentos e equipamentos de proteção, bem como o treinamento adequado no manuseio de lodo não tratado. Também é fundamental garantir que as máquinas sejam construídas seguindo as regras e regulamentos descritos na Lei de Segurança e Saúde Ocupacional do Quênia (OSHA) de 2007.

Treinamento no trabalho e manuais descrevendo procedimentos-chave ajudam a treinar funcionários. O NAWASSCOAL possui um manual de saúde e segurança, um manual de finanças, um manual de governança e corporativo, um manual de produção, um manual de recursos humanos e um manual padrão de procedimentos operacionais e de manutenção que delinea procedimentos operacionais adequados. Os operadores foram treinados no trabalho por aqueles que podem operar as máquinas, incluindo fornecedores locais e internacionais de máquinas usadas na instalação para operações e manutenção (O&M) e treinamento de segurança.

Foi realizada uma avaliação abrangente dos requisitos de segurança e foram implementadas recomendações como inoculação de pessoal, uso de equipamentos de segurança e treinamento em primeiros socorros e segurança contra incêndio. Um manual de saúde e segurança foi desenvolvido para orientar as operações diárias. Desde então, foram implementadas sinalização, sinalização, sinalização no piso, isolamento de tubulações quentes, entre outros procedimentos de segurança.

GERENTE GENERAL NAWASSCOAL

Atender à demanda do mercado, expandindo e melhorando as instalações

A expansão das instalações da NAWASSCOAL e melhorias contínuas são necessárias para atender à crescente demanda do mercado de briquete. Com uma população de 500.000 habitantes na cidade de Nakuru, o estudo de mercado da fase de desenho indicou que a necessidade de briquetes é maior do que pode ser atendida com a escala atual de operações. Considerando os planos do governo local de estender as instalações de esgoto e tratamento da cidade nos próximos anos, foram investidos mais US\$ 115.134 nas instalações da NAWASSCOAL, e a empresa está atualmente buscando financiamento adicional para continuar a expansão conforme seu plano de negócios.



Secador solar nas instalações de NAWASSCOAL

A vida útil total da instalação é entre 5 e 20 anos devido às diferentes tecnologias em operação. A vida útil de algumas máquinas produzidas localmente é de até cinco anos, enquanto para o maior maquinário importado, é entre 15 e 20 anos. Para garantir que o maquinário atenda à vida útil pretendida, são realizadas melhorias contínuas e manutenção. Exemplos de melhorias feitas incluem isolamento carbonizador, aumento da durabilidade do piso do secador solar usando materiais de alta qualidade (incluindo concreto armado com uma camada superior de cimento impermeável e pilares de concreto entre lama e metal), e grades de secagem construídas com metal em vez de madeira. As principais atividades de manutenção incluem a reparação das usinas de martelo e tambor rotativo, que podem ser facilmente executados pelos funcionários localmente.

Desafios de operação e manutenção

Principais considerações para a escolha da tecnologia mais adequada

Um aprendizado fundamental dos operadores de instalações de fabricação de briquete foi o tipo de tecnologias que devem ser utilizadas e não utilizadas se o dimensionamento das operações for uma prioridade. Para aumentar a velocidade de produção, uma máquina de briguetadora profissional teria sido preferida para as máquinas aglomerantes atualmente em operação, que no caso do Quênia teriam que ser importadas. Verificou-se também que o carbonizador requer um trabalho de preparação bastante significativo antes de ser instalado, e o elemento secador pode não ser necessário. Os trabalhos preparatórios incluíram garantir que houvesse caixas d'água e tanques de resfriamento suficientes, construção de estrutura para transportadores, construção de canais para o piso, instalação do pilar necessário para a instalação do carbonizador e instalação de cabos elétricos. O elemento secador não é necessário quando há luz solar suficiente e a secagem solar pode ser confiada. Isso economiza uma quantidade significativa de energia. Por fim, mais moinhos de martelo profissionais que lidam bem com materiais carbonizados também são recomendados se a planta se mover para operações em larga escala, assim como dispositivos de desidratação. Geralmente, a adequação de várias máquinas depende da escala planejada e do orçamento disponível.

Maximizamos o uso do sol para secar as matérias-primas, bem como os produtos finais. Usando o calor natural do sol, a empresa economiza nos custos de eletricidade.

GERENTE GENERAL NAWASSCOAL

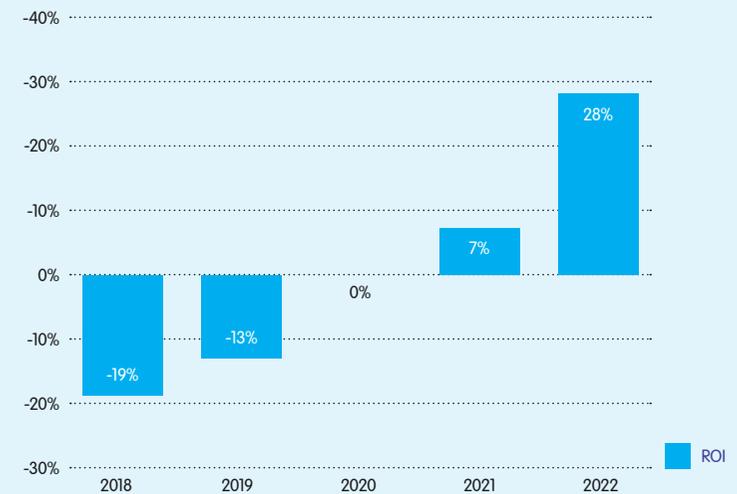
Ausência de fonte de alimentação de backup

Um dos principais desafios para a instalação do NAWASSCOAL é a falta de uma fonte de alimentação de backup. A instalação conta com a rede elétrica para energia elétrica, que é um dos maiores custos, juntamente com os custos contínuos de manutenção. Quedas de energia podem causar atrasos na produção de briquetes. No entanto, quando não há energia, o pessoal pode trabalhar em outros processos que não dependem de eletricidade. Embora as camas de secagem estejam cobertas, o tempo úmido também pode levar a atrasos na secagem de lodo e briquetes. Nawasscoal atualmente propõe a secagem de forno de briquetes para evitar atrasos devido ao tempo úmido.

Garantindo a sustentabilidade financeira

Foi necessário que a empresa se rompesse mesmo durante os três primeiros anos de operação para reembolsar os recursos investidos pela NAWASSCO e ser financeiramente sustentável. A NAWASSCOAL herdou os investimentos de capital feitos na instalação briquete através do programa co-financiado pela NCSP UE e recebeu empréstimos de sua controladora NAWASSCO (US\$ 126.335) para cobrir as despesas operacionais dos dois primeiros anos. O valor desse empréstimo deve ser pago a uma taxa de juros de 5% uma vez que a empresa se recupere e comece a ter lucro, o que é esperado para o quarto ano de operação, como mostra a *Figura 2*. A NAWASSCOAL planeja aumentar a capacidade de produção para 60 toneladas no terceiro ano, a fim de cobrir os custos operacionais e aumentar continuamente a produção, permitindo que eles paguem seus empréstimos e sejam financeiramente sustentáveis.

Figura 2: Retorno esperado do investimento (ROI) do NAWASSCOAL, com base na conversa de visita ao local.



Considerações de escolha informada

Produção de briquetes para reutilização em Nakuru, Quênia (NAWASSCOAL)

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 250t/mês de briquetes. Capacidade operacional = 10t/mês de briquetes.
	Custos operacionais	CAPEX = US\$ 366,497. OPEX para NAWASSCOAL = US \$ 14,020 (ano um). OPEX para NAWASSCOAL = US \$ 1,473 (ano dois). OPEX para NAWASSCOAL = US \$ 18,172 (ano três, estimado). OPEX para NAWASSCOAL = US \$ 55,640 (ano quatro, estimado). OPEX para NAWASSCOAL = US \$ 206,458 (ano cinco, estimado).
	Requisitos de energia	Eletricidade de rede usada para máquinas monofásicas e trifásicas usando um transformador de 250KvA, alguns processos naturais incluem secagem solar; por tonelada de briquetes é DE US\$ 20 para eletricidade.
	Recursos de entrada	Qualquer tipo de lodo pode ser recebido pela estação de tratamento NAWASSCO (embora não lama industrial) ou diretamente pelos leitos de secagem NAWASSCOAL; Para permitir o uso de lodo no carbonizador, o teor de umidade deve ser inferior a 20% e o tamanho da partícula inferior a 5 cm.
	Recursos de saída	Para efluentes líquidos, o DBO deve ser inferior a 50 mg/L e COD inferior a 30 mg/L, de acordo com as normas de efluentes tratados estabelecidas pela NEMA; quaisquer patógenos na parte sólida são completamente eliminados durante o processo de carbonização.
	Reutilizar	Briquetes carbonizados em forma redonda (50% lodo/resíduo e 50% de serragem com melão como aglutinante).
	Exigência de terra	O tamanho da terra para a instalação é mínimo de um acre; A instalação atual da NAWASSCOAL é construída em 2,5 acres.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Sete funcionários no total: quatro funcionários qualificados, incluindo um gerente geral, um oficial de marketing, um oficial comercial e um supervisor de produção, bem como três assistentes de produção não qualificados; ao escalar ainda mais, será necessário pessoal adicional.
	Disponibilidade de tecnologia/material (local)	A unidade de carbonização foi projetada, testada e importada da China; todas as outras máquinas em operação foram compradas localmente e peças de reposição para todas as máquinas (incluindo as do exterior) estão disponíveis localmente; Com o tempo, parte desse maquinário foi melhorada por razões de segurança e eficiência, em consulta com os fabricantes.

Referências

Environmental management and co-ordination (water quality) regulations (2006) Kenyan Natural Environment Management Authority, https://www.nema.go.ke/images/Docs/water/water_quality_regulations.pdf (accessed 1 December 2020).

Mbuba, M.J., Nyaanga, D.M., Kabok, P.A. and Eppinga, R., 'Effect of mix ratios and binders on physical and physical combustion characteristics of faecal matter – sawdust briquettes', *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 7, issue 4, 2017.

Contribuintes: Reinilde Eppinga (SNV in Kenya) | John Irungu (NAWASSCOAL).

Fotos: SNV.



ESTUDO DE CASO 5

Respiração anaeróbica para o tratamento e reutilização de lodo fecal

Lusaka,
Zâmbia



Antecedentes

O esvaziamento formal e tratamento de lodo coletados de instalações sanitárias no local em Lusaka Zâmbia foi estabelecido entre 2012 e 2014 através da construção de duas Estações de Tratamento de Lodo Fecal (FSTP) e o consequente desenvolvimento de equipamentos de esvaziamento de poços em dois complexos periurbanos da cidade, ou seja, Kanyama no sul e Chazanga no norte. Os FSTPs pertencem à Lusaka Water and Sanitation Company (LWSC) e são gerenciados pela Kanyama e Chazanga Water Trusts, que são organizações comunitárias (CBOs).

Seleção e propósito do tratamento

Os principais objetivos dos FSTPs de Kanyama e Chazanga são a estabilização da lodo através da digestão anaeróbica e da recuperação de recursos (lodo): na forma de biogás como combustível e lodo estabilizado como condicionador de solo. Os FSTPs foram financiados pela Água e Saneamento para os Pobres Urbanos (WSUP) através de uma bolsa da Stone Family Foundation. O Kanyama FSTP foi projetado pela Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA) em parceria com a Associação Zâmbia de Água e Saneamento (WASAZA), com o WSUP fornecendo suporte técnico contínuo. O Chazanga FSTP foi uma modificação da abordagem Kanyama FSTP. De acordo com a BORDA Zâmbia, a abordagem do sistema anaeróbico ao design do FSTP foi escolhida por sua alta eficiência de estabilização de lodo e baixos requisitos de energia para operações e manutenção (O&M). A obtenção do biogás a partir do processo de tratamento primário foi uma motivação secundária. Inicialmente, os gestores consideraram o fornecimento de biogás para casas próximas como uma alternativa ao combustível, mas agora o biogás está reservado para uso no local.

A essência do projeto piloto era estabilizar e secar o lodo. O fluxo de gravidade natural, as baixas necessidades energéticas e o biogás para cozinhar também fizeram parte da motivação.

ENGENHEIRO DE PROJETOS, BORDA ZAMBIA



Digestor de biogás de Chazanga em construção

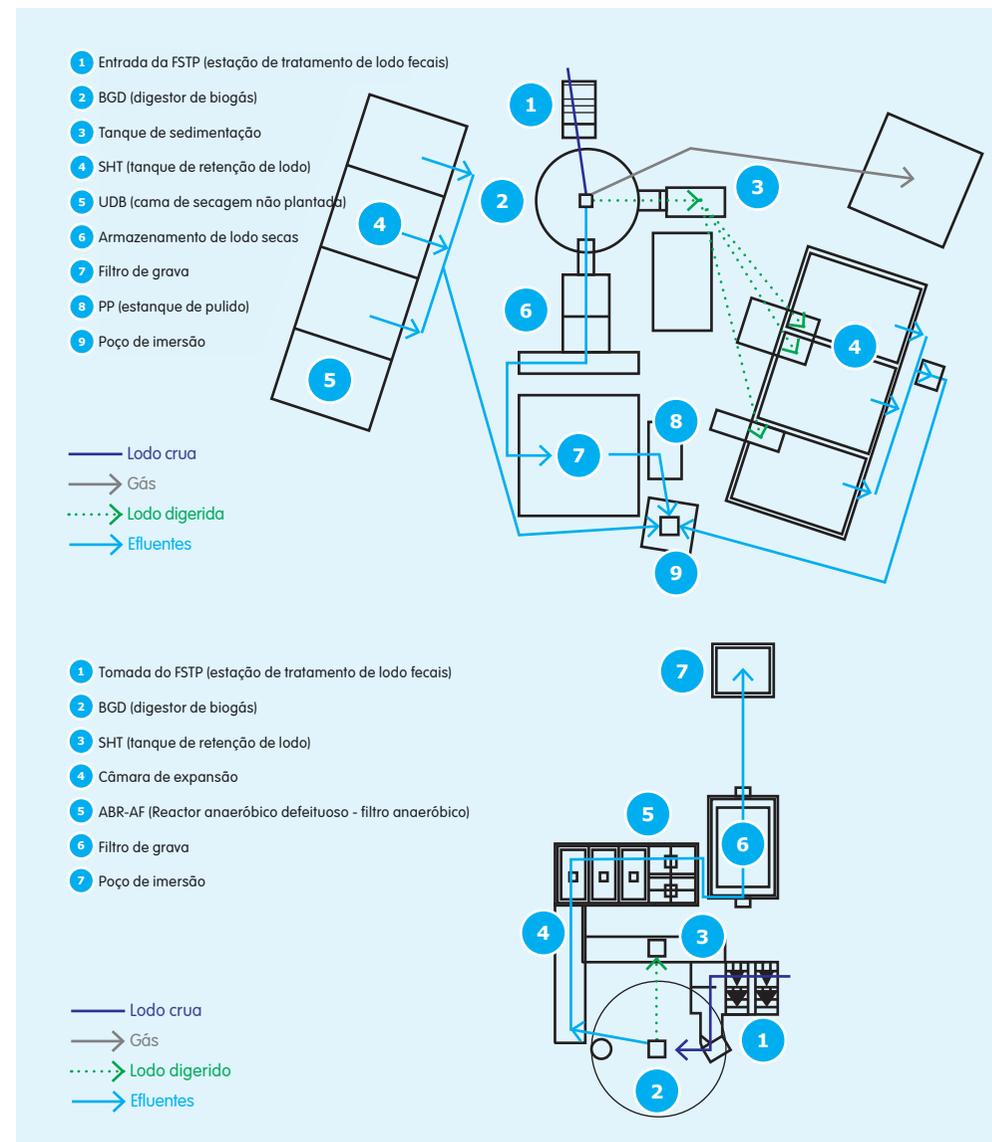


Trabalhador da FSTP de Kanyama a esvaziar o lodo

Descrição do sistema

Os FSTPs de Kanyama e Chazanga têm fluxos de processo semelhantes, com diferenças fundamentais apenas na fase de tratamento secundário. Os FSTPs são projetados apenas para lodo de latrina pit esvaziado manualmente. O lodo é transportado para a instalação em barris de 60L e transportada em vans abertas. Nos FSTPs, o lodo em barris é descarregado em uma série de câmaras com as duas primeiras câmaras com piso inclinado e telas de corte para separação de resíduos sólidos. Os resíduos sólidos capturados pelas grades das barras são colocados em racks separados de secagem em preparação para o transporte para um aterro sanitário. A segunda câmara leva a uma armadilha de areia na qual areia e areia do lodo são retidas para evitar que ela flua para a unidade principal de tratamento, que é um digestor de biogás de cúpula fixa (BGD). Cada instalação tem um digestor de biogás de cúpula fixa, o Kanyama FSTP tem uma cúpula de 58 m³ e o Chazanga uma cúpula de 50 m³. O principal objetivo dos BGDs é estabilizar e digerir lodo fresco e cru. O lodo é homogeneizado dentro da unidade devido à turbulência criada por mudanças de pressão durante a produção e consumo de biogás. O lodo estabilizado flui naturalmente pela gravidade e pressão do gás nos tanques de retenção de lodo dos quais o lodo é bombeado para as unidades de estabilização terciária antes de ser vendida para reutilização. O lodo de entrada e o aumento da pressão do gás empurram o líquido BGD para a fase secundária de tratamento.

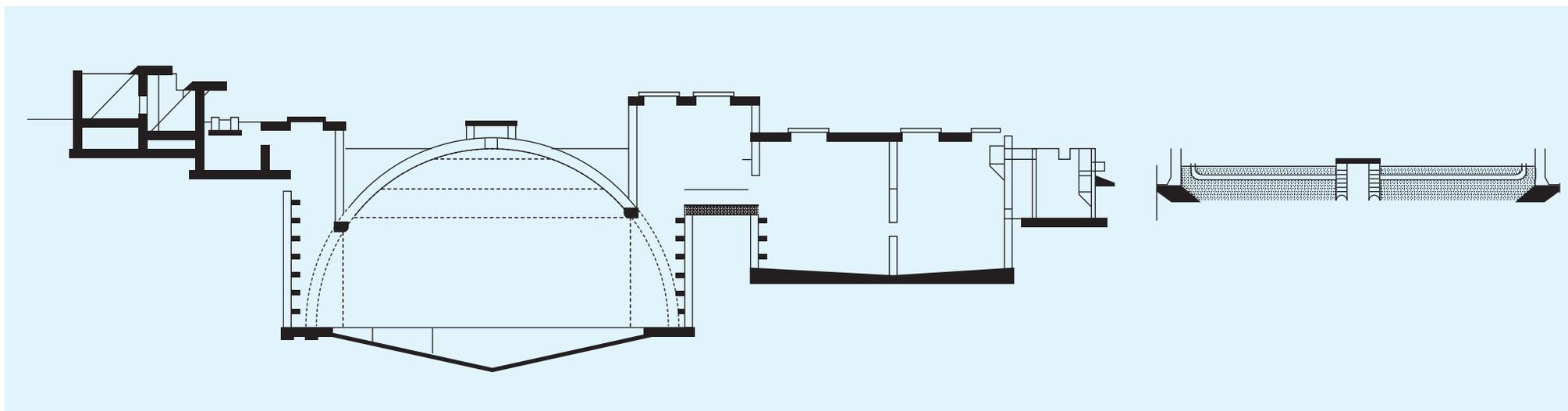
Figura 1. Apresentação do plano de distribuição e fluxograma de Chazanga FSTP (topo) ² e do plano de distribuição e fluxograma de Kanyama FSTP (inferior) ³ adaptados pelo SNV



¹ A. Simwambi, S. Hibler, B. Pietruschka and P. Hawkins, "Approaches to Faecal Sludge Management in Peri-Urban Areas: A Case Study in the City of Lusaka", in P. Hawkins and I. Blackett, eds., *FSM Innovation Overview and Analysis, Implementing FSM Services: Emerging Examples of Success*, Seattle, Bill & Melinda Gates Foundation, 2017.

² M. Klinger, A. Gueye, A. Manandhar Sherpa and L. Strande, 'Scoping Study: Faecal Sludge Treatment Plants in South-Asia and sub-Saharan Africa', eFSTP Project Report, Zurich, eawag, 2010, p.31, <https://dgo52087pnd5x.cloudfront.net/posters/docs/gatesopenres-191067.pdf> (accessed 9 November 2020).

³ eawag, eFSTP Phase I - Scoping study, Chazanga, Kanyama and Manchini (Lusaka), Zurich, eawag, 2019, p. 3.

Figura 2. Plano da seção Chazanga FSTP com toma, BGD, tanque de sedimentação, câmara de expansão e filtro de cascalho ⁴ adaptados pelo SNV

O tratamento secundário do efluente líquido da BGD difere nas instalações de Chazanga e Kanyama. Em Chazanga, duas câmaras de sedimentação e uma câmara de expansão retangular separam líquidos e sólidos do BGD. O líquido deixa a unidade de tratamento através de um tubo no filtro de cascalho, que é o próximo componente de tratamento. Os sólidos (lodo) permanecem para se instalar nas câmaras de sedimentação à medida que o líquido passa pela unidade. As câmaras são esvaziadas pelo menos duas vezes ao ano e o lodo é transferido para leitos de secagem de lodo ou um tanque de retenção de lodo. Em Kanyama, o BGD é conectado a uma câmara de expansão e a um reator com defletores anaeróbicos composto por três câmaras e um filtro anaeróbico com duas câmaras (ABR-AF). A degradação anaeróbica do efluente ocorre no ABR-AF, e o líquido flui para dentro do filtro de cascalho através de um tubo de transbordamento. A matéria sólida que é depositada nas três câmaras com defletores deve ser esvaziada regularmente, e a frequência depende das características do efluente de entrada. O lodo removido é transferido para leitos de secagem fora do local.

Embora ambas as instalações usem leitos de secagem de lodo não plantados (cobertos e descobertos) para separação de líquido sólido de lodo estabilizado sedimentado, os leitos de secagem estão localizados no local nas instalações de Chazanga e fora do local na instalação de Kanyama, pois não há terra suficiente disponível para este último. O lodo entregue ao Kanyama FSTP é estabilizado no digestor de biogás ou tanque de retenção (em outro lugar) antes de ser bombeado por um caminhão de vácuo através do tanque de disposição e levado para os leitos de secagem fora do local. No Chazanga FSTP, o lodo estabilizado com BGD

é bombeado para fora do tanque de disposição de lodo usando uma bomba de lixo e seco em leitos de secagem de lodo no local. O Chazanga FSTP tem seis leitos operacionais de secagem de lodo cujas drenas de lixiviação através de uma areia em camadas e mídia de filtro de casca. A lixiviação dos leitos de secagem flui para um poço de imersão do qual ele drena para o ambiente. Após a desidratação do lodo, os operadores da planta extraem-no manualmente e empilham-no no espaço de armazenamento de lodo seco. O lodo seco é vendida para reutilização como condicionador de solo. No caso de Kanyama, o lodo é transportado para o local de tratamento de águas residuais de Manchinchi para tratamento articular ou colocada para secagem direta nos leitos, pois há o medo de contaminação cruzada de furos próximos no local de Kanyama.

Ambas as instalações utilizam um filtro de cascalho e um poço de imersão para o tratamento final do efluente líquido. Em Chazanga, o efluente é então movido do filtro de cascalho para um lago de polimento (tanque aberto raso) que armazena o líquido antes de ir para o poço de imersão. Através da exposição à luz ultravioleta, pode ocorrer tratamento adicional. O efluente tratado é usado para diluir o lodo fecal de entrada para limpar o equipamento e regar os jardins da instalação. A fase final do tratamento é o poço de imersão, que é uma câmara coberta com paredes porosas que é projetada para descarregar efluentes tratados no solo circundante.

⁴ eawag, eFSTP Phase I – Scoping study, Chazanga, Kanyama and Manchinchi (Lusaka), 2019, p.3.



Camas de secagem de lodo de telhado na FSTP de Kanyama



Camas de secagem revestidas mas não cobertas em Kanyama FSTP



Triagem e secagem de resíduos sólidos na FSTP de Kanyama

Quadro 1. Capacidade e custos operacionais das FPS de Chazanga e Kanyama

	Camas de secagem do lodo
Capacidade de desenho	4 m ³ de lodo/dia.
Capacidade funcional	5-7 m ³ de lodo/dia.
Custos operacionais	<p>Chazanga FSTP CAPEX: US\$ 166,500. OPEX: US\$ 490-1,080/mês (salários, electricidade, O&M).</p>
CAPEX (despesas de capital)	Ingresos: 366-975 dólares/mês (serviços de esvaziamento e venda de biosólidos).
OPEX (despesas operacionais)	<p>Kanyama FSTP CAPEX: US\$ 70,000. OPEX: US\$ 1,090-1,440/mês (salários, electricidade, O&M). Ingresos: US\$ 1,058-1,480/mês (serviços de esvaziamento e venda de biosólidos).</p>

Ambiente regulatório e conformidade

As normas nacionais para efluentes de lodo fecal estão em desenvolvimento devido à novidade da abordagem, e as normas de controle da poluição hídrica são atualmente utilizadas para fins de conformidade ambiental. Várias normas de qualidade (limites) para efluentes e efluentes são mencionadas no regulamento governamental, "Terceira Regulamentação do Programa 5 (2) de Controle da Poluição Hídrica (Efluentes e Águas Residuais)".⁵ Estes incluem que o DBO não excede 50 mg/L, os sólidos totais dissolvidos não devem exceder 3000 mg/L, e o total de sólidos suspensos não deve exceder 100 mg/L. Os resultados dos testes laboratoriais das instalações de Chazanga e Kanyama não estavam disponíveis.

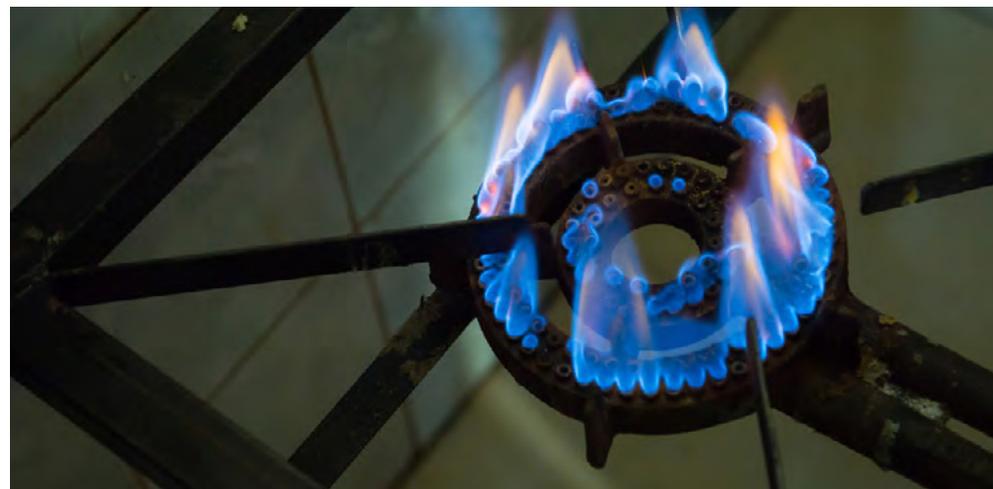
⁵ The Environmental Protection and Pollution Control Act (1990) Ministry of Legal Affairs, Government of the Republic of Zambia, <http://www.parliament.gov.zm/sites/default/files/documents/acts/Environmental%20Protection%20and%20Pollution%20Control%20Act.pdf> (accessed 5 November 2020).

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

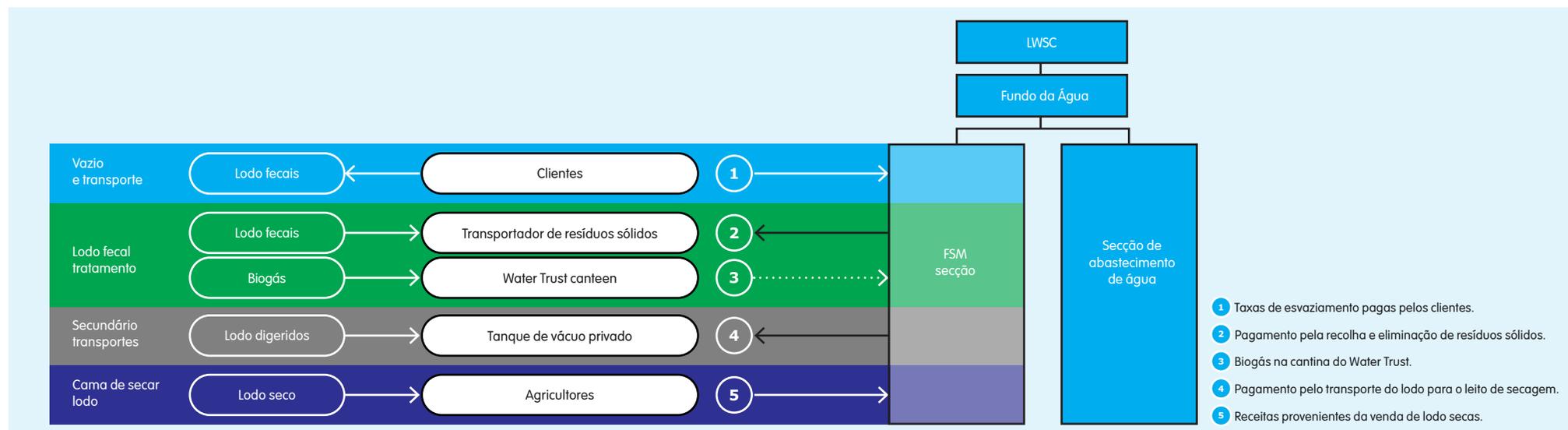
Acordos de administração, gestão e receita

O LWSC é dono de instalações da FSTP e é responsável por grandes investimentos de capital, reparos e fornecimento de informações especializadas aos operadores da Water Trust. Os Fundos de Água de Kanyama e Chazanga são empreendimentos comunitários de propriedade dos moradores locais, com supervisão comunitária dos comitês de desenvolvimento distrital e o conselheiro da área do Conselho Municipal de Lusaka como presidente do conselho de confiança da água. Essas empresas são responsáveis pelo dia-a-dia das operações de gestão de lodo fecal em suas respectivas comunidades.⁶ Water Trusts empregam drenos de poços comunitários que são pagos em uma base de comissão. Os vazios são pagos 60% da receita total da FSM e 40% são retidos para pagar os custos de manutenção, como o manuseio de resíduos sólidos peneirados, o transporte de lodo para leitos de secagem, desinfetantes e a compra de equipamentos de segurança. A *Figura 3* descreve a gestão do FSM pela Kanyama Water Trust, incluindo uma visão geral dos fluxos de receita.



Biogás produzido no BGD de Kanyama

Figura 3. gestão do FSM do Kanyama Water Trust,⁷ adaptado pela SNV



⁶ A. Simwambi, S. Hibler, B. Pietruschka and P. Hawkins, "Approaches to Faecal Sludge Management in Peri-Urban Areas: A Case Study in the City of Lusaka", 2017.

⁷ eFSTP Phase 1, 2019, p. 3.



Separação de areia de Chazanga FSTP no ponto de descarga influente

Considerações de construção

Durante a construção e reabilitação dos FSTPs de Chazanga e Kanyama, as principais considerações incluíram garantir a segurança de que havia pessoal suficiente disponível, impermeabilização do digestor de biogás, enfrentamento de preocupações com inundações e resposta às preocupações da comunidade. Os drenadores de poços identificados que mais tarde trabalhariam para o Water Trust participaram das obras para se familiarizar com a tecnologia FSTP. Um pedreiro externo, familiarizado com a construção de digestores de biogás, foi contratado para supervisionar e orientar pedreiros e vazios locais. Os engenheiros da BORDA e da WASAZA também participaram da capacitação e supervisão do processo de construção.

Para garantir que o digestor de biogás fosse à prova d'água, foi forrado com materiais de revestimento de barragem de 6 mm de espessura e reforçado com aço e argamassa para reduzir as chances de contaminação das águas subterrâneas. Para o FSTP Kanyama, a inundação foi uma das principais considerações no projeto e construção da instalação. O complexo fica em uma formação rochosa dolomita e é propenso a inundações frequentes, o que significava que o FSTP teve que se levantar um pouco do solo para evitar a entrada de água. Sendo um subsolo rochoso, muita explosão era necessária. Os processos de engajamento da comunidade foram facilitados antes e durante a construção para enfrentar qualquer risco de objeção pública.

Foram contratados esvaziadores informais como trabalhadores da construção civil para começar a incutir neles aspectos de propriedade do sistema.

ENGENHEIRO DE PROJETOS, BORDA ZAMBIA



Balde de lavagem para limpeza de barris em Kanyama FSTP

Arranjos de pessoal e medidas de segurança e saúde ocupacional

Tanto nas FSTPs kanyama quanto na Chazanga, os funcionários estão equipados com as medidas necessárias de apoio e treinamento em saúde e segurança ocupacional (OHS). Em cada unidade há oito funcionários semiqualeificados envolvidos no esvaziamento de latrinas de poços e na operação de FSTPs.

Todos os funcionários têm o equipamento de proteção individual necessário. Eles receberam treinamento no trabalho nas seguintes áreas: SSO, procedimentos operacionais padrão (administrativos e técnicos), procedimentos de operação e manutenção para unidades de tratamento e técnicas de esvaziamento e descascamento. As medidas da OHS que foram implementadas na instalação incluem a construção de uma rampa até o ponto de descarga para que os funcionários possam facilmente rolar barris cheios de lodo fecal para descarte em vez de levantá-los, e instalações de lavagem de mãos para os trabalhadores e provisões para limpar os barris de forma higiênica, durante a recuperação da água usada no sistema. Todos os funcionários passam por exames médicos regulares, recebem vacinas orais contra cólera, tétano e hepatite B.

Os processos de engajamento da comunidade incluíram visitas de conscientização e exposição a instalações usando a tecnologia de digestor de biogás.

ENGENHEIRO DE PROJETOS, BORDA ZAMBIA

Desafios de construção, operação e manutenção

Entupimento devido ao alto teor de areia e resíduos sólidos

Segundo operadores do sistema, os FSTPs de Chazanga e Kanyama são bloqueados de duas a três vezes por ano devido ao alto teor de areia, sedimentos e resíduos sólidos do poço de latrina e falta de manutenção regular. O alto teor de resíduos sólidos do lodo (até 20% de resíduos sólidos) causa entupimento nas tubulações de distribuição perfuradas da BGD, câmaras de sedimentação secundárias e armadilhas de areia. Como o lodo recebido é muito grosso e as instalações têm acesso limitado e pressão de água, eles têm dificuldade em diluir o lodo para alcançar a consistência necessária para um bom fluxo. Esse desafio fez com que a instalação fechasse por uma média de três semanas (2-3 vezes por ano), forçando os vazios de poços a realizar esvaziamento manual usando baldes. Fundos adicionais do Water Trust são necessários para cobrir os salários dos drenadores de poços enquanto realizam o trabalho.

Durante as operações normais, os resíduos sólidos são removidos do lodo. Mas quando as instalações devem ser fechadas 2 ou 3 vezes por ano, os resíduos sólidos são secos e, em seguida, periodicamente movidos para o aterro sanitário municipal por um transportador de resíduos registrado a um custo de US\$ 40/tonelada.⁸

Houve momentos em que o sistema foi sobrecarregado com muito lodo. O acúmulo de areia de poços é outro desafio, que faz com que o sistema se encha mais rápido e reduz o tempo de retenção.

LÍDER DE DESENVOLVIMENTO DE NEGÓCIOS DA WSF, EMPRESA LUSAKA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO



Digestor de biogás Chazanga interior

Leitos de secagem sobrecarregados e não operacionais

Atualmente, os leitos de secagem Chazanga FSTP estão sobrecarregados com lodo e os leitos de secagem usados para Kanyama FSTP não estão operacionais. Em Chazanga, a capacidade dos seis leitos de secagem não é suficiente para toda o lodo sedimentada processada na instalação. Como resultado, uma câmara de recepção temporária de lodo foi construída para armazenar o excesso de lodo, particularmente quando as câmaras de BGD e sedimentação estão sendo limpas. Nas instalações de Kanyama, não há leitos de secagem no local, e os 12 leitos que estavam sendo usados a cerca de três quilômetros de distância foram desmontados devido à sua proximidade com os poços. Atualmente, toda o lodo coletado pelo Kanyama FSTP é levado para a estação de tratamento de águas residuais Manchinchi fora de serviço para armazenamento em seus tanques de armazenamento de lodo. A construção de dois novos leitos de secagem de lodo foi proposta em um novo local dentro do assentamento Kanyama, a aproximadamente um quilômetro da FSTP Kanyama. A construção está prevista para 2021.

Ambas as instalações enfrentam desafios operacionais com leitos de secagem de lodo.

ENGENHEIRO DE DESIGN E FSM, WSUP

⁸A. Simwambi, S. Hibler, B. Pietruschka and P. Hawkins, 2017.



Os leitos de secagem de lodo de Kanyama FSTP são desmontados

Fixação de Preços dos serviços restritos pela disposição dos clientes a pagar e concorrência no mercado

O preço dos serviços FSM oferecidos pelas instalações Chanzanga e Kanyama é baseado nos custos estimados de operação e manutenção em andamento, mas é limitado pela disposição dos clientes em pagar e pela necessidade de competir com prestadores de serviços informais. O modelo de preços exige que os clientes paguem US\$ 34 por 12 barris de sessenta litros, US\$ 48 por 24 barris e US\$ 68 por 32 barris.⁹ O modelo de precificação mudou em 2020 com o apoio do Programa Lusaka de saneamento, que pretende aumentar a aceitação reduzindo os preços e fornecendo incentivos para que os operadores de vácuo do setor privado removam o lodo das latrinas dos poços. Isso resultou em um preço mais baixo para as famílias de US\$ 7/m³. O que não está claro é quanto tempo esse preço pode ser mantido mais baixo.

⁹ A. Simwambi, S. Hibler, B. Pietruschka and P. Hawkins, 2017.

¹⁰ A. Simwambi, S. Hibler, B. Pietruschka and P. Hawkins, 2017.



Venda de lodo secas

Oportunidades de reutilização

Para gerar renda por meio da recuperação de recursos, foi planejado vender o lodo seco como condicionador de solo e vender biogás para famílias próximas. Atualmente, o lodo processado e seco é embalado e vendido aos paisagistas como condicionador de solo. Dentro do desenho inicial do FSTP, o biogás produzido pelo BGD destinava-se a ser canalizado para venda para domicílios próximos a um valor equivalente ao de carvão vegetal. No entanto, isso falhou, pois, essas casas eram predominantemente ocupadas por inquilinos que não conseguiram obter o consentimento de seus proprietários para conexões de gás.¹⁰ Além disso, o preço do gás foi maior do que o do carvão e da eletricidade. O custo de conectar apenas algumas casas não era financeiramente viável. Portanto, o gás é utilizado pelos próprios Water Trusts, para a cantina dos trabalhadores em Kanyama e pelo zelador que mora no sítio Chanzanga FSTP. A produção de gás é de cerca de 12,5 m³/d, mas depende em grande parte da quantidade de lodo que é introduzida no biodigestor todos os dias. O gás é usado principalmente para cozinhar, e o consumo estimado é de cerca de 4-6 m³/d, com excesso de gás queimado ao ar livre.

Considerações de escolha informada

Digestores de biogás para tratamento e reutilização em Lusaka, Zâmbia (Companhia Lusaka de água e saneamento)

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 4 m ³ /dia de lodo. Capacidade operacional = 5-7 m ³ /dia de lodo.
	Custos operacionais	Chazanga FSTP Chazanga FSTP CAPEX: US\$ 115.000 (custos iniciais) + US\$ 11.500 (obras adicionais, por exemplo, leitos adicionais de secagem) = US\$ 166.500. OPEX: US\$ 490-1.080/mês OPEX (salários, eletricidade, O&M). Renda: US\$ 366-975/mês (serviços de esvaziamento e venda de biosólidos). Kanyama FSTP CAPEX: US \$ 125,000. OPEX: US\$ 1,0090-1.440/mês (salários, eletricidade, O&M). Receita: US\$ 1.058-1.480/mês (serviços de esvaziamento e venda biosólidas).
	Requisitos de energia	Sistema natural, sem exigências de energia.
	Recursos de entrada	Fração de resíduos sólidos de lodo até 20%.
	Exigência de terra	970 m ² para Kanyama sem secadoras e Chazanga com secadores em um terreno de 1.400 m ² .
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Em cada unidade (Kanyama e Chazanga) trabalham oito pessoas semiqualficadas que participam do esvaziamento das latrinas do poço e na operação da FSTP.
	Disponibilidade local de tecnologia/material	Materiais e fabricação, todos disponíveis e gerenciados localmente.

Referências

Eawag, eFSTP Phase I – *Scoping study, Chazanga, Kanyama and Manchinchi (Lusaka)*, Zurich, eawag, 2019.

Klinger, M., Gueye, A., Manandhar Sherpa, A. and Strande, L., 'Scoping Study: Faecal Sludge Treatment Plants in South-Asia and sub-Saharan Africa', *eFSTP Project Report*, Zurich, eawag, 2010, <https://dgo52087pnd5x.cloudfront.net/posters/docs/gatesopenres-191067.pdf> (accessed 9 November 2020).

Simwambi, A., Hibler, S., Pietruschka, B. and Hawkins, P., 'Approaches to Faecal Sludge Management in Peri-Urban Areas: A Case Study in the City of Lusaka', in P. Hawkins and I. Blackett, eds., *FSM Innovation Overview and Analysis, Implementing FSM Services: Emerging Examples of Success*, Seattle, Bill & Melinda Gates Foundation, 2017.

The Environmental Protection and Pollution Control Act (1990) Ministry of Legal Affairs, Government of the Republic of Zambia, <http://www.parliament.gov.zm/sites/default/files/documents/acts/Environmental%20Protection%20and%20Pollution%20Control%20Act.pdf> (accessed 5 November 2020).

Contribuintes: Moffat Tembo (SNV in Zambia) | Pride Kafwembe (Lusaka Water and Sanitation Company) | Audrey Simwambi (BORDA) | Kamea Kashweka (WSUP).

Fotos: WSUP.



ESTUDO DE CASO 6

Tratamento de (resíduos) da mosca soldado negro

Nairobi,
Kenya



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

A Sanergy tem usado sistemas Black Soldier Fly (BSF, mosca soldado negra) para tratar e reciclar resíduos orgânicos em produtos agrícolas e briquetes de biomassa. Como um empreendimento social, a Sanergy foi criada em 2011 em resposta ao acesso inadequado a serviços seguros de saneamento e gestão de resíduos experimentados por moradores de Nairóbi que vivem em favelas. A Sanergy também viu uma oportunidade de desenvolver insumos agrícolas, como proteínas à base de insetos para ração animal e fertilizantes orgânicos. A Sanergy usa uma abordagem de cadeia de valor total, e a tecnologia BSF foi inicialmente testada no Quênia através de uma parceria com a Fundação Bill e Melinda Gates em 2013.

Em Nairóbi, 66% de todo o lixo fecal gerado acaba sem tratamento no ecossistema, poluindo o meio ambiente e prejudicando a saúde pública. Como a Sanergy planeja realizar uma mudança no sistema, desenvolvemos um serviço de gestão de resíduos urbanos que visa capturar e conter resíduos de latrinas esvaziados manualmente de forma formalizada.

CO-FUNDADOR DE SANERGY





Sanita separadora de urina baseada em recipientes Fresh Life

Descrição do sistema

A Sanergy utiliza larvas BSF e compostagem termofílica para tratar e reciclar lodo fecal, resíduos agrícolas e resíduos de alimentos do mercado e da cozinha. O lodo fecal é encontrado nos banheiros FRESH LIFE (um sistema baseado em contêineres usado para o armazenamento de resíduos humanos) em Nairóbi. Estes banheiros são projetados para reduzir o teor de umidade do lodo, separando urina e fezes. Até dezembro de 2019, a Sanergy havia instalado um total de 3.247 banheiros da Fresh Life em 11 assentamentos informais, atendendo mais de 80.000 moradores urbanos. Os contêineres, que contêm o lodo, são duplamente lacrados e são coletados pelos operadores com carrinhos de mão que transportam o lodo para um ponto de coleta descentralizado. Os recipientes completos são substituídos por recipientes limpos e vazios em banheiros da Fresh Life. Os contêineres são recolhidos do ponto de coleta descentralizado e transportados de veículo para uma estação de transferência, onde o lodo é consolidada em barris grandes e transportada de caminhão para a estação de tratamento.

As larvas BSF quebram o material orgânico e devolvem nutrientes ao solo. O sistema BSF aproveita esse processo para converter materiais orgânicos, como estrume, resíduos

agrícolas, resíduos alimentares e lodo humano, em subprodutos utilizáveis. Em instalações de processamento de BSF como a Sanergy, as larvas BSF se alimentam de material orgânico em decomposição e larvas crescem de alguns milímetros para cerca de 2,5 cm em 14 a 16 dias, reduzindo o peso úmido do resíduo em até 80%.¹ As larvas BSF são “coletadas antes do estágio pré-pupal usando um agitador mecânico para separá-las dos resíduos orgânicos”. Devido ao alto teor de proteína (cerca de 35%) e gordura (cerca de 30%) das larvas, elas podem ser utilizadas na alimentação animal. O resíduo de excremento (excremento de larvas de insetos) pode ser usado como condicionador do solo, mas requer tratamento adicional.² Na Sanergy, o resíduo de excremento é misturado com fontes de carbono provenientes de resíduos vegetais em fileiras de compostagem termofílica para produção de fertilizantes orgânicos. Temperatura, aeração e teor de umidade são sistematicamente medidos para garantir fertilizantes de alta qualidade. Briquetes de combustível também são produzidos a partir de resíduos de excrementos por pirólise para uso na instalação de tratamento. Isso ajuda a reduzir o consumo de combustíveis fósseis e os custos operacionais.

Os banheiros da Fresh Life garantem a contenção e separação de fezes e urina. A Sanergy também está trabalhando com empacotadores agrícolas, mercados e restaurantes para separar o desperdício de alimentos orgânicos de resíduos inorgânicos, plásticos e metais. O desperdício de alimentos é colocado em recipientes especiais que a Sanergy coleta e transporta para outras empresas de gestão e reciclagem de resíduos. A Sanergy também está explorando opções para usar lama de latrina pit, desidratando-as primeiro. Enquanto a urina é eliminada com segurança, a Sanergy está explorando opções para reumuí-la.

Quadro 1. Capacidade e custos de funcionamento da estação de tratamento de FBS

	Estação de tratamento convencional
Capacidade de desenho	7t (actual) y 200t (esperado) de lodo fecal e resíduos orgânicos/dia.
Capacidade operacional	7t (actual) y 200t (esperado) de lodo fecal e resíduos orgânicos/dia.
Custos	Despesa de capital, CAPEX = 7 milhões de dólares.

¹ B.M.A. Dortmans, S. Diener, B.M. Verstappen and C. Zurbrügg, *Black soldier fly biowaste processing: a step-by-step guide*, Dübendorf: eawag, 2017, https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/BSF_Biowaste_Processing_HR.pdf (accessed 8 April 2020).

² K. Tayler, *Faecal sludge and septage treatment: a guide for low- and middle-income countries*, Rugby, Practical Action Publishing, 2018, https://www.pseau.org/outils/ouvrages/practical_action_faecal_sludge_and_septage_treatment_a_guide_for_low_and_middle_income_countries_2018.pdf (accessed 25 April 2020), p. 332.



Removedores de lodo Fresh Life que removem as lodo dos sanitários Fresh Life

Ambiente regulatório e conformidade

A Sanergy contrata terceiros para testar seus produtos finais para garantir o cumprimento de padrões internacionais como ISO 16649 e ISO 6579. Os laboratórios operacionais da unidade de tratamento testam o lodo em vários pontos do processo para garantir que o tratamento da BSF remova patógenos dos produtos finais, incluindo fertilizantes e ração, com base nos testes de E. coli. Testes independentes são realizados por laboratórios confiáveis como o NAS-SERVAIR para comparar e garantir que os produtos finais estejam livres de patógenos.

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

Pessoal e treinamento

A Sanergy conta com mais de 250 colaboradores envolvidos na coleta de resíduos, processamento de resíduos, distribuição de insumos agrícolas, fortalecimento do ambiente de habilitação (regulamentações e políticas governamentais) e atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). O treinamento regular é oferecido a todos os funcionários,



As larvas de BSF estão prontas para serem colhidas.

especialmente aos operadores de esvaziamento e tratamento. Operadores se reúnem em fóruns para aprendizado de pares. Além disso, a Sanergy ajudou recentemente um grupo de 22 vazios manuais a se tornar uma organização comunitária formalmente registrada (CBO) que pode operar legalmente. A Sanergy fornece uma estação de transferência de resíduos para o descarte seguro de resíduos de poços e ajuda os esvaziadores a desenvolver profissionalismo em seu trabalho, utilizando equipamentos de proteção individual e melhorando os padrões de higiene para si e seu trabalho.

Financiamento inicial e sustentabilidade financeira

A Sanergy financiou a instalação inicial da usina por meio de financiamento de sementes e subvenções. O crescimento da Sanergy tem sido apoiado por parceiros filantrópicos e investidores de impacto. Para construir a sustentabilidade financeira do modelo, a Sanergy ganha renda com seu ramo com fins lucrativos, inclusive através da venda de fertilizantes orgânicos e ração animal à base de insetos.

Desafios de operação e manutenção

Condições ambientais para o sistema BSF

Um dos principais desafios enfrentados pela Sanergy foi estabelecer as condições ambientais certas para apoiar os ciclos de reprodução e crescimento da BSF. Fornecer a

fonte de alimento e as condições climáticas certas para melhor imitar o habitat natural da BSF para produção máxima exigiu uma série de testes pela equipe de pesquisa e desenvolvimento da Sanergy. O monitoramento regular da reprodução e crescimento da BSF é necessário para garantir um fornecimento confiável e constante de larvas para processar resíduos. A reprodução e o crescimento da BSF são sensíveis a uma série de condições ambientais, incluindo temperatura, umidade, luz, profundidade de resíduos orgânicos e ventilação.³ Para melhorar a fonte de alimento das larvas BSF, o resíduo agrícola e alimentar foi misturado com lodo fecal. Essas medidas ajudaram a expandir a reprodução da BSF e produzir ração animal rica em proteínas à base de insetos.

Necessidade de um ambiente forte de habilitação

Para o início da produção, a Sanergy enfrentou desafios em relação à posse de terras para banho em assentamentos informais, bem como políticas governamentais que limitavam a fabricação e venda de resíduos. Mudanças políticas foram necessárias, e isso foi conseguido trabalhando em parceria com governo, municípios e outros órgãos de saneamento. Foi criado um ambiente propício que apoiou a revisão e alteração de políticas relacionadas ao tratamento e reutilização de resíduos para a fabricação de produtos valiosos e o apoio a sistemas de saneamento à base de contêineres.

Para realizar nossa visão de fornecer saneamento seguro para todos e implementar nossa abordagem de economia circular para resolver os desafios da gestão de resíduos urbanos, Sanergy reconheceu que trabalhar com o governo desde o início é muito crítico.

CO-FUNDADOR DE SANERGY

Lições aprendidas

Investimento e pesquisa contínua necessária

Investimentos iniciais e pesquisas em andamento são necessários para tratar e converter resíduos com sucesso em insumos agrícolas e produtos de combustível alternativo. A fábrica de reciclagem Sanergy é a maior da África Oriental. Foi adaptado para usar tecnologias desenvolvidas internamente pela equipe de engenheiros da Sanergy. Tudo isso tem sido um investimento significativo. Além disso, o investimento em pesquisas contínuas para melhorar a qualidade do produto e os procedimentos operacionais padrão tem sido

considerado essencial para melhorar a eficiência do processo e maximizar a receita com a venda de produtos de alta qualidade. A Sanergy fez parceria com várias organizações de pesquisa para apoiar o processo de melhoria contínua e promover a capacitação contínua da equipe da Sanergy.

Importância da compreensão das necessidades da comunidade

Sanergy aprendeu que, embora as campanhas de marketing tenham um papel a desempenhar na promoção de produtos e serviços, elas são particularmente importantes para incentivar a adoção do saneamento e a mudança de comportamento. Conversas personalizadas e baseadas em problemas com diferentes membros da comunidade que abordam suas necessidades têm sido consideradas uma maneira eficaz de garantir a compra de serviços e produtos da Sanergy. Ao abordar diretamente os desafios existentes, como os desafios agrícolas e energéticos enfrentados pelos agricultores e comunidades, a aceitação dos produtos foi estabelecida.

A Sanergy também aprendeu que interagir com os clientes com frequência e ouvir o que eles valorizam é fundamental para fornecer um produto ou serviço que eles realmente usam. No caso do banheiro Fresh Life, a equipe de engenheiros da Sanergy continuou a melhorar o design do banheiro para incorporar o feedback dos clientes para resolver quaisquer problemas com o uso do banheiro. Por exemplo, a versão 3.0 do banheiro Fresh Life, lançada em 2015, inclui um prato de agachamento adequado para crianças e mulheres, um interior com piso de azulejo fácil de limpar e um suporte de agachamento para ajudar pessoas com deficiência a usar o banheiro.

Para operar com sucesso, estabelecemos uma relação aberta e colaborativa com as comunidades onde trabalhamos.

CO-FUNDADOR DA SANERGY

³ K, Tayler, *Faecal sludge and septage treatment*, 2018.

Considerações de escolha informada

Tratamento da mosca soldado negro como reutilização em Nairóbi, Quênia (Sanergy)

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 7t (atual) e 200t (planejado) de resíduos por dia. Capacidade operacional = 7t (atual) e 200t (planejado) de resíduos por dia.
	Custos operacionais	Despesas de capital, CAPEX = US\$ 7 milhões.
	Requisitos de energia	Energia solar utilizada: 350 MWh/mês. Eletricidade elétrica utilizada: 87 MWh/mês.
	Recursos de entrada	E. coli: 1,5 x 10 ⁵ a 2,0 x 10 ⁵ ufc/g. *
	Recursos de saída	E. coli: <10 ufc/g.
	Requisito para tierra	A área necessária para os processos de BSF é de aproximadamente 500-750 m ² por tonelada de sólidos secos processados por dia, com um adicional de 60 m ² por tonelada necessário para uma área de recepção de resíduos e para acomodar um laboratório, escritório e espaço de armazenamento, e instalações de funcionários. ⁴
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	250 funcionários, de semiquilificados (vazios) a qualificados (engenheiros, pesquisadores com qualificações terciárias).
	Disponibilidade de tecnologia/material (local)	Materiais e fabricação, todos disponíveis e gerenciados localmente, com algumas tecnologias importadas internacionalmente.

*cfu - colony forming units i.e. number of bacteria/fungi.

⁴ B.M.A. Dortmans, S. Diener, B.M. Verstappen and C. Zurbrügg, *Black soldier fly biowaste processing*, 2017.

Referências

Dortmans, B.M.A., Diener, S., Verstappen, B.M. and Zurbrügg, C., *Black soldier fly biowaste processing: a step-by-step guide*, Dübendorf: eawag, 2017, https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/BSF_Biowaste_Processing_HR.pdf (accessed 8 April 2020).

Taylor, K., *Faecal sludge and septage treatment: a guide for low- and middle-income countries*, Rugby, Practical Action Publishing, 2018, https://www.pseau.org/outils/ouvrages/practical_action_faecal_sludge_and_septage_treatment_a_guide_for_low_and_middle_income_countries_2018.pdf (accessed 25 April 2020).

Contribuintes: Reinilde Eppinga (SNV in Kenya) | Sheila Kibuthu (Sanergy).

Fotos: Sanergy.



ESTUDO DE CASO 7

Entrincheiramento de linha profunda

Asia y África



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

O entrancheamento de linha profunda (DRE) pode ser usado como uma tecnologia simples para o descarte seguro e, em alguns casos, reaproveitamento de lodo fecal. Este estudo de caso compartilha experiências da Malásia, Índia, África do Sul e Benim no uso e teste da DRE como uma solução provisória ou de longo prazo. Nos quatro países, a DRE foi escolhida por seu baixo custo e simplicidade de seu design. Na África do Sul e no Benim também foi escolhida por seu potencial de oferecer oportunidades para o reaproveitamento do lodo como condicionador de solo na agroflorestal.

Na Malásia e na Índia, a DRE foi introduzida como uma solução provisória para descartar resíduos enquanto aguardava a construção de instalações de tratamento de esgoto e esgoto. Em ambos os países, o descarte de lodo não tratado em trincheiras profundas não foi percebido como uma estratégia desejável de longo prazo devido à contaminação potencial de águas subterrâneas e águas superficiais por lixiviação. Na Malásia, a DRE foi introduzida em 1994 pela Indah Water Konsortium (IWK), uma empresa estatal. Um total de 26 locais de escavação de trincheiras foram criados em todo o país, mas agora quase todos eles foram removidos devido às estações de tratamento de lodo fecal (FSTP) e serviços de esgoto que tomaram seu lugar. Na Índia, o DRE está sendo usado no estado de Odisha, com 84 locais de escavação de trincheiras que atendem 114 cidades. Os locais DA DRE são de propriedade e operados por municípios locais, e a Ernst & Young fornece suporte técnico para cidades em transição para FSTPs.

Na África do Sul, a Comissão de Pesquisa em Água (WRC), em parceria com a Partners in Development e a Universidade de KwaZulu-Natal, vem investigando o potencial da DRE através da avaliação de cinco experimentos separados em todo o país desde 2007. Um estudo piloto atualmente está sendo estabelecido na comunidade Parakou no Benin para investigar o uso a longo prazo do DRE como mecanismo de descarte e reutilização. O piloto foi criado para plantar árvores em cima de trincheiras cobertas e é uma parte fundamental do Plano de Saneamento Parakou.

Nos quatro países, a DRE foi escolhida por seu baixo custo e simplicidade de design.

Também foi escolhido na África do Sul e no Benim devido ao seu potencial de oferecer oportunidades de reutilização de lodo como condicionador de solo.



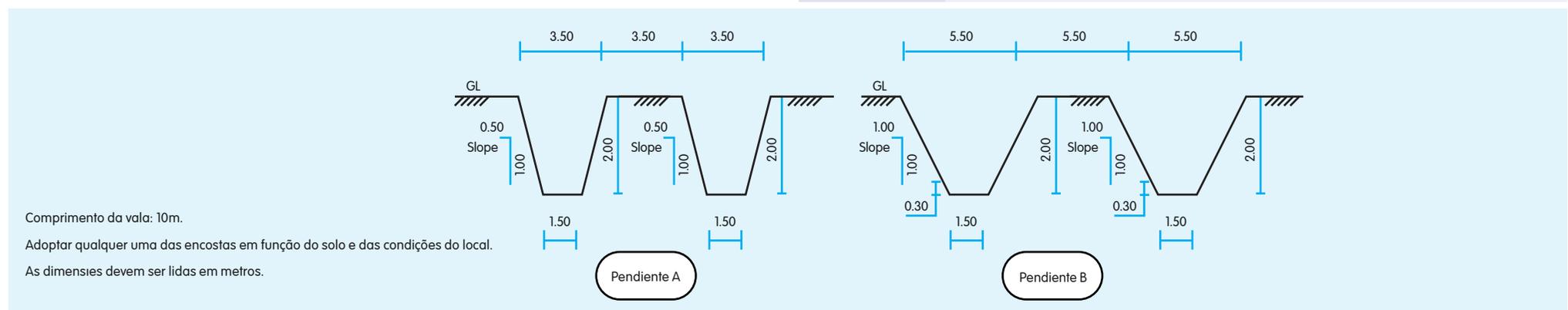
Esvaziamento de lodo numa vala no local da vala em Umlazi, África do Sul

Descrição do sistema

A construção e operação de trincheiras profundas é simples, com a seleção do local muitas vezes sendo o aspecto mais complexo. Na África do Sul, a seleção do local dependia se um local era grande o suficiente para acomodar o volume de lama previsto durante o ciclo de crescimento das árvores. Os critérios utilizados para a realização dessa avaliação incluíram: tamanho da trincheira, volume, tamanho da comunidade atendida e duração do ciclo de plantio de árvores. O ciclo de plantio de árvores é relevante porque os locais são imobilizados por 6 a 9 anos. Outros critérios de seleção do local são distância para fontes de lodo, meios de transporte e acesso ao local para veículos que transportam lodo.¹ Na Índia, as diretrizes desenvolvidas pelo Water Sanitation and Hygiene Institute (WASHI) estipulam que o terreno selecionado deve ser razoavelmente plano para facilitar a operação e para que caminhões de limpeza tenham acesso a trincheiras. Áreas alagadas ou propensas a inundações devem ser evitadas. Uma distância de amortecimento suficiente é necessária para as propriedades habitáveis (pelo menos 200 m). A cerca ao redor do local e a sinalização de aviso também devem ser consideradas.²

Ao selecionar locais apropriados para construção de trincheiras profundas, várias considerações ambientais devem ser levadas em consideração. O local não deve ser próximo à superfície, fontes subterrâneas ou subterrâneas de água, e uma investigação é necessária para avaliar o grau de separação entre a base da trincheira e o cano de água para evitar a entrada de contaminantes. Uma análise das características do solo e do material rochoso também é necessária e se permitem uma rápida infiltração da água contaminada.^{3,4}

Figura 1. modelo padrão de vala profunda adoptado na Índia, adaptado pela SNV6



As dimensões das trincheiras são um dos fatores mais importantes a serem considerados ao projetar o local da trincheira. As dimensões podem variar entre os locais, conforme mostrado na *Tabela 1*. As recomendações do estudo de caso sul-africano afirmam que as dimensões ideais para trincheiras são de 800 mm de profundidade e 600 mm de largura. O espaçamento entre as linhas deve levar em consideração a estabilidade do solo, com espaço adequado para acomodar os veículos que cavam as trincheiras e aqueles que entregam o lodo.⁵ A *Figura 1* fornece um diagrama das dimensões recomendadas para trincheiras profundas. A escolha das dimensões das encostas também dependerá do tipo de solo e estabilidade.

Quadro 1. Dimensões das valas profundas nos estudos de caso de Índia, África do Sul y Benin

Critério	Índia (projecto Odisha State DRE e diretrizes técnicas WASHI)	África do Sul (experilncia florestal Sappi)	Benin (para pilotagem)
Profundidade	1.5 m	1.5 m	1.5 m
Comprimento	10 m	20 m	50 m
Anchura	2.5 m-5.5 m (largura superior da trincheira). 1.5 m (largura do fundo da trincheira).	0.6 m	2.5 m
Distância entre fechos	3.5 m	3 m	1 m
Capacidade de desenho de trincheiras	0.5m ³ de lodo por m ² de superfície.	0.25m ³ de lodo por m ² de superfície.	1m ³ de lodo por m ² del área.

¹ WRC, *Entrenchment of pit latrine and wastewater sludges: An investigation of costs, benefits, risks and rewards*, Pretoria, Water Research Commission, 2015.

² WASHI, *Technical notes on shallow and deep trenches for fecal sludge/septage*, New Delhi, Water Sanitation and Hygiene Institute, 2020.

³ WASHI, *Technical notes on shallow and deep trenches for fecal sludge/septage*, 2020.

⁴ WRC, *Entrenchment of pit latrine and wastewater sludges*, 2015.

⁵ WRC, 2015.

⁶ WASHI, 2020, p. 26.

Lodo doméstico enterrado em trincheiras é tratado por processos biológicos naturais. Uma vez que as trincheiras tenham sido preenchidas com lama, elas podem ser cobertas com o solo escavado. Através da desidratação e decomposição, o lodo mal é distinguível do solo circundante após alguns anos. Árvores que precisam de grandes quantidades de nitrogênio podem ser plantadas em ou ao lado de valas (como foi o caso em alguns dos experimentos sul-africanos, e como pretendido no piloto do Benim) ou lama enterrada pode ser deixada por até quatro anos para se decompor. Enquanto a maioria dos patógenos no lodo morrem dentro de 6-8 meses, o ovo de *Ascaris lumbricoides* (lombriga) pode sobreviver até quatro anos, de modo que a lombriga é usada como um organismo marcador para determinar o grau em que o lodo pode ser considerado segura para resolver. Portanto, pode-se concluir razoavelmente que, se for necessário fazê-lo, o lodo enterrado pode ser escavada com segurança após quatro anos.⁷ Em termos de agro silvicultura, o ciclo médio de vida das árvores é entre 6 e 10 anos antes de serem descartadas e colhidas, o que deixaria tempo suficiente para que os patógenos de lodo se extinguissem. Compreensivelmente, recomenda-se evitar o uso de condicionador de solo DRE para culturas anuais ou comestíveis.

Ambiente regulatório e conformidade

O monitoramento contínuo das águas subterrâneas e do solo no local da DRE é necessário para garantir que as normas e diretrizes de saúde ambiental e pública sejam atendidas. Os valores de referência das águas subterrâneas e do solo devem ser estabelecidos antes que o lodo se enraíze no local, a fim de fornecer uma base para avaliar o impacto do lodo enraizada ao longo do tempo. Índia e África do Sul, no entanto, seguiram diretrizes e monitoramentos ligeiramente diferentes.

O monitoramento contínuo das águas subterrâneas e do solo no local da DRE é necessário para garantir que as normas e diretrizes de saúde ambiental e pública sejam atendidas.



Umlazi plantou vala na África do Sul

Com base na experiência sul-africana, o relatório da WRC descreve diretrizes ligeiramente diferentes para o monitoramento de águas subterrâneas e solo em locais de DRE. O monitoramento da água no local deve incluir coliformes fecais e *E. coli*. Os seguintes atributos químicos também foram monitorados no caso sul-africano por se trata de um projeto de pesquisa: nitrogênio orgânico, nitrato de nitrogênio, nitrogênio de amônio, cloretos, pH, COD, zinco, cádmio, cobre e condutividade específica. A frequência de monitoramento será determinada pela profundidade do cano de água, pelo teor de argila, pelo pH do solo e pelo teor de água do lodo. Quando a profundidade do cano d'água é inferior a 5 m, são sugeridos processos trimestrais de monitoramento para lodo seco e processos mensais de monitoramento de lodo líquido durante o período chuvoso. O monitoramento menos frequente pode ser suficiente se o teor de argila do solo no local da DRE for superior a 35%, ou seja, se o lodo desidratado estiver entrancheirada acima de um mesa d'água a mais de 10 m, ou se o lodo líquida estiver entrancheirada acima de um vaso de água com mais de 20 metros de profundidade. Em alguns casos, o monitoramento das águas subterrâneas pode não ser necessário devido à profundidade do lençol freático.

⁷ WRC, 2015.

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da execução do processo de tratamento

Tipo, qualidade e quantidade de lodo

O tipo, a qualidade e a quantidade de lodo enterrados em trincheiras profundas são considerações importantes ao gerenciar um local DE DRE. No geral, os quatro países do estudo de caso só aceitaram lodo doméstico, rejeitando lodo industrial, comercial ou tóxico. Lodo não tratado geralmente vem de latrinas de poços ou fossas sépticas, com exceção do ensaio da Floresta de Sappi na África do Sul, que recebeu seu lodo de uma instalação local de tratamento de águas residuais. Na Índia, foram estabelecidas diretrizes para controlar a quantidade de lodo recebida registrando o número de caminhões entrando, a data de entrada, a quantidade de lodo depositado e o tempo necessário para encher cada trincheira. Além disso, na África do Sul, recomenda-se testes laboratoriais de lodo se houver alguma razão para acreditar que está contaminado com contaminantes.

Costos de atrencheramiento de lodos

Embora o DRE seja uma opção barata de descarte de lodo, alguns custos ainda são incorridos nesta abordagem. Na África do Sul, foi estimado um custo de US\$ 0,33/metro de trincheira, incluindo os custos de escavação da trincheira, manutenção da trincheira e transporte do lodo (que é de longe a maior proporção do custo). Outros custos estão associados ao estabelecimento de poços de monitoramento de lixiviação e águas subterrâneas, com custo estimado de US\$ 546/hectare de cavas; assumindo que um poço de monitoramento cobrirá pelo menos dez hectares.⁸

No piloto do Benin, a intenção é estabelecer um contrato de parceria com as três empresas de limpeza que operam na comuna de Parakou. As empresas de remoção de lodo serão cobradas us\$ 0,80/m³ de lodo para esvaziamento nas trincheiras profundas. No projeto DRE da Índia, o município não cobra das empresas de limpeza para esvaziar o lodo nas trincheiras porque quer incentivá-las a usar as trincheiras e não jogar lama nos cursos d'água. Como a DRE é considerada uma solução provisória para o descarte de lodo, o município absorve os custos por enquanto.

No caso do Benin, calculou-se que se as empresas de remoção de lodo cobram às famílias US\$ 7,50/m³ de lodo extraído, isso poderia resultar em um lucro potencial para empresas de 30% para 10 m³ de lodo (depois de levar em consideração todos os custos, como despesas de descarte, custos com combustível, mão-de-obra e veículos). Esta taxa de faturamento deve

⁸ WRC, 2015.

⁹ IWK, National Environmental Health Action Plan (NEHAP): Effects of the reuse of sludge to environmental health, Kuala Lumpur, Indah Water Konsortium, 2015.

ser acordada por todas as empresas de disposição de lodo. Em outros países africanos, essa taxa às vezes pode ser entre 4 e 10 vezes maior do que a citada para o Benim.

Teste de qualidade do solo

Testar os impactos da remoção de lodo nas características do solo é uma parte necessária dos processos de monitoramento da DRE. Na África do Sul, o experimento florestal de Sappi relatou picos nas concentrações de nitrato e fosfato no lixiviado, nas proximidades do lodo. No entanto, não foram observados aumentos significativos nas concentrações de nitrato ou fosfato em nenhum dos poços localizados entre os locais de entrencheramiento de lama e os córregos mais próximos da encosta. Após três anos, não houve diferenças significativas entre os níveis de nitrogênio e fosfato no lodo e no solo circundante. Da mesma forma, na Malásia, em 2009, sete locais foram escolhidos para avaliar mudanças nas concentrações de nutrientes e metais pesados no solo devido à DRE. ⁹ Foram escolhidos os locais com base na duração das atividades de remoção das trincheiras, com no mínimo cinco anos exigidos. A amostragem do solo encontrou pequenas melhorias nas concentrações de nitrogênio, fosfato e potássio, e não houve aumentos significativos nos metais pesados. O estudo concluiu que as trincheiras podem ajudar a melhorar os valores dos nutrientes do solo, a taxa de acúmulo de metais pesados é lenta, e os níveis químicos observados nas amostras da trincheira ficaram abaixo dos limites propostos.

Considerações OHS

Devido à probabilidade de concentrações variadas de patógenos no lodo, deve ser tratado como resíduos perigosos e os trabalhadores devem receber treinamento e apoio adequados em saúde e segurança ocupacional (SS), como em outros processos de tratamento de lodo. Em todos os locais de estudo de caso, foram fornecidos protocolos de LODGE para transporte e manuseio de lodo, juntamente com treinamento associado. Esse treinamento incluiu educar os trabalhadores sobre patógenos, rotas de transmissão e procedimentos para proteger sua saúde. Os trabalhadores devem usar equipamentos de proteção enquanto manuseiam lodo para evitar infecções por bactérias, vírus ou parasitas intestinais. Ovos parasitas podem ser transportados pelo ar ao manusear lama, por isso é importante que os trabalhadores usem máscaras, luvas, botas e macacões. Os protocolos rigorosos da OHS impedem a transferência de patógenos fora do local, garantindo que roupas de proteção contaminadas não sejam usadas fora do local da DRE ou ao dirigir veículos. Os protocolos OHS também garantem que as rodas do veículo não estejam contaminadas, carregando patógenos quando saem do local. Os trabalhadores também devem ser fornecidos com os meios para desinfetar suas roupas antes de ir para casa. Por fim, recomenda-se que os trabalhadores sejam submetidos a exames médicos regulares e tratamentos antiparasitários se trabalharem regularmente com lodo.

Desafios de construção, operação e manutenção

Considerações de acessibilidade para caminhões de limpeza

Os locais DRE devem ser projetados e preparados de forma a permitir o acesso por caminhões de limpeza pesados. As trincheiras devem ser cavadas paralelamente aos contornos da encosta do local, com o espaço e as dimensões das trincheiras dependendo de algum grau dos resultados das avaliações de estabilidade do solo, inclinação natural do solo e profundidade do cano de água. Devido à frequente passagem dos caminhões de limpeza, deve-se deixar espaço suficiente para acomodar os veículos, e o enchimento deve ser empilhado ao lado da trincheira, sem que a trincheira desmorone. Várias soluções foram sugeridas e testadas para evitar o colapso das trincheiras nos países de estudo de caso. Para o piloto beninense, o solo será compactado no ponto onde caminhões esvaziam o lodo nas trincheiras. Na Índia, as paredes das trincheiras são cortadas em uma encosta para minimizar o risco de colapso. Na África do Sul, foi aconselhado testar trincheiras para garantir que as dimensões e o espaçamento desejados sejam respeitados para que os caminhões removam o lodo sem danificar as paredes das trincheiras.

Preocupações com a saúde ambiental

Fatores como inundações, chuvas fortes ou invasão de assentamentos humanos em locais da DRE podem alterar o impacto ambiental do entrincheiramento durante ou após o período de uso. Na Índia, o entrincheiramento não tem sido usado em áreas que têm problemas de inundação ou inundação, e as trincheiras não são usadas durante a estação das monções. Inundações ou chuvas fortes podem fazer com que poluentes e poluentes de lodo subam à superfície ou se movam cada vez mais rápido (ou em concentrações mais altas) através de águas subterrâneas. Da mesma forma, a invasão em assentamentos humanos perto de locais DRE pode reduzir zonas tampão e pode tornar a água perto do local de entrincheiramento imprópria para consumo humano. Quando os locais de DRE são afetados por qualquer um desses fatores, o entrincheiramento do lodo deve ser suspenso até que seja considerado seguro para continuar, ou as atividades devem ser suspensas indefinidamente. Na pior das hipóteses, o lodo deve ser desenterrado e descartado em outro lugar.

Fatores como inundações, chuvas fortes ou a invasão de assentamentos humanos em locais da DRE podem alterar o impacto ambiental do entrincheiramento durante ou após o período de uso.



Lodo decomposto após 3,5 anos no sítio Umlazi (África do Sul)

Oportunidades de uso benéfico

Embora o DRE seja usado principalmente como um mecanismo de remoção de lodo, oportunidades de uso benéfico são possíveis na forma de agro silvicultura. As árvores podem ser plantadas em cima ou ao lado de trincheiras cheias, e os nutrientes no lodo melhorarão as taxas de crescimento e aumentarão os volumes de madeira. No experimento florestal Sappi da África do Sul, o lodo que foi enterrada perto de eucaliptos aumentou o volume total de madeira em até 50%. Foi avaliado que esse volume adicional de madeira poderia compensar o custo do processo de entrincheiramento em até um terço ou até mesmo metade. Isso é menor do que o custo de entrincheirar o site, mas compensa o custo da remoção de lodo até certo ponto. Em Benin, a comunidade Parakou pretende plantar árvores Gmelina Arborea em trincheiras cheias durante a estação chuvosa, pelo menos 3-6 semanas depois de terem sido preenchidas. O tempo de espera permitirá a estabilização do lodo. Uma vez que as árvores tenham amadurecido, a comunidade conservará a área como floresta urbana artificial ou colherá as árvores para venda comercial após um período de dez anos.

Considerações de escolha informada

Entincheiramento de fileiras profundas no Benim, Índia e África do Sul

	Capacidade de design	18-200 m ³ de lodo (dependendo das dimensões das trincheiras e da terra disponível).
	Custos operacionais	US\$ 18/m ³ para transporte de trincheiras, enchimento e lodo. US\$ 900/ha para monitoramento contínuo de águas subterrâneas (estimativas baseadas na experiência sul-africana).
	Requisitos de energia	Sistema natural, sem requisitos de energia, exceto combustível para conduzir a escavadeira ao preparar trincheiras.
	Recursos de entrada	Lodo doméstico de latrinas de poços e fossas sépticas.
	Recursos de saída	Depois de quatro anos, o lodo é difícil de distinguir do solo circundante.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Pessoal mínimo necessário: operadores de caminhões de limpeza (o pessoal mais importante), bem como pessoal para cavar trincheiras ou gerenciar o local.
	Disponibilidade de tecnologia/material (local)	Requisitos de baixa tecnologia; materiais e fabricação todos disponíveis localmente.

Referências

IWK, *National Environmental Health Action Plan (NEHAP): Effects of the reuse of sludge to environmental health*, Kuala Lumpur, Indah Water Konsortium, 2015.

WASHi, *Technical notes on shallow and deep trenches for faecal sludge/septage*, New Delhi, Water Sanitation and Hygiene Institute, 2020.

WRC, *Entrenchment of pit latrine and wastewater sludges: An investigation of costs, benefits, risks and rewards*, Pretoria, Water Research Commission, 2015.

Contribuintes: David Still (Partners in Development) | Arumugam Kalimuthu (WASH Institute) | Wee Soon Guan (IWK) | Dorai Narayana (Consultant).

Fotos: David Still.



ESTUDO DE CASO 8

Uso de contatos biológicos rotativos

Banjarmasin,
Indonesia



Antecedentes

Seleção e Finalidade do tratamento

A Estação de Tratamento de Águas Residuais de Pekapuran Raya (WWTP) é uma das sete WWTPs na cidade de Banjarmasin que utiliza contactores biológicos rotativos (RBCs) para tratamento de águas residuais. A fábrica Pekapuran Raya está em operação desde 2008. As sete estações de tratamento de águas residuais na cidade de Banjarmasin pertencem ao governo central, mas são operadas e mantidas pela PD PAL Banjarmasin, uma empresa governamental independente.

Várias partes interessadas participaram da seleção e projeto das tecnologias e instalações da RBC, incluindo representantes da Secretaria local de Obras Públicas e Habitação, da equipe técnica provincial do Ministério de Obras Públicas e Habitação, do diretor do PD PAL Banjarmasin e de um consultor local que projetou a instalação. A decisão final sobre a tecnologia e o projeto das instalações foi tomada pela Secretaria de Obras Públicas e Habitação em Banjarmasin. A decisão foi baseada na facilidade de operação, requisitos de superfície terrestre, custo operacional e capacidade de atender às normas de efluentes exigidas. A tecnologia RBC exige que os operadores tenham habilidades de manutenção mecânica, mas não habilidades de função de controle de processos. A tecnologia não requer uma grande área de terra, o que a torna adequada para a cidade de Banjarmasin, pois é densamente povoada e a terra disponível é escassa. A RBC exige que a eletricidade opere, mas em comparação com outras tecnologias mecânicas, os requisitos de eletricidade e, portanto, os custos operacionais são menores.

A tecnologia RBC foi escolhida por ser fácil de operar, não precisa de habilidades especiais para operar, e não requer uma grande área. A disponibilidade de terras é um grande problema em Banjarmasin.

CHEFE DE DIVISÃO TÉCNICA, PD PAL BANJARMASIN



Unidade de contactor biológico rotativo (RBC)

Descrição do sistema

O esgoto do EDAR de Pekapuran Raya é tratado por um processo de tratamento biológico, que conta com glóbulos vermelhos para tratamento secundário. O esgoto, que inclui água cinza e esgoto de casas, hotéis, restaurantes e escritórios, é entregue à instalação através de uma rede de tubos. O processo de tratamento está descrito na *Figura 1*.

Como mostra a *Figura 1*, o processo de tratamento começa com a etapa A, que é a entrada da tubulação principal do esgoto que entrega o esgoto para a instalação. Passo B é a estação de bombeamento de águas residuais, que bombeia o esgoto de sete metros abaixo do solo até a unidade de processamento. Uma tela de barra antes da unidade da estação de bombeamento filtra resíduos sólidos de águas residuais como parte do processo de tratamento primário. Na Etapa C, dois clarificadores e duas unidades RBC (8,15 m de comprimento) são utilizados para o tratamento secundário de águas residuais. A RBC consiste em uma série de discos paralelos, intimamente espaçados, montados em um eixo rotativo, que repousa logo acima da superfície das águas residuais. Os microrganismos crescem na



Ecrã de barras com bomba submersível

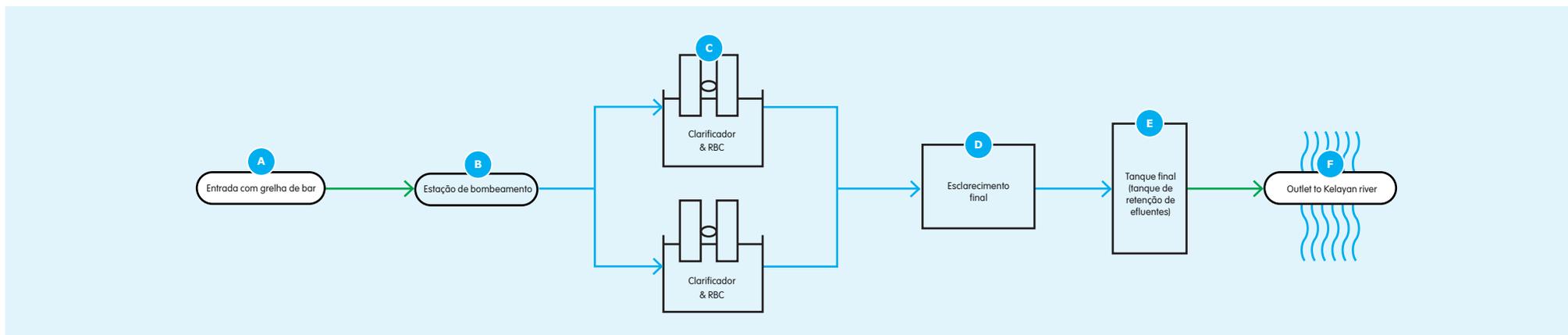
superfície dos discos onde ocorre a degradação biológica de contaminantes de águas residuais. Pacotes rotativos de discos, conhecidos como mídia, são colocados em um tanque e giram a 2-5 rotações por minuto. O eixo está alinhado para que os discos girem em ângulos retos para o fluxo de águas



Estação de bombagem de esgotos

residuais, com cerca de 40% da área do disco submersa no esgoto.¹

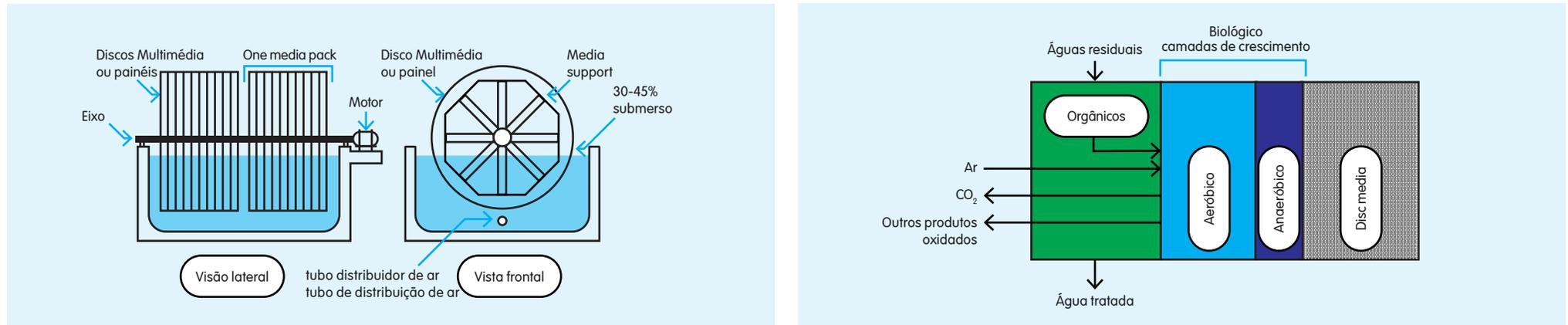
Figura 1. Processo de tratamento no Pekapuran Raya WWTP,² adaptado pelo SNV



¹ R.L. Antonie, *Fixed biological surfaces – wastewater treatment: the rotating biological contractor*, CRC Press, 2018, <https://doi.org/10.1201/9781351072045> (accessed 25 November 2020).

² Schematic diagram of treatment process based on SNV's site visit in 2019.

Figura 2. Diagrama esquemático de um RBC típico (esquerda) e uma seção transversal esquemática da face de contato do meio da cama em um RBC (direita),³ adaptados por SNV



O processo de tratamento continua com o esclarecedor final (Passo D na Figura 2), que é um tanque de assentamento projetado para separar sólidos da água, permitindo que sólidos pesados suspensos se instalem no fundo e a água clarificada transborde por cima. O pó de cloro é adicionado como um desinfetante. A camada de lodo produzida na parte inferior do clarificador é extraída e removida na Estação de Tratamento de Lodo Fecal Basirih (FSTP) em Banjarmasin. O passo E da estação de tratamento consiste no reservatório final onde as águas residuais processadas são retidas por 3-6 horas antes de sua liberação no rio Kelayan (Passo F). Amostras de efluentes são analisadas para determinar sua qualidade antes da eliminação final. Parte da água da tomada é reutilizada para irrigar as plantas do WWTP. A água é coletada através de um tubo separado e filtrada para que atenda aos padrões de qualidade adequados para regar plantas não comestíveis.

Quadro 1. Capacidade e custos operacionais do WWTPs de Pekapuran Raya

	Pekapuran Raya WWTP
Capacidade de desenho	2,500 m ³ /dia de água cinzenta e preta.
Capacidade operacional	250-500 m ³ /dia de água cinzenta e preta.
Custos de funcionamento	US\$ 84,000 por ano para as sete ETARs operadas pela PD PAL Banjarmasin.

Ambiente regulatório e conformidade

No PTAR de Pekapuran Raya segue as normas ambientais governamentais nacionais e regionais para a qualidade dos afluentes e efluentes, e são realizados testes regulares para cumprir essas regulamentações. A qualidade do afluente e do efluente é verificada mensalmente com o Padrão de Efluentes do Ministério do Meio Ambiente (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nº 68/2016) e o Padrão de Efluentes da Regência Kalimantan do Sul (Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 Tahun 2008). Algumas verificações diárias são realizadas, incluindo pH, temperatura e oxigênio dissolvido (DO). Os testes mensais são realizados por um laboratório da Agência Municipal de Meio Ambiente e o laboratório da Agência Ambiental Provincial realiza uma amostra aleatória da qualidade do afluente e do efluente da instalação 2-3 vezes por ano. A qualidade dos insumos de resíduos tem sido bastante constante, com alguns picos ocasionais na demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Até o momento, nenhuma análise adicional foi realizada para entender os picos do BOD.

O desempenho das instalações de tratamento é consistente que a qualidade do efluente esteja sempre abaixo do padrão de efluentes regulado. Uma vez que, antes da promulgação do regulamento atual, em 2016, o número de E. coli disparou. No entanto, uma vez que o novo padrão de efluentes verifica apenas o parâmetro coliformes totais, a quantidade de E. coli não é mais medida. Atualmente, para garantir que o parâmetro coliforme total esteja abaixo do padrão de efluentes, a dosagem desinfetante de cloro é ajustada.

SEÇÃO CHEFE DA DIVISÃO DE REDES DE GASODUTOS, PD PAL BANJARMASIN

³M.R. Beychok, *Aqueous waste from petroleum and petrochemical plants*, 1st edition, John Wiley & Sons Ltd., 1967, p. 262.

Quadro 2. Qualidade da influência e do efluente da ETAR de Pekapuran Raya

Parâmetro	Entrada	Saída	Norma de efluentes do Ministério do Ambiente (Permen LHK 68/2016)	Padrão de Efluentes da Regência de Kalimantan do Sul (Pergub 36/2008)
Temperatura (°C)	28.5	28.3	–	–
pH	7.06	7.53	6-9	6-9
Sólidos totais em suspensão (TSS) (mg/l)	25	6	30	100
Demanda bioquímica de oxigênio (BOD) (mg/l)	45.48	9.74	30	100
Demanda química de oxígeno (COD) (mg/l)	115.99	24.84	100	–
Graxa e óleo (mg/l)	1.3	0.5	5	10
Ammonia (mg/l)	26.19	10.58	10	–
Coliformes totais (NMP/100 ml de muestra)	2,940	2,400	3,000	–

Operação e manutenção: realidades, desafios e oportunidades

Realidades da operação da estação de tratamento

Considerações de construção

Durante a construção dos PTARs, foram avaliados impactos ambientais para garantir que as normas de qualidade fossem atendidas e as objeções públicas fossem consideradas.

A cidade de Banjarmasin é relativamente plana. É atravessado por muitos rios e tem inúmeros pântanos. Devido à mudança das marés do rio, inundações são comuns e condições pantanosas levam a solos macios. Portanto, ao construir os sete EDAR, todas as estruturas foram construídas em pilhas fortes e profundas acima do solo para evitar inundações. A Equipe Técnica Provincial do Ministério das Obras Públicas e Habitação garantiu que os critérios de planejamento e qualidade da construção fossem atendidos, conforme estipulado no Regulamento nº 4 de 2017 do Ministério das Obras Públicas e Habitação em Gestão de Esgotos.

No geral, nenhum dos PTARs experimentou quaisquer desafios durante a construção, exceto para o mais novo PTAR onde houve objeções públicas ao seu desenvolvimento. PD PAL Banjarmasin abordou suas preocupações através de briefings regulares, explicando que o PTAR melhoraria a limpeza e levaria a melhores resultados de saúde para a comunidade. Desde então, a PD PAL Banjarmasin conseguiu obter um certificado de propriedade da terra. A terra foi desmatada, o WWTP foi construído e logo começará a operar.

Não enfrentamos nenhuma rejeição pública até nosso último PTAR Sultan Adam, que foi construído em 2012. A comunidade ao redor do Sultão Adam WWTP se recusou a conectar seu oleoduto doméstico à principal rede de gasodutos porque eles não queriam que o PTAR fosse construído perto de suas casas. Eles percebem [percebido] que o EDAR [é] sujo e vai ter um cheiro ruim.

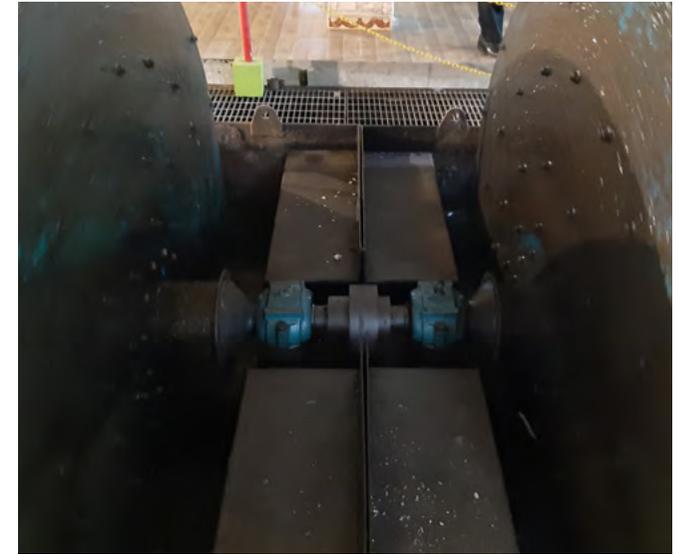
CHEFE DE DIVISÃO TÉCNICA, PD PAL BANJARMASIN



Medidor automático de fluxo de entrada



Tubo de saída



RBC rolamentos

Operação contínua e manutenção da instalação

Várias atividades típicas de operação e manutenção (O&M) são necessárias para garantir o funcionamento suave e contínuo do Pekapuran Raya WWTP. Essas atividades incluem:

- limpeza diária da tela da barra para remover detritos e efluentes, pH, temperatura e controles de oxigênio dissolvidos;
- verificações mensais de qualidade laboratorial de afluentes e efluentes e manutenção de peças de motores RBC; e
- verificações trimestrais de clarificador para avaliar os requisitos de eliminação de lodo.

Quedas de energia de 2 a 3 horas são comuns em Banjarmasin, exigindo que a instalação tenha um gerador de energia diesel para garantir o funcionamento contínuo do PTAR. O gerador de energia em uso tem uma capacidade de 80-100 kVa, o que é suficiente para gerenciar todas as operações EDAR durante paralisações.

Pessoal e treinamento

Uma pequena equipe de cinco operadores garante o funcionamento contínuo do EDAR DE Pekapuran Raya. Um operador é o coordenador da equipe. Como os operadores também executam funções de segurança para a instalação, eles são fornecidos com acomodação nas dependências da instalação.

O fornecedor Enviro, que forneceu a tecnologia RBC, desenvolveu um procedimento padrão de operação e manutenção para a instalação. As operadoras receberam treinamento on-

the-job da Enviro quando o PTAR entrou em operação em 2008. O Ministério de Obras Públicas e Habitação forneceu treinamento adicional para todos os operadores do PTAR na Indonésia. No entanto, nem todos os operadores que trabalham atualmente no EDAR DE Pekapuran Raya foram empregados na época. Como tal, os operadores existentes fornecem treinamento no trabalho para novos recrutas. As sessões de treinamento de aprendizagem ponto a ponto focam na operação mecânica e elétrica e na manutenção da instalação.

Desafios de operação e manutenção

Limitações na operação e manutenção do EDAR

Garantir o funcionamento contínuo e a manutenção da tecnologia RBC é essencial para o funcionamento global do EDAR. No entanto, os operadores descobriram que algumas das tarefas envolvidas são desafiadoras. Elementos críticos da tecnologia RBC, que devem ser mantidos, incluem o eixo que mantém a mídia bacteriana intacta e o rolamento que mantém o RBC em rotação. Para o operador atual, alterar ou reparar o rolamento RBC pode levar até um mês. A instalação não tem orçamento para contratar um perito técnico da RBC, que supostamente faria o trabalho muito mais rápido. Como resultado, tais tarefas dificultam desnecessariamente as operações. Além disso, é necessária a limpeza e remoção ocasional de sedimentos da caçamba RBC, exigindo que uma das unidades e clarificadores da RBC sejam desligados para permitir o acesso.

Quando chega a hora de limpar o lodo gerado no balde RBC, é necessário parar e levantar os RBCs para que os trabalhadores possam remover e limpar a câmara de lodo. Isso leva um pouco de tempo, embora possamos operar nos outros pares de glóbulos vermelhos. Mas redesenhar a câmara de lodo para melhorar o acesso à limpeza e remoção de lodo seria muito bom.

SEÇÃO CHEFE DA DIVISÃO DE REDES DE GASODUTOS, PD PAL BANJARMASIN

Ajustes no esclarecido final e no medidor de fluxo de saída otimizariam o processo de tratamento. O esclarecedor final requer que o pó de cloro seja adicionado para garantir que o nível total de coliformes atenda aos padrões de qualidade do efluente necessários. No entanto, o cloro em pó às vezes entope o tubo desinfetante e a dosagem manual resultou em quantidades imprecisas sendo adicionadas. Mudar para um desinfetante líquido pode evitar bloqueios e dosagens incorretas. Dentro do tubo de saída, um medidor mecânico é frequentemente entupido com sedimentos. Substituí-lo por um medidor de fluxo não mecânico pode corrigir este problema.

Considerações de Saúde e Segurança Ocupacional (OHS)

Embora as medidas do OHS sejam parte das diretrizes operacionais padrão do PTAR DE Pekaruran Raya, o grau em que são atendidas varia. Os funcionários das instalações recebem equipamentos de proteção individual, como macacões de segurança, capacetes duros, botas duras e luvas; no entanto, muitos operadores não usam esses itens devido ao clima quente e ao inconveniente que experimentam ao usá-los. Para combater esse problema, a equipe de gestão do PD PAL Banjarmasin realiza frequentes sessões de conscientização sobre a importância das roupas protetoras. Alguns riscos ocupacionais também foram observados durante a visita ao campo de pesquisa, como a falta de uma grade rígida ao redor da bacia da RBC para evitar que as pessoas caíssem. Tais considerações não parecem ter sido parte das considerações de design OHS da instalação.

Arranjos financeiros que ainda não cobrem todos os custos de operação e manutenção

Todos os custos de despesa de capital (CAPEX) do PTAR de Pekaruran Raya foram pagos pelo governo nacional através do Ministério de Obras Públicas e Habitação. No entanto, a PD PAL Banjarmasin não consegue cobrir todos os seus custos de operação e manutenção. A despesa operacional (OPEX) para cada WWTP individual nunca foi calculada, mas o custo combinado dos sete EDAR é de US\$ 84.000 por ano. PD PAL Banjarmasin obtém receita da taxa de serviços de gestão de águas residuais paga por famílias e empresas comerciais, que



Unidad de dosificación de desinfectante, con el clarificador final por debajo de las baldosas fotografiadas

são de aproximadamente US\$ 1 e US\$ 6 por mês, respectivamente. Essa receita contribui para os custos de operação e manutenção. Se os clientes também têm uma conexão de água encanada, então sua taxa de gestão de águas residuais representa 25% da conta de água. A receita recuperada pela PD PAL Banjarmasin é usada para cobrir alguns custos de operação e manutenção, incluindo testes laboratoriais, aquisição de desinfetantes, contas de luz, descarte de lodo e custos de limpeza de lodo, bem como o custo de peças de reposição e óleo para peças mecânicas. Atualmente, o PD PAL Banjarmasin incorre em um déficit orçamentário de US\$ 6.470 por mês para os custos operacionais e de manutenção das sete estações de tratamento de águas residuais. A empresa está realizando atividades de conscientização para informar a comunidade sobre os benefícios da conexão com a rede de águas residuais do gasoduto, mas são necessários mais esforços para aumentar a demanda por serviços de águas residuais, o que, por sua vez, aumentará a receita.

Considerações de escolha informada

EDAR DE Pekapuran Raya na Indonésia (PD PAL Banjarmasin)

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 2.500 m ³ /dia de água cinza e água preta. Capacidade operacional = 250-500 m ³ /dia de água cinza e água preta.
	Custos e receitas	Despesas de capital, CAPEX = US\$ 256.870 para a construção do PTAR Pekapuran Raya e US\$ 64.230 para a construção de conexões de gasodutos Despesas operacionais, OPEX = US\$ 84.000 por ano para os sete PTAR.
	Requisitos de energia	Sistema mecânico para tecnologia RBC: a fonte de alimentação é a maior OPEX.
	Recursos de entrada	Lodo com pH = 7,06; TSS 25 mg/L; BOD 45,48 mg/L; DQO 115,99 mg/L; Coliformes totais 2940 MPN/100ml.
	Recursos de saída	Qualidade líquida de efluentes (limite de efluentes de acordo com a norma de conformidade ambiental Peraturan Menteri. Lingkungan Hidup nº 68 Tahun 2016): pH = 7,53 (6-9); TSS 6 mg/L (30 mg/L); BOD 9,74 mg/L (30 mg/L); COD 24,84 mg/L (100 mg/L); Coliformes totais 2400 MPN/100ml (3000 MPN/100ml).
	Exigência de terra	A área do terreno era uma limitação e, portanto, escolheram um sistema mecânico com uma pequena pegada.
	Reutilizar	Reutilização mínima de água tratada apenas para fins de jardinagem de instalações.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Cinco operadores que trabalham na instalação que também realizam funções de segurança, e um operador atuam como coordenador.
	Disponibilidade local de tecnologia/material	O rolamento RBC está disponível localmente se precisar ser reparado ou substituído, no entanto, o operador não sabia se o eixo RBC também estava disponível localmente (pode ser necessário importá-lo); a mídia de contato não está disponível localmente e deve ser importada.

Referências

Antonie, R.L., Fixed biological surfaces – wastewater treatment: the rotating biological contractor, CRC Press, 2018, <https://doi.org/10.1201/9781351072045>.

Beychok, M.R., Aqueous waste from petroleum and petrochemical plants, 1st edition, John Wiley & Sons Ltd., 1967, p. 262.



ESTUDO DE CASO 9

Sistema descentralizado de tratamento de águas residuais

Makassar,
Indonésia



Antecedentes

Seleção e finalidade do tratamento

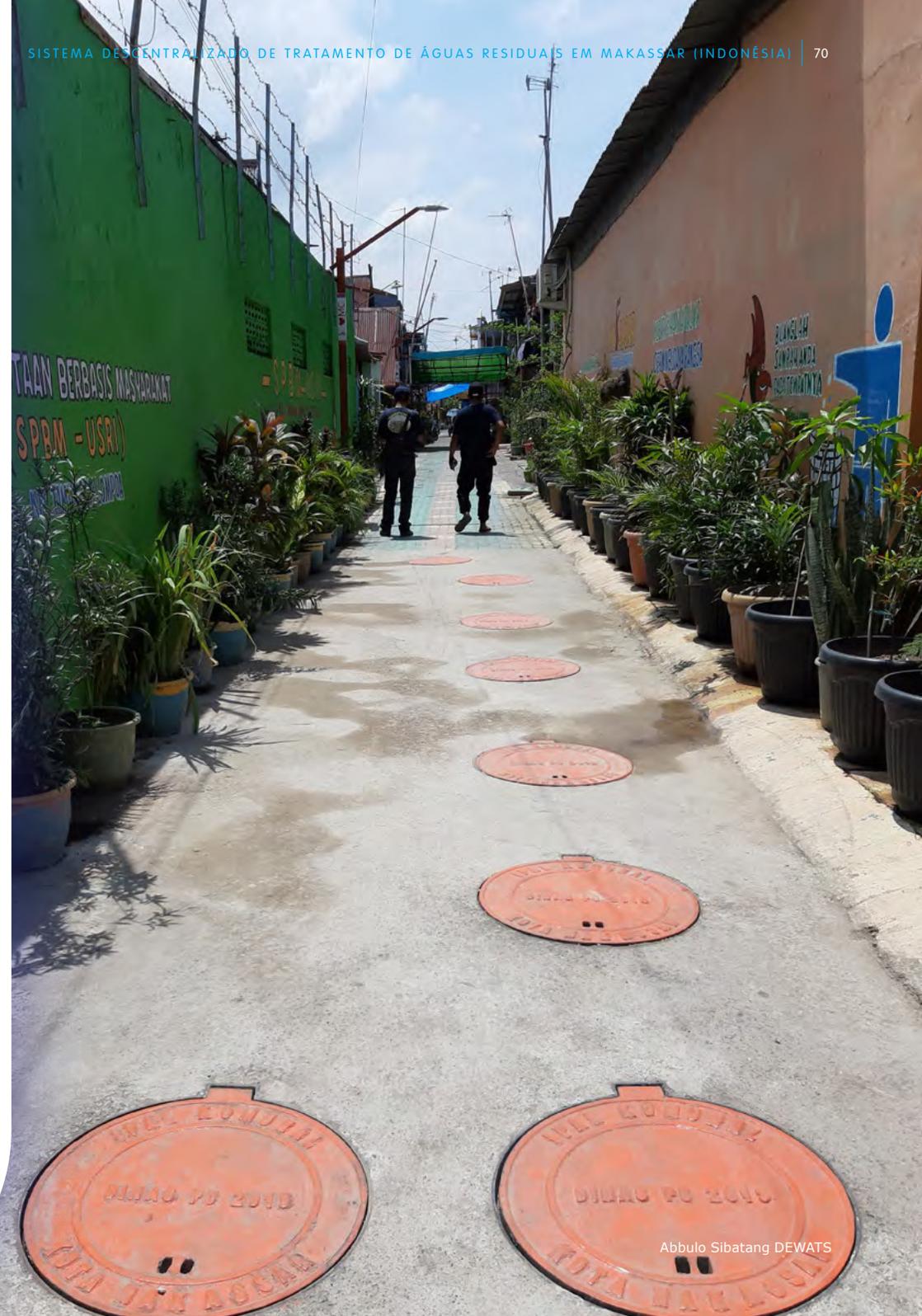
Os sistemas de tratamento de águas residuais descentralizados anaeróbicos gerenciados pela comunidade (DEWATS) oferecem soluções de saneamento em assentamentos urbanos de baixa renda e densamente povoados. Há 147 DEWATS em Makassar registrados na UPTD (Unidade Pelaksana Teknis Daerah: Unidade De Implementação Técnica Regional), uma unidade governamental independente sob o Escritório de Obras Públicas e Habitação. Esta unidade fornece monitoramento desses sistemas de esgoto simplificados. No entanto, a operação diária e manutenção (O&M) de cada DEWATS é gerenciada por um grupo comunitário local. A implementação e construção do DEWATS é apoiada pelo orçamento nacional, subvenções locais e internacionais e empréstimos internacionais. O Abbulo Sibatang DEWATS, que é o foco deste estudo de caso, foi construído por meio de um projeto financiado pelo Banco Asiático de Desenvolvimento em 2011.

A tecnologia DEWATS da Abbulo Sibatang foi escolhida com base na demanda da comunidade e na disponibilidade limitada da terra. O governo local construiu o DEWATS principalmente a pedido da comunidade, devido à falta de saneamento adequado. A comunidade tinha visto DEWATS em uma área vizinha e decidiu que seria adequado para suas necessidades. Uma cidade densamente povoada, a disponibilidade limitada de terras foi outra consideração fundamental. Como tal, um sistema simplificado de esgoto DEWATS, que é construído no subsolo, era a opção preferida.

Uma vez estabelecida a demanda comunitária em Abbulo Sibatang, a UPTD e a Secretaria Municipal de Obras Públicas e Habitação em Makassar avaliaram a proposta. Isso foi seguido por um processo de aquisição aberto para selecionar um fornecedor independente para projetar as conexões de instalações, redes de gasodutos e conexões domésticas. Este é o processo padrão de aquisição que é seguido para todos os DEWATS em Makassar e o Chefe da Divisão de Gestão de Águas Residuais da Secretaria Municipal de Obras Públicas e Habitação toma as decisões finais sobre a seleção do fornecedor e o tipo de DEWATS.

Recebemos um programa do Ministério de Obras Públicas e Habitação para a construção do DEWATS. Eles nos deram o manual e o design da tecnologia que escolheram. Socializamos a tecnologia para a comunidade e eles percebem que o DEWATS é uma tecnologia bastante simples e não precisa de uma grande área, portanto, adequada para implementar aqui.

CHEFE INTERINO DE SANEAMENTO E ÁGUA LIMPA DA SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS DA CIDADE



Descrição do sistema

O Abbulo Sibatang DEWATS é um sistema de tratamento anaeróbico passivo modular projetado para tratar águas residuais domésticas, incluindo água cinza e preta. O esgoto vem de aproximadamente 50 casas e é entregue à DEWATS através de tubos subterrâneos.

O processo de tratamento consiste em quatro etapas principais que começam com a sedimentação em uma fossa séptica, rotulada como Zona Pengendapan (zona de sedimentação; passo um) na *Figura 1*. O segundo passo envolve a digestão anaeróbica em reatores anaeróbicos com defletores, onde a remoção de sólidos orgânicos facilmente degradáveis é alcançada forçando o fluxo de águas residuais através de uma série de câmaras separadas por defletores. Os defletores proporcionam resistência ao fluxo, aumentando assim o tempo de contato entre águas residuais e biomassa ativa (lodo). O terceiro passo envolve decomposição anaeróbica e filtração através de filtros anaeróbicos, que desaloja sólidos degradáveis mais difíceis de remover. Essas câmaras estão cheias de biobolas: bolas plásticas cujas formas irregulares criam maior contato superficial entre poluentes orgânicos e organismos no lodo ativo, resultando em digestão orgânica. A principal função das biobolas não é a filtração, mas fornecer o máximo contato com a superfície. Como as biobolas são embaladas dentro da câmara (como um filtro de cama fixa), elas fornecem resistência adicional a partículas que contêm matéria orgânica e, portanto, também servem a uma função de filtragem. A quarta etapa do tratamento envolve sedimentação e filtração subsequentes. Aqui, ocorre a remoção de sólidos digeridos e massa de bactérias ativas. Alguns DEWATS em Makassar usam filtros horizontais de cascalho para este processo.

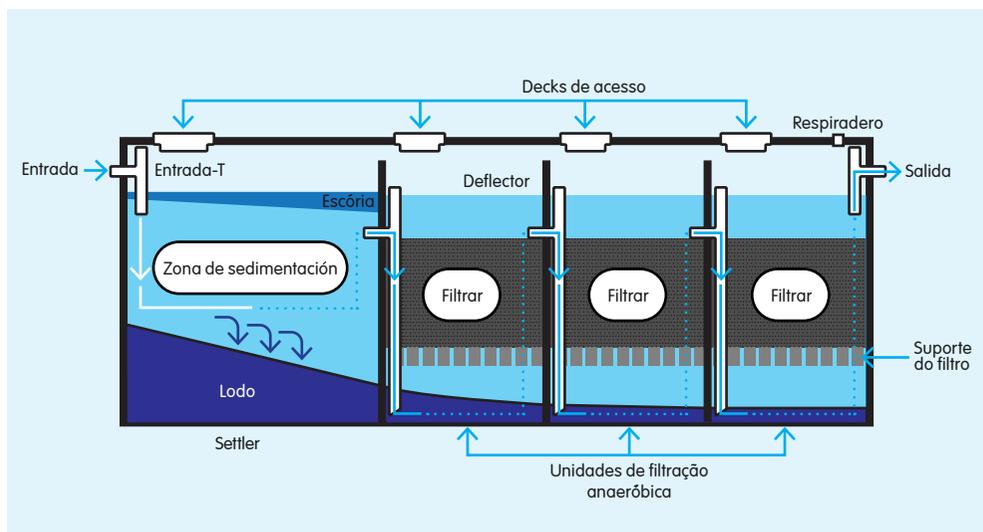


Instalação da tecnologia DEWATS



Comparação da cobertura de concreto e de ferro leve para a cobertura da câmara de inspeção

Figura 1. fluxograma de tratamento padrão DEWATS,¹ adaptado pela SNV



¹ E. Tilley, L. Ulrich, C. Lüthi, Ph. Reymond, R. Schertenleib and C. Zurbrügg, *Compendium of sanitation systems and technologies*, 2nd revised edition, Dübendorf, eawag, 2014, p. 78.

A remoção do lodo tratada e dos efluentes é o passo final do sistema de tratamento. O esgoto tratado passa para a câmara de filtragem, de onde é bombeado através da tomada até o dreno principal da cidade. Esses canais abertos, que não separam esgoto e águas pluviais, fluem para um rio próximo rio abaixo. O lodo gerado pelo DEWATS é removido e pago pela UPTD a cada três meses e descartado no Makassar FSTP. Parte do efluente tratado de Abbulo Sibatang DEWATS é armazenado em tanques de armazenamento locais e reutilizado para irrigar plantas da vizinhança. No entanto, isso é feito sem filtragem adicional ou desinfecção. As câmaras/poços de inspeção ao longo do caminho dos sistemas de tratamento permitem o acesso para realizar o plantio de bactérias, reparos, limpeza e inspeção de DEWATS subterrâneos.

Tabla 1. Abbulo Sibatang DEWATS

Abbulo Sibatang DEWATS	
Capacidade de desenho	20 m ³ /dia de água cinzenta e preta.
Capacidade operacional	9 m ³ /dia de água cinzenta e preta.
Custos de funcionamento	US\$ 2,090 por ano (estimado em 5% das despesas de capital).

Quadro 2. Qualidade do efluente para Abbulo Sibatang DEWATS em 2019 em comparação com o padrão de qualidade

Parâmetro	Qualidade do efluente	Padrão (No. 68/2016) ²
pH	7.3 pH	6-9 pH
Sólidos totais em suspensão, TSS	24 mg/L	30 mg/L
Ammonia	2.0 mg/L	10 mg/L
Procura bioquímica de oxigênio, DBO5	48 mg/L	30 mg/L
Demanda química de oxigênio, DQO	148 mg/L	100 mg/L
Graxa e óleo (mg/L)	<0.9 mg/L	5 mg/L
Coliformes totais (NMP/100 ml de amostra)	>160	3,000

² Regulation of Ministry of Environment and Forestry of the Government of Indonesia (2016) Permen LHK No. 68/2016.

Ambiente regulatório e conformidade

A UPTD garante que a qualidade dos efluentes seja monitorada periodicamente, seguindo o Padrão Nacional de Efluentes do Ministério do Meio Ambiente e Florestas (PermenLHK nº 68, ano 2016). Devido à quantidade significativa de DEWATS em Makassar e restrições orçamentárias, as verificações de qualidade de efluentes são realizadas para aproximadamente 60 dos 147 DEWATS em um ano, resultando em cada DEWAT sendo revisado aproximadamente a cada dois anos. A *Tabela 2* mostra a qualidade do efluente para Abbulo Sibatang DEWATS em 2019.

Geralmente, a entrada de resíduos é bastante homogênea, pois vem de domicílios domésticos. No entanto, houve casos de indústrias domésticas drenando suas águas residuais contaminadas para o DEWATS, resultando na quebra do processo de tratamento. Diante dessa situação, a UPTD pede a essas famílias que não drenem suas águas residuais industriais ou comerciais para o DEWATS ou cortem a conexão doméstica. A UPTD não realiza controles de qualidade do influenciador em termos do tipo e qualidade das águas residuais domésticas (principalmente cozinha, banheiro e banheiro). Além disso, a UPTD considera os controles de qualidade do efluente mais cruciais, e o orçamento limitado da UPTD significa que controles de qualidade tanto de efluentes quanto de afluentes não são possíveis.

A entrada de resíduos no DEWATS é quase constante, pois vem de domicílios domésticos. Mas, às vezes, há uma indústria doméstica que descarrega suas águas residuais para o DEWATS, o que faz com que o DEWATS não funcione corretamente. Podemos dizer pelo cheiro desagradável que vem do efluente do DEWATS.

CHEFE DA UPTD, MAKASSAR ÁGUAS RESIDUAIS UPTD

Operação e manutenção: realidades e desafios

Realidades de operação e manutenção

Mecanismo de financiamento

Os pagamentos das famílias e o orçamento de saneamento alocado pela cidade local são usados para operar e manter DEWATS. Os custos operacionais e os pequenos reparos são cobertos por pagamentos mensais domiciliares de US\$ 1 por família, com cobrança e desembolsos de pagamentos administrados pelo tesoureiro do comitê comunitário. O valor exato cobrado é baseado no acordo de todas as famílias. Exemplos de custos operacionais contínuos incluem contas mensais de luz, incentivos para técnicos temporários e limpeza periódica. Pequenos reparos cobrem a substituição de bueiros ou o reparo de canos quebrados. A UPTD é responsável por grandes reparos, como a substituição de qualquer infraestrutura danificada ou limpeza de tubos entupidos, com recursos provenientes dos 2% do orçamento da cidade de Makassar que é reservado para o saneamento.

Responsabilidades do grupo de beneficiários comunitários e apoio à UPTD

Cada local do DEWATS possui um grupo de gestão comunitária com um comitê de trabalho que é apoiado pela UPTD para garantir a construção e operação e manutenção contínuas do DEWATS. Cada comitê de gestão comunitária é composto por um chefe, um secretário, um tesoureiro, um técnico e um ativista (para socializar as atividades relacionadas ao DEWATS com o grupo beneficiário). Na construção do DEWATS, grupos comunitários fornecem o trabalho, enquanto o governo fornece todos os materiais, especialistas técnicos e trabalhadores adicionais da construção. Enquanto os grupos comunitários fornecem o trabalho, cada comunidade decide se faz o pagamento ou não. No caso de Abbulo Sibatang, o trabalho era pago com as taxas cobradas.

Para a DEWATS contínua O&M, o técnico comunitário é treinado pela UPTD. A UPTD recebe apoio do IUWASH PLUS, um projeto de desenvolvimento de saneamento financiado pela USAID, para desenvolver os módulos de treinamento. O treinamento abrange os Procedimentos Operacionais Padrão (SOPs) da DEWATS, as medidas necessárias de Saúde e Segurança Ocupacional (OHS) e a conscientização sobre a necessidade de manter a rede de dutos e bueiros DEWATS livres de detritos, graxa e óleo. As medidas da OHS incluem conselhos de que roupas de proteção pessoal, como coletes de segurança, luvas, capacetes duros, botas duras e máscaras devem ser usadas. No entanto, na realidade, o técnico e os trabalhadores do grupo comunitário não seguem esse conselho, talvez devido ao desconforto devido às condições climáticas quentes.

A UPTD recebe regularmente treinamentos em capacitação do Ministério de Obras Públicas



Entrada do DEWATS



Torneira DEWATS para água reutilizada em Abbulo Sibatang

e Habitação e da equipe de especialistas do IUWASH PLUS. Este treinamento inclui visitas comparativas a outras instalações e programas de águas residuais. O treinamento recebido pela UPTD é transmitido para grupos comunitários.

A UPTD também realiza o monitoramento e avaliação bimestral do DEWATS, com atividades-chave, incluindo o monitoramento da condição da boca de inspeção, da câmara de inspeção e da qualidade física da entrada e saída de águas residuais (cor, turbidez, odor, etc.).

A UPTD oferece treinamento ao grupo de beneficiários da comunidade uma vez por ano, a todos os grupos em Makassar. O treinamento incentiva o grupo a manter o DEWATS não jogando lixo no bueiro ou jogando graxa e óleo na pia que leva ao DEWATS. Aconselhamo-los a colocar uma armadilha de graxa na câmara de inspeção.

CHEFE DA UPTD, MAKASSAR ÁGUAS RESIDUAIS UPTD

Desafios de operação e manutenção

Desafios e objeções do processo de construção

Reservas comunitárias sobre a instalação de um DEWATS em seu bairro levaram a atrasos na construção e subutilização do DEWATS de Abbulo Sibatang. No meio da construção, membros do grupo comunitário que inicialmente apoiaram a conexão DEWATS decidiram não o fazer. Este é um problema comum enfrentado na construção do DEWATS, já que muitos membros da comunidade temem que o DEWATS impeça suas estradas de acesso e que suas casas sejam danificadas. Como tal, a Abbulo Sibatang DEWATS está operando apenas com 45% de sua capacidade de projeto planejada devido ao número significativo de casas que foram aposentadas após o início da construção.

Bloqueios e sistemas contaminados

Poços de inspeção, tubos entupidos e telas são alguns dos principais desafios de manutenção enfrentados pelo DEWATS DE Abbulo Sibatang. O entupimento do esgoto é um pequeno problema que muitos dos grupos comunitários podem resolver por conta própria. Quando não possuem as habilidades técnicas necessárias, solicitam apoio da UPTD. Normalmente, grupos comunitários também podem dar os primeiros passos para tentar limpar tubos entupidos. Quando isso não funciona, o apoio da equipe da UPTD é necessário para operar equipamentos mais sofisticados. Tubos entupidos também são tipicamente relacionados com telas de barras de ferro corroendo e quebrando, permitindo então que resíduos sólidos fluam para dentro do sistema.

Às vezes, grupos comunitários pedem à UPTD para apoiar a manutenção de tubos entupidos, forçando-nos a usar equipamentos pesados. Muitas vezes enfrentamos dificuldades para acessar o DEWATS relatado quando ele está localizado em um beco estreito.

FUNCIÓNÁRIOS DA UPTD

Outro problema fundamental que pode contaminar o sistema é a quebra das conexões de tubos ao DEWATS. Em vários casos, as famílias que não queriam mais ser conectadas ao DEWATS devido a obstruções e percepções de maus odores, decidiram cortar os tubos que ligavam sua casa ao sistema de esgoto. Eles fizeram isso sem informar o grupo comunitário ou a UPTD. Isso levou a DEWATS a serem contaminados com resíduos de drenagem da cidade, à medida que as tubulações de entrada foram expostas, levando a uma interrupção no processo de tratamento do DEWATS.



Equipamento de protecção pessoal usado pelos trabalhadores da UPTD ao efectuarem visitas de campo



DEWATS vs. Fossas sépticas domésticas

Em alguns casos, os operadores sentiram que os fossas sépticas domésticas eram uma solução de saneamento mais eficaz em Makassar do que o DEWATS. Devido ao ambiente urbano densamente povoado de Makassar, é um desafio encontrar área terrestre suficiente para construir DEWAYS. Em muitos casos, o DEWATS é construído no subsolo (muitas vezes sob a estrada) para responder a este desafio. No entanto, esse tipo de construção é difícil, pois existem muitas outras concessionárias subterrâneas, que devem ser deixadas intactas. Além disso, se a restauração da estrada após a construção do DEWATS for considerada insatisfatória pela comunidade local, isso leva a um clamor público com as famílias, por vezes, cortando sua conexão com o DEWATS ou recusando-se a se conectar ao sistema devido a uma falha na comunicação e confiança. Nesses casos, alguns operadores pensaram que até que os sistemas de esgoto em escala da cidade possam ser implementados, os tanques sépticos individuais poderiam ser uma solução provisória mais econômica do que um DEWATS.

Considerações de escolha informada

Abbulo Sibatang DEWATS, Indonésia (UPTD)

	Capacidade operacional e de design	Capacidade de projeto = 2500 m ³ /dia de água cinza e água preta. Capacidade operacional = 250-500 m ³ /dia de água cinza e água preta.
	Custos e receitas	Despesas de capital, CAPEX = US\$41.870. Despesas operacionais, OPEX = US\$ 2.090.
	Requisitos de energia	Sistema passivo (com consumo mínimo ou sem energia) que utiliza a gravidade para fluir águas residuais através do sistema; alguns DEWATS requerem uma bomba se eles não podem usar a gravidade e precisam bombear um pouco de água residuais através do sistema.
	Recursos de saída	Qualidade líquida de efluentes (limite de efluentes de acordo com a norma permenlhk de conformidade ambiental nº 68 ano 2016): pH = 7,3 (6-9); TSS 24 mg/L (30 mg/L); BOD 48,32 mg/L (30 mg/L); COD 148,06 mg/L (100 mg/L); Coliformes totais > 160 MPN/100ml (3000 MPN/100ml)
	Exigência de terra	A área de terra era uma limitação, por isso escolheram a tecnologia DEWATS, que pode ser construída no subsolo, com um total acima da área terrestre para 50 residências: aproximadamente 21 m ² .
	Reutilizar	Reutilização mínima de água tratada apenas para fins de jardinagem de instalações.
	Habilidades e requisitos de recursos humanos	Cada DIÁRIO DA DEWATS O&M é garantido pelo grupo de gestão da comunidade (um total de 15 pessoas, incluindo o chefe, secretário, tesoureiro e técnico) e o mais extenso O&M, bem como o monitoramento DEWATS, fornecido pela UPTD (10 funcionários).
	Disponibilidade local de tecnologia/material	Todos os equipamentos e materiais disponíveis localmente (na cidade de Makassar ou dentro da Indonésia).

Referências

Regulation of Ministry of Environment and Forestry of the Government of Indonesia (2016) Permen LHK No. 68/2016.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, Ph., Schertenleib, R. and Zurbrügg, C., *Compendium of sanitation systems and technologies, 2nd revised edition*, Dübendorf, eawag, 2014.



Sobre a foto da capa: A estação de tratamento de lamas fecais da Khulna City Corporation no Bangladesh é uma das maiores zonas húmidas construídas actualmente em funcionamento. A planta situa-se num aterro sanitário passivo com conteúdo esponjoso e solto. A fim de transformar esta área de terra, foram introduzidos aterros com solo compactado, e um geotêxteis e folhas de HDPE foram colocadas sobre toda a superfície superior para reter o assentamento das lagoas e criar resistência contra falhas de inclinação. (Foto: Rajeev Munankami/SNV).