

II-538 - AVALIAÇÃO DE SISTEMA ALTERNATIVO DE ESGOTO VISANDO REÚSO DE ÁGUA EM PLATAFORMA DE PETRÓLEO OFFSHORE

Gustavo da Silva Oliveira Porchera

Engenheiro de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Danieli Soares de Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Civil, Mestre e Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora do curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal do Espírito Santo.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia Governador José Sette, S/N, Itacibá, Cariacica, ES. CEP: 29145440 - Brasil - Tel: (27) 32461600 - e-mail: danieli@ifes.edu.br

RESUMO

O presente trabalho, desenvolvido em uma plataforma de petróleo *offshore*, tem como objetivo avaliar a utilização de um sistema alternativo de tratamento de esgoto visando o reaproveitamento de água na indústria. O projeto foi elaborado sob a perspectiva de viabilidade técnica, econômica e ambiental, tendo em vista a redução do consumo de água e de custos operacionais. O estudo foi baseado nas diretrizes da NBR 13969 (1997) e recomendações técnicas de Trovati (2004) e da *Environmental Protection Agency* (2012), de modo a permitir a reutilização da água de forma segura e racional, minimizando ainda os custos de implantação do projeto. Foram definidos os sistemas que utilizarão o esgoto tratado, o volume a ser reutilizado, o grau de tratamento necessário, o sistema de reservação e distribuição, descrito o funcionamento de cada *sewage* (sistema de tratamento de esgoto) e indicados os procedimentos de operação do sistema de reúso de água. Os resultados se mostraram bastante atraentes pelo potencial de economia de água, pela redução de custos operacionais e também pelo reduzido período de *payback*.

PALAVRAS-CHAVE: *Payback*, Plataforma de petróleo offshore, Reaproveitamento de água, Tratamento de efluentes

INTRODUÇÃO

Todas as atividades econômicas se desenvolvem com a presença de água, o que faz com que a água deixe de ser vista como recurso natural e passe à condição de mercadoria, sujeita à disponibilidade ou escassez (LUNA, 2007 apud VIANA, 2015). A insuficiência desse recurso provoca tensões entre os diferentes usuários, e podem intensificar-se, tanto a nível nacional quanto internacional (WWC, 2016). A falta de água traz ainda sérias consequências econômicas, sociais e ambientais, das quais podem ser citadas: perdas de produção (GONZALES, 2011), conflitos pelo acesso e direito de uso (UNESCO, 2009), destruição da biodiversidade (CARVALHO, 2012), dentre outros.

A escassez da água, seja ela causada por consumo excessivo ou por poluição, encontra solução por meio das ferramentas de conservação (WEBER, 2010). De acordo com o *New Mexico Office of the State Engineer* (1999), a conservação é definida como toda e qualquer ação que reduza a quantidade de água extraída da natureza, seu consumo, suas perdas e desperdícios, e que torne seu uso mais eficiente, promovendo sua reciclagem e seu reúso ou prevenindo sua poluição. Na literatura, os estudos sobre projetos de reutilização de água têm recebido muita atenção (HALIM, 2015); de acordo com Detoni (2007) muitas tecnologias já desenvolvidas possibilitam desacelerar de maneira controlada seu consumo perigosamente rápido.

De uma maneira geral, a prática do reúso só pode ser aplicada caso as características do efluente disponível sejam compatíveis com os requisitos de qualidade exigidos pela aplicação na qual se pretende usar o efluente como fonte de abastecimento (FIESP, 2004). Além disso, o órgão gestor deve ainda manter um programa de pesquisa e monitoramento na rede de água distribuída, coletando amostras e realizando análises sistemáticas (SILVA, 2011).

A água residuária pode ser classificada basicamente em dois tipos; água negra, oriunda do vaso sanitário, e água cinza, proveniente dos demais usos, tais como, chuveiros, banheiras, pias e máquinas de lavar roupas (THAKUR, 2013). Quanto ao reúso da água, a utilização de águas cinzas se mostra uma boa opção devido à

menor quantidade de matérias orgânicas e patógenos, o que torna o tratamento mais fácil e por métodos mais simples (SELLA, 2011; THAKUR, 2013). Normalmente podem ser reutilizadas para fins que não requerem água potável, tais como: vasos sanitários, limpeza industrial, redes de combate a incêndio, resfriamento, linhas de produção, ajuste de pH, dentre outros (EPA¹, 2009).

Muitos estudos de caso têm comprovado a eficiência da utilização de águas residuárias nos diferentes setores fabris. Dentre os estudos realizados pode-se destacar o reúso da água nas indústrias de ferro e aço (ÇAĞIN, 2011; SINHA, 2014), papel e celulose (ALEXANDERSSON, 2004), produtos têxteis (TWARDOKUS, 2004), químicos (MARTINS, 1999), metalúrgicos (MARON JÚNIOR, 2006), e alimentícios (FISPAL, 2016). O lodo residual, proveniente do tratamento da água, também tem suas aplicações; estudos demonstraram a possibilidade de sua utilização para geração de energia elétrica ou térmica (BURANI, 2003; RUBIM, 2013).

A indústria de petróleo e gás tem desenvolvido tecnologias que otimizem seus processos de exploração e produção; entretanto, pouco se tem publicado no que diz respeito à reutilização de águas residuais nesse setor (MURICHU, 2015). Em alguns casos, o reaproveitamento desse recurso pode se dar de maneira bastante simplificada, por meio de modificações da rede de água; já em outras situações podem ser necessárias mudanças tecnológicas para viabilizar esse processo (HALIM, 2015).

De acordo com Murichu (2015), a reutilização de águas residuais tem um efeito significativo sobre os custos de operação, além de ser um tema importante relativo a questões ambientais ou de relações públicas para empresas de petróleo e gás. Acrescenta ainda que reduzir o custo associado à eliminação de águas residuais pode representar uma fonte de vantagem competitiva, além de reduzir o volume que necessita ser tratado (ALLEN, 2010).

Com base nesses aspectos, foram definidos como objetivos do presente trabalho avaliar o atual sistema de tratamento de esgotos de uma plataforma *offshore* (*sewage* biológico) e propor melhorias (mudança de projeto) visando a utilização de um sistema alternativo de tratamento de esgoto (*sewage* biológico + *sewage* físico-químico) visando reúso de água.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Histórico Das Condições Operacionais

A plataforma de petróleo em estudo utilizou até o ano de 2010 um *sewage* (sistema de tratamento de esgoto) do tipo físico-químico; entretanto esse equipamento teve suas condições de operação limitadas devido às mudanças na legislação da *International Maritime Organization* (IMO), uma agência designada pela Organização das Nações Unidas (ONU) para regulamentar medidas protetivas contra a poluição no ambiente marinho (MARINHA DO BRASIL, 2013).

A resolução MEPC.159(55) (2006) passou a vigorar em lugar da MEPC.2 (VI) (1976), estabelecendo novos parâmetros para descarte de resíduos sanitário, a serem seguidos a partir de 1º de janeiro de 2010. Tais alterações visam reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente, decorrentes da atividade humana no meio marítimo. Para atender a nova legislação, o *sewage* físico-químico passaria a gerar resíduos sólidos que deveriam ser enviados para destinação final em terra, num aterro sanitário. Na Tabela 1 são apresentados os requisitos para descarte da água em ambiente marinho de acordo com as resoluções de 1976 e 2006.

Tabela 1 - Parâmetros para descarte de água em ambiente marinho

Item*	Unidade	IMO - MEPC.2 (VI) (Adoção 03.12.1976) (IMO, 1976)	IMO - MEPC. 159 (55) (Adoção 01.01.2010) (IMO, 2006)
TCF	coliformes/100ml	250	100
SST	mg/litro	100	35
DBO ₅	mg/litro	50	25
DQO	mg/litro	-	125
pH	-	-	6 < pH < 8,5
Cloro	mg/litro	Menor possível	0,5

Fonte - Elaboração do autor

Diante de tais condições a unidade *offshore*, após realizar uma análise técnico-econômica, optou pela compra de um novo *sewage* com princípio de tratamento biológico. Esse novo sistema apresentou maior vantagem operacional devido ao fato de não gerar resíduos sólidos a serem enviados para terra. Com isso o *sewage* físico-químico foi substituído pelo biológico e passou a não ser utilizado. Seu conjunto de equipamentos foi mantido a bordo devido ao alto custo de desembarque.

O consumo de água a bordo

A plataforma de extração de petróleo em estudo tem capacidade para acomodar 160 pessoas e, de acordo com os dados dos boletins diários de operação, apresentou no ano de 2015 um consumo médio de água potável em torno de 94m³/dia. Na Figura 1 é apresentado o consumo diário de água referente a esse ano.

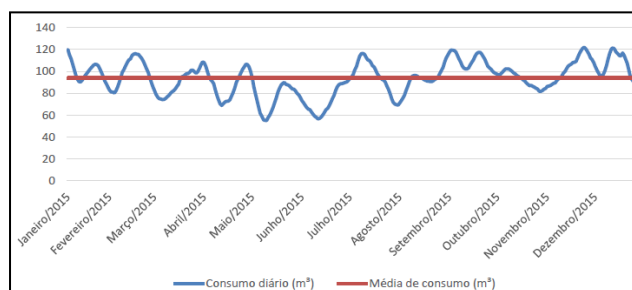


Figura 1 - Consumo diário de água em 2015

Fonte: Elaboração do autor

A água doce consumida a bordo é utilizada no casario e na planta industrial. É proveniente de 3 unidades dessalinizadoras (UD) mas pode também ser trazida de terra por meio de embarcações de apoio. Na Figura 2 é apresentado um esquemático simplificado do fluxo de água doce a bordo.

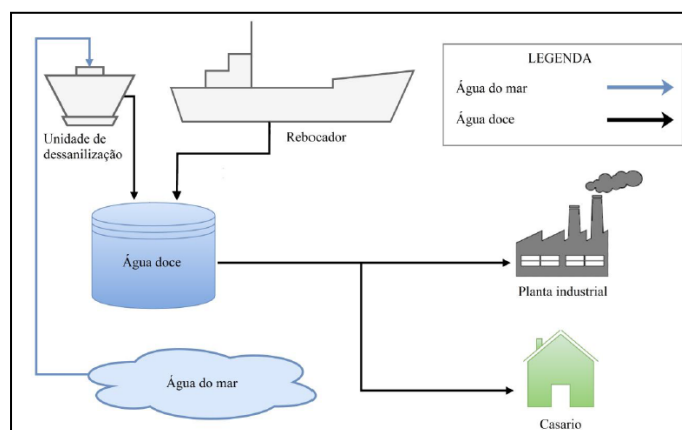


Figura 2 - Fluxo de água doce a bordo

Fonte: Elaboração do autor

Embora possua a quantidade de equipamentos necessária para que seja auto-suficiente na produção de água doce, isso não ocorre visto que as UD's ficam boa parte do tempo paradas para manutenções corretivas, tais como: falhas mecânicas, instabilidade nas condições operacionais ou até mesmo por problemas ainda desconhecidos. Com todos esses fatores perde-se a credibilidade no sistema tornando inevitável a compra de água para a manutenibilidade das atividades de extração de petróleo.

Conforme os dados dos boletins diários de operação no ano de 2015 as UD's produziram um total de 15.767m³ de água, a um custo médio de R\$ 5,02/m³. Vale ressaltar que, de acordo com dados do fabricante, no valor do custo médio estão incluídos os custos de manutenção, operação e depreciação do equipamento (ALFA LAVAL, 2016).

O custo de fornecimento de água por meio de embarcações é gerado a partir de algumas variáveis, tais como: prioridade de entrega (normal ou emergência), distância entre o porto e a plataforma, peso total, tarifa aplicada no porto e valor da água transportada. Foi feito um levantamento sobre a quantidade de água potável recebida no ano de 2015 por meio de embarcações e constatou-se um total de 20.332m³ entregues a um valor médio de aproximadamente R\$1,05/litro. Todas as embarcações saíram de um mesmo porto para efetuar as entregas, isso devido às melhores condições de infraestrutura e logística. Em posse desses dados foi constatado que o valor gasto com a aquisição de água potável em 2015 estava na ordem de R\$21.500.000,00, o que é extremamente alto para uma unidade que dispõe de 3 UD's. Cada UD tem capacidade para produzir 60m³/dia de água própria para consumo humano, ou seja, duas unidades em operação são suficientes para suprir a demanda média de 94m³/dia.

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa foi baseada nas premissas de reutilização de água segundo a NBR 13969 (1997) e recomendações técnicas de Trovati (2004) e da *Environmental Protection Agency* (2012). Para o desenvolvimento do projeto técnico de reúso de água na plataforma de petróleo foram executadas as etapas apresentadas na Figura 3.

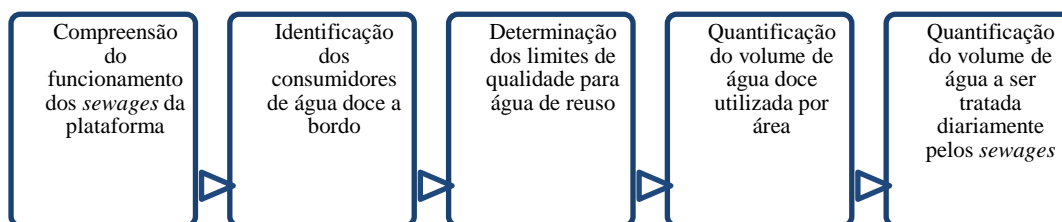


Figura 3 - Etapas da metodologia executada nesta pesquisa

Fonte: Elaboração do autor

Compreensão do funcionamento dos *sewages* da plataforma

Funcionamento do *sewage* biológico: O princípio de funcionamento desse equipamento ocorre por meio de um processo aeróbico. Nesse processo os microrganismos se servem da matéria orgânica contida no substrato como fonte de energia e nutrientes, consomem oxigênio (O₂) para oxidar a matéria orgânica e produzem dióxido de carbono (CO₂) (FERRER, 2008). O *layout* desse equipamento pode ser verificado na Figura 4. A operação desse *sewage* se dá em cinco etapas: separação, aeração, clarificação, filtração e desinfecção.

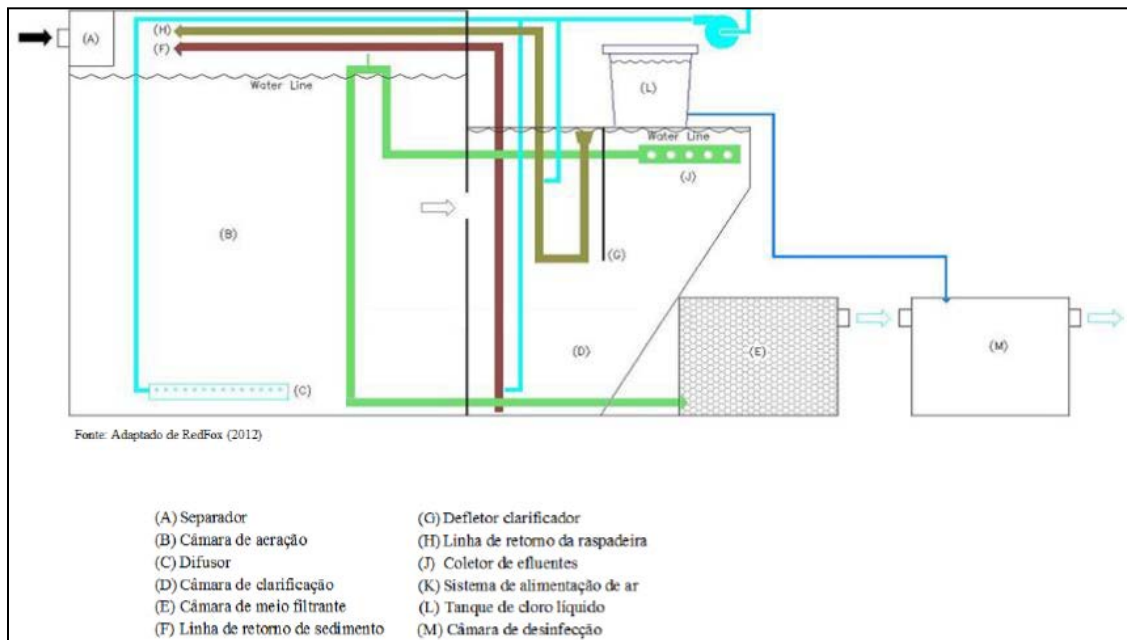


Figura 4 - Layout do *sewage* biológico

Fonte: Elaboração do autor

Funcionamento do *sewage* físico-químico: O processo de tratamento do *sewage* físico-químico consiste de oito etapas, como apresentado na Figura 5: Maceração, Eletrólise, Eletrocoagulação, Flotação, Desgaseificação, Decantação, Decloração e Centrifugação.

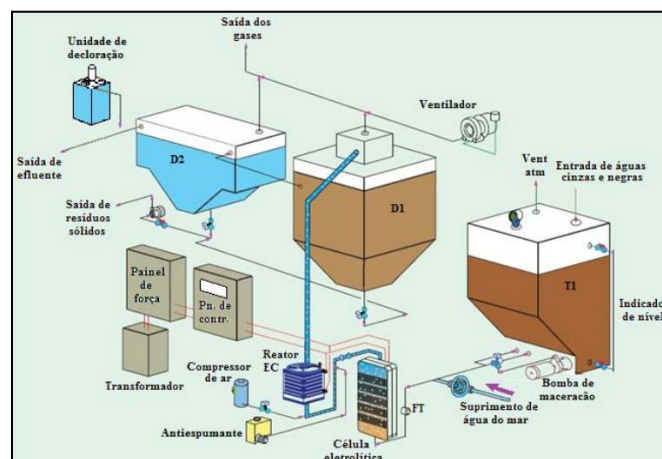


Figura 5 - Sistema físico-químico de tratamento de efluentes

Fonte: Adaptado de Severn Trend De Nora (2010)

Identificação dos consumidores de água doce a bordo

A água doce consumida a bordo é utilizada no casario e também na planta industrial. Para identificar os principais consumidores foi necessário recorrer aos desenhos de distribuição de água, manuais de equipamentos e também realizar verificações em campo. Na Figura 6 é apresentado um esquema representativo da distribuição de água doce ao longo da plataforma.

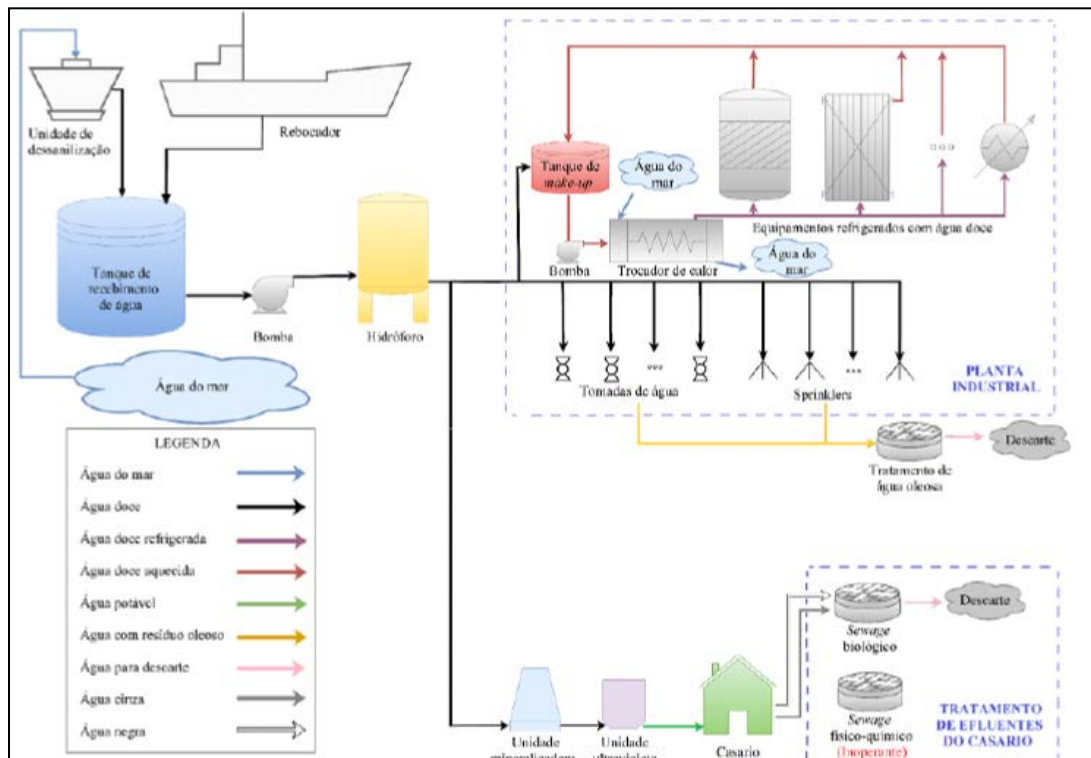


Figura 6 - Distribuição de água na plataforma

Fonte: Elaboração do autor

Determinação dos limites de qualidade para água de reúso

Nesse estudo objetivou-se utilizá-la para atender à tomadas de água no convés, resfriamento de equipamentos e *sprinklers*. A seguir é apresentado um detalhamento sobre a utilização da água segundo sua finalidade:

- Tomadas de água: normalmente são utilizadas para realizar limpezas em geral, isso inclui seu uso em máquina de lava-jato. Durante essa atividade o operador tem contato direto com a água e ainda pode ocorrer a aspiração de aerossóis. Diante dessas condições, a NBR 13969 (1997) exige que o grau de tratamento atenda aos limites estabelecidos pela classe 1.
- *Sprinklers*: esse dispositivo atende ao sistema de combate a incêndio dos turbo geradores da plataforma. No ambiente onde estão instalados o acesso público é controlado e restringido por barreiras físicas. De acordo com as características apresentadas essa água de reúso deve atender aos limites estabelecidos para ambientes restritos conforme descrição da EPA (2012).
- Resfriamento de equipamentos: para utilização da água como fluido de resfriamento deve-se considerar a proteção e a vida útil dos equipamentos com os quais esta água irá entrar em contato. Segundo a EPA (2012) a água utilizada para essa finalidade deve apresentar qualidade necessária de forma a evitar descamação, corrosão, crescimento biológico, entupimento e formação de espuma. Trovati (2004) em uma de suas publicações apresenta os parâmetros necessários para que a água possa ser utilizada como fluido de resfriamento. O grau de tratamento foi estabelecido de acordo com informações em manuais, recomendações de fabricantes, dados empíricos e na média normalmente praticada pelas empresas especializadas em tratamento de água.

Quantificação do volume de água doce utilizada por área

Como parte desse projeto fez-se necessária a quantificação do volume de água doce consumida em ambos os lugares, no casario e na planta industrial. Essa etapa é fundamental para constatar se o volume a ser disponibilizado para reúso será suficiente para atender à demanda de consumo na planta. Primeiramente foi estimado o volume de água potável consumida no casario já que a plataforma apresenta certa regularidade

quanto à sua habitação. A água potável disponibilizada no casario tem como finalidade atender a higiene pessoal, serviços na lavanderia e lavagem de utensílios da cozinha. Já na planta industrial o consumo se deve a resfriamento de equipamentos, limpeza de convés, *sprinklers* e usos gerais. Segue na Tabela 2 um resumo do volume de água calculado por área.

Tabela 2 - Quantificação do volume de água doce utilizada por área

Área	Finalidade	Volume (m ³ /dia)
Casario	Higiene pessoal	28,1
	Serviços na lavanderia	4,2
	Lavagem de utensílios da cozinha	1,1
	Consumo total no casario	33,4
Planta Industrial	Resfriamento de equipamentos	60,6
	Limpeza de convés	
	<i>Sprinklers</i>	
	Uso em geral	
	Consumo total na planta industrial	60,6
Consumo médio de água doce na plataforma		94,0

Fonte: Elaboração do autor

Quantificação do volume de água a ser tratada diariamente pelos *sewages*

Com a implementação desse projeto o *sewage* biológico passará a tratar apenas as águas cinzas do casario enquanto que o físico-químico as negras. Nesse trabalho foi realizado o detalhamento do volume de água a ser tratada diariamente por cada *sewage* (Tabela 3).

Tabela 3 - Volume de água a ser tratada diariamente pelos *sewages*

Sewage	Origem da água	Volume (m ³ /dia)
Biológico	Higiene pessoal (exceto águas negras)	17,7
	Serviços na lavanderia	4,2
	Lavagem de utensílios da cozinha	1,1
	Total de água tratada para reúso	23,0
Físico-químico	Águas negras	10,4
	Total de água tratada para descarte	10,4

O volume tratado para reúso, que é de 23,0 m³/dia, não será suficiente para atender à demanda de consumo na planta industrial, aproximadamente 60,6 m³/dia. No entanto, essa limitação pode ser compensada por meio do fornecimento de água doce aos sistemas que utilizam a água de reúso, até que esta seja disponibilizada novamente. Mesmo com essa limitação o projeto proporciona uma significativa economia de água.

RESULTADOS

Para que os sistemas da planta industrial possam utilizar a água de reúso foi necessário realizar um planejamento sob 2 importantes aspectos:

- Comissionamento do sistema de reúso de água: o conjunto de técnicas e procedimentos utilizados para implementação desse projeto visa, além da operacionalidade do sistema, atender aos requisitos de segurança, desempenho e confiabilidade.
- Aquisição de materiais: a indicação dos itens necessários foi realizada de acordo com as normas e padrões da companhia, seguindo os critérios de compatibilidade entre os materiais já utilizados na plataforma e os que devem ser adquiridos.

Foi realizado o projeto de distribuição da água de reúso (Figura 7) e o levantamento dos materiais e serviços necessários para a implementação do projeto. Com base nesses dados, foi realizada uma análise de viabilidade de implantação do projeto, sendo verificado que o projeto é viável e possui um baixo período de *payback*.

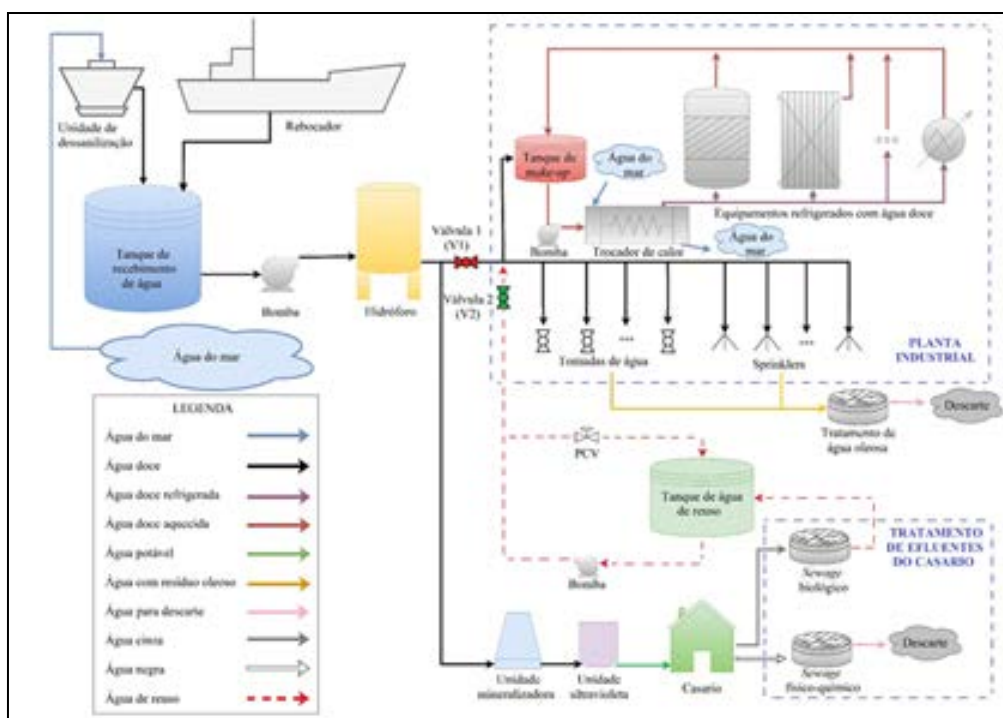


Figura 7 - Projeto de distribuição da água de reúso

Fonte: Elaboração do autor

O montante total de materiais e serviços a serem adquiridos para a modificação na planta industrial foi de R\$ 1.445.717,24, destacando-se a aquisição de um kit de reparo do *sewage* físico químico e a compra de uma centrífuga para este *sewage*.

Para o cálculo do período de *payback* foram considerados os investimentos necessários para a modificação da planta, o ganho no período e os custos de operação, que seguem descritos abaixo. Os custos com manutenção não foram considerados por não representarem grandes alterações nas rotinas de trabalho dos profissionais que atuam na plataforma, e não impactarem no resultado global da pesquisa. Os valores referentes à depreciação e ao custo de aquisição do *sewage* físico-químico não refletem no cálculo do período de *payback*, dado que este equipamento, já adquirido pela empresa, se tornará obsoleto ao término das operações da plataforma.

a) Cálculo do ganho no período

O ganho bruto do período corresponde ao valor monetário referente à economia de água gerada diariamente. Para esse cálculo foi utilizada uma média ponderada entre o valor da água proveniente das UD's e a fornecida pelos barcos rebocadores, dado que dessa maneira considera-se o peso de cada variável no cálculo da média (FALCO, 2008). O volume de água produzida e fornecida pelos barcos rebocadores, bem como seus respectivos custos, referentes ao ano de 2015, foram:

1) Total de água produzida pelas UD's (x1): 15.767 m³. Custo de produção (y1): R\$ 5,02/m³.

2) Total de água fornecida pelos barcos rebocadores (x2): 20.332 m³. Custo de fornecimento (y2): R\$ 1.057/m³.

O cálculo do preço médio da água é apresentado na Equação 1.

$$\text{Preço médio da água} = \frac{x_1 \cdot y_1 + x_2 \cdot y_2}{x_1 + x_2}$$

$$\text{Preço médio da água} = \frac{15.767 \cdot 5,02 + 20.332 \cdot 1.057}{15.767 + 20.332} = \text{R\$ } 597,53/\text{m}^3$$

Equação 1

Logo, o ganho bruto no período pode ser obtido em função do preço médio da água (R\$ 597,52/m³), multiplicado pelo volume de águas cinzas economizados em função de seu reúso (23,0m³/dia):

Ganho bruto = Preço médio da água · Volume economizado

Ganho bruto = R\$597,53/m³ · 23,0m³/dia = R\$13.743,96/dia

b) Cálculo do custo de operação

O custo de operação está relacionado à utilização de materiais consumíveis (produtos químicos e tambores) e ao desembarque de tambores contendo os resíduos retidos segregados pela centrifugação (8ª etapa de funcionamento do *sewage* físico-químico). Os valores obtidos procedem de informações passadas pelo fabricante do equipamento e pelo setor logístico da empresa. Quanto aos itens consumíveis apresentados na Tabela 4, seus respectivos custos de transporte já se encontram diluídos nos valores apresentados.

Tabela 4 - Custo diário de operação

Item	Custo diário
Antiespumante	R\$ 60,86
Sulfito de sódio	R\$ 126,81
Tambor	R\$ 394,80
Desembarque de tambor	R\$ 298,77
Total	R\$ 881,24

Fonte: Elaboração do autor

O custo referente ao consumo de energia elétrica é bastante reduzido, dado que esta é proveniente de turbo-geradores que utilizam como combustível o gás proveniente dos poços de petróleo (MENESES, 2011), logo, esse valor não foi considerado para o cálculo do custo diário de operação.

c) Cálculo do ganho líquido no período

Para o cálculo do ganho líquido devem ser subtraídos do ganho bruto o custo de operação, logo tem-se que:

Ganho líquido no período = Ganho bruto no período - Custo de operação

Ganho líquido no período = R\$13.743,96/dia - R\$881,24/dia

Ganho líquido no período = R\$12.862,72/dia

Para o cálculo do período de *payback* descontado, o qual considera o fator tempo no valor do dinheiro, faz-se necessária a aplicação da taxa de inflação. Dessa maneira os valores futuros serão atualizados conforme a taxa utilizada para possibilitar a aplicação do método.

Um resumo dos resultados obtidos é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo do projeto

Investimento Total	R\$ 1.445.717,24
Consumo diário de água	94 m ³ /dia
Economia de água	23,0 m ³ /dia
Redução de consumo	24,4%
Economia de água em 15 anos	126.000 m ³
<i>Payback</i>	4,1 meses

Mesmo que o custo do investimento inicial pareça alto, o período de *payback* calculado é bastante reduzido, considerando que as operações dessa plataforma durarão ainda cerca de 15 anos. Com isso, ressalta-se que é de grande valia para a empresa o prosseguimento com esse projeto, dado que, segundo Braga (1989), propostas de investimento com menor prazo de retorno apresentam maior liquidez e, conseqüentemente, menor risco.

Como limitação dos cálculos apresentados pode-se destacar que o período de *payback* encontrado poderá sofrer alterações em virtude de fatores tais como:

- Oscilações econômicas, dado que estas impactarão diretamente no índice inflacionário;
- Variações nas quantidades de água produzidas pelas UD's e a fornecida pelos barcos rebocadores, visto que isso implicará num novo valor de preço médio da água e, conseqüentemente, no ganho do período;
- Valorização/desvalorização no valor do frete marítimo, o que impactará diretamente no custo de fornecimento dos materiais consumíveis e desembarque dos tambores, e também no preço final da água fornecida pelos barcos. Tais condições afetam diretamente no ganho diário.

CONCLUSÕES

A proposta apresentada se mostrou viável pelo ponto de vista sustentável e pela perspectiva econômica, com baixo período de *payback* (4,1 meses) e com a possibilidade de redução no consumo de água a bordo na ordem de 23m³/dia, o que visa contribuir com a conservação da água através do seu reúso. A economia de água gerada é ainda uma salvaguarda contra a falta de água na plataforma, que pode acarretar em grandes perdas financeiras para a empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDERSSON, T. Water reuse in paper mills. Lund University. Department of Industrial Electrical Engineering and Automation. 2004
2. ALFA LAVAL. Custo de produção de água. 2016.
3. ALLEN, L; SMITH, J; PALANIAPPAN, M. Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management. Pacific Institute, 2010.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. 1997.
5. BRAGA, R. Fundamentos e técnicas de administração financeira. 1. ed. São Paulo - SP: Atlas, 1989.
6. BURANI, G F. Recurso energético a partir do reúso da água para produção de energia elétrica. Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (GEPEA – USP). São Paulo, 2003.
7. ÇAĞIN, V; YETIS, Ü. Water reuse strategies: iron and steel industry. Springer Sciene + Business Media B. V. 2011.
8. CARVALHO, S; ADOLFO, L. O valor econômico dos recursos naturais no sistema de Mercado. Revista Eletrônica de Direito e Política. v. 7, n. 2, 2012.
9. DETONI, T; DONDONI, P; PADILHA, E. A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.
10. ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY (EPA¹). Guidelines for environmental management: use of reclaimed water. 2009. Disponível em: <<http://www.epa.vic.gov.au/~media/Publications/IWRG632.pdf>>. Acesso em 29 de mai. 2016.
11. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Guidelines for Water Reuse. 2012. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2016.
12. FALCO, J G. Estatística aplicada. Cuiabá: EdUFMT; Curitiba: UFRP, p. 92, 2008.
13. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE SÃO PAULO (FIESP). Conservação e reúso da água: manual de orientações para o setor industrial. v. 1. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-da-agua-2004/>>. Acesso em 04 set. 2016.
14. FERRER, A S; GEA T; SALAS, S. Protocol per a la determinació de l'estabilitat biològica mitjançant l'Índex Respiromètric Dinàmic (IRD) en mostres de residus urbans orgànics. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, 2008.

15. FISPAL. Boas práticas de reúso de água na indústria de alimentos e bebidas. Disponível em: <<http://www.fispaltecnologia.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/01/EBook01b.pdf>>. Acesso em 01 nov. 2016.
16. GONZALEZ, C S C. A gestão de recursos hídricos na indústria do petróleo e seu alinhamento às práticas de mercado. Dissertação de Mestrado - Programa de Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro 2011, 106 p.
17. HALIM, I; ADHITYA, A; SRINIVASAN, R. A novel application of genetic algorithm for synthesizing optimal water reuse network with multiple objectives. Chemical Engineering Research and Design, v. 100, p. 39-56, 2015.
18. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). Recommendation on international effluent standards and guidelines for performance tests for sewage treatment plants. MEPC VI/17, annex IV. 1976.
19. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). Revised guidelines on implementation of effluent standards and performance tests for sewage treatment plants. MEPC 55/23, annex 26, resolution MEPC.159(55). 2006.
20. MARINHA DO BRASIL. Organização Marítima Internacional. Disponível em: <<https://www1.mar.mil.br/dhn/node/35>>. Acesso em: 11 de nov. 2016.
21. MARON JÚNIOR, R. Reúso de água em indústria metalúrgica rolamenteira: estudo de caso da SKF do Brasil LTDA. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2006.
22. MARTINS, G; ALMEIDA, A F. Reúso e reciclo de águas em indústria química de processamento de dióxido de titânio. Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Escola Politécnica, 1999.
23. MENESES, E L. O uso de turbinas a gás para geração de energia elétrica em plataformas. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2011.
24. MURICHU, A. Water reuse: a necessary evolution for the industry. 2015. Disponível em: <<http://www.epmag.com/water-reuse-necessary-evolution-industry-788926#p=full>>. Acesso em 29 mai. 2016.
25. NEW MEXICO OFFICE OF THE STATE ENGINEER. A water conservation guide for commercial, institutional and industrial users. Disponível em: <<http://www.ose.state.nm.us/WUC/PDF/cii-users-guide.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2016.
26. RUBIM, C. Os desafios do tratamento de lodo. Revista Especializada em Tratamento de Água & Efluentes, 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=6376>>. Acesso em 18 de out. 2016.
27. SELLA, M B. Reúso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências (Monografia de Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS, 2011.
28. SEVERN TREND DE NORA. User manual: Omnipuretm Model 5556, 2010.
29. SILVA, D J P. Programa de conservação e reúso da água – PCRA. Universidade Federal de Viçosa. Série: Sistema de Gestão Ambiental, Viçosa – MG, 2011.
30. SINHA, S K; SINHA, V K; PANDEY, S K; TIWARI, A. A study on the waste water treatment technology for steel industry: recycle and reuse. American Journal of Engineering Research (AJER). v. 3, n. 4, p. 309 – 315, 2014.
31. THAKUR, S; CHAUHAN, M. Grey water recycling. Journal of Environmental Science and Sustainability. v. 1, n. 4, p. 117 – 119, 2013.
32. TROVATI, J. Tratamento de água de resfriamento. 2004. Disponível em: <http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua.pdf>. Acesso em 21 set. 2016.
33. TWARDOKUS, R G. Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis – SC, 2004
34. UNITED NATION EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO) - Water hazard risks. 2009.b. Disponível em: <<http://www.unwater.org/downloads/unwaterseries.pdf>>. Acesso em 28 mai. 2016.
35. VIANA, V; COSTA, C. Dimensões da sustentabilidade envolvidas com a questão da água. Revista NAU Social. v.6, n. 10, p. 23-33, 2015.
36. WEBER, C C; CYBIS, L F; BEAL, L L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), v. 15, n. 3, p. 291-300, 2010.



37. WORLD WATER COUNCIL (WWC). Water in crisis. 2016. Disponível em:
<<http://www.worldwatercouncil.org/index.php?id=25>>. Acesso em 30 abr. 2016.