

MODELIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA O TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS DO MUNICÍPIO DO SUMBE – ANGOLA

Ramiro José Espinheira Martins⁽¹⁾

Laboratory of Separation and Reaction Engineering (LSRE), Associate Laboratory LSRE/LCM, DEQ-FEUP, Universidade do Porto, Portugal e Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e de Gestão - DTQB, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. Licenciado em Engenharia Química pela FEUP (1991), MSc. (1995) e PhD pela FEUP (2004). Investigação: tratamento de águas contaminadas por metais por bioadsorção, tratamento de águas por Wetlands e engenharia ambiental.

Rui Alfredo da Rocha Boaventura⁽²⁾

Investigador Principal no DEQ da Universidade do Porto e LSRE, Portugal. Graduado em Engenharia Química pela Universidade do Porto (FEUP), em 1969 e Doutorado na mesma instituição, em 1986. Tem mais de 30 anos de experiência no ensino, investigação e consultadoria em engenharia química e ambiental. Interesses atuais incluem remoção de cor e metais tóxicos de águas contaminadas, formação e destino de subprodutos da desinfecção e transformações biogeoquímicas em águas superficiais.

Endereço⁽¹⁾: Rua do Dr. Roberto Frias, 4200-465, Porto - Portugal - Tel: +351 273303091 - Fax: +351 273313051 - e-mail: rmartins@ipb.pt

RESUMO

A água é um recurso natural e renovável, mas que exige uma correta e adequada gestão, que atualmente não prescinde do recurso a tecnologias mais limpas para o seu uso eficiente. Existe uma preocupação permanente de não criar riscos à biodiversidade e garantir a sua existência de uma forma equilibrada. O crescimento a todos os níveis e o descongestionamento das cidades obrigam os governantes dos pequenos centros urbanos a conceber planos de desenvolvimento urbanístico que contemplem obrigatoriamente soluções baratas de tratamento das águas residuais. Uma futura extrapolação deste modelo para outras cidades Angolanas baseia-se na similitude de carga poluente e do consumo de água potável pelas populações, que evoluirá nos próximos anos para 70 litros por habitante equivalente e dia. Os constrangimentos visíveis do ponto de vista de saneamento da capital da Província do Kwanza Sul, Sumbe, em relação a uma gestão integrada das águas, apresentam semelhanças com outras cidades de Angola que tem duas estações do ano, uma chuvosa e quente e outra seca e fria. A implementação de um sistema de baixo custo para tratamento das águas residuais tornou-se viável com a investigação que se desenvolveu no Sumbe. Como resultado deste estudo, apresenta-se um diagnóstico da situação real da cidade, bem como a descrição e funcionamento do sistema de tratamento piloto implementado para tratar um caudal de 2,6 L/min; uma reduzida percentagem das águas residuais urbanas geradas. Avaliou-se a eficiência do sistema de tratamento no que se refere à remoção da matéria orgânica, sólidos suspensos totais, nutrientes e coliformes totais, e comprovou-se o tempo de residência hidráulico de projecto. Os valores registados para estes parâmetros no efluente tratado são inferiores aos valores limites de emissão estabelecidos em legislação internacional que regula a descarga de águas residuais em corpos recetores.

PALAVRAS-CHAVE: Modelização, Água Residual Doméstica, Angola, Sistema de Tratamento de Baixo Custo, Lagunagem.

INTRODUÇÃO

A poluição ambiental, nomeadamente a dos cursos de água, é matéria de preocupação e interesse em todos os círculos dos países desenvolvidos e mais recentemente nos países em vias de desenvolvimento. Em Angola este caso, tornou-se mais gravoso com a situação de estabilidade, que proporciona a exploração de recurso que a natureza oferece, incluindo os mananciais de recursos hídricos, tanto pela utilização das águas brutas disponíveis, como pela descarga de efluentes domésticos e industriais carregando diversos poluentes, com prejuízo do seu aproveitamento para consumo humano.

É previsível em Angola um crescimento acelerado da população nos maiores centros urbanos, consequência da crescente atividade económica, industrial e comercial, fatores que proporcionam um rápido aumento do volume de efluentes domésticos e industriais gerados, e ainda da quantidade de resíduos sólidos urbanos.

A proteção da natureza, inclui a dos meios hídricos, contra as emissões de esgotos urbanos e de efluentes industriais sem um tratamento prévio. Este assunto ainda é um dilema para Angola, por falta de quadros, tecnologia e pela inexistência de legislação que regule adequadamente estas práticas.

O problema das águas residuais é atualmente abordado em todos os círculos, contudo a descarga dos efluentes urbanos em meios naturais como solos, rios e mares é ainda uma prática comum tendo em vista as metas do desenvolvimento do milénio, onde a gestão integrada dos recursos hídricos ocupa um lugar de destaque, por ser um dos indicadores de desenvolvimento.

A descarga de efluentes contendo quantidades consideráveis de matéria orgânica num curso de água, tem implicações no consumo de oxigénio dissolvido decorrente do processo de estabilização realizado por bactérias; ocorre pois uma eutrofização do meio recetor e respetiva contaminação bacteriológica. O decréscimo da concentração de oxigénio dissolvido tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, sendo uma das principais causas da má qualidade das águas. Assim, as águas residuais domésticas devem ser submetidas a algum processo de tratamento, o qual irá adequar o efluente final para que possa ser descarregado no corpo recetor sem causar perturbações ao nível do ecossistema.

Face a esta realidade do país, e também constatada na Cidade do Sumbe, onde a descarga das águas residuais é realizada num rio que atravessa a cidade e por infiltração no solo sem qualquer tratamento, torna-se imperativo desenvolver esforços para inverter este quadro, a fim de proporcionar uma melhoria significativa na qualidade dos recursos hídricos, bem como a eliminação de graves problemas de saúde ambiental.

Enquadramento do projeto

O governo de Angola tem aprimorado pelas ações que respeitem as normas ambientais através do ministério de tutela. Debate-se no entanto com o problema da falta de informações por parte de determinados responsáveis de algumas instituições. Esta preocupação estende-se também àqueles que estão ligados a organismos que tutelam empresas emissoras de poluentes ou àqueles que têm a obrigação de intervenção no domínio do saneamento.

O Ministério da Energia e Águas no seu plano diretor para a cidade do Sumbe prevê a construção a longo prazo duma estação de tratamento de águas residuais, *lê-se na carta de resposta à primeira proposta deste estudo.*

A construção e implementação nesta cidade de uma Etar convencional (tratamento biológico por lamas ativadas ou outro) representaria um investimento inicial significativo, aliado a gastos consideráveis de operação e manutenção (consumo energético, substituição de equipamento), além de requerer pessoal com algum grau de especialização para manter efetiva a unidade de tratamento. Face a esta realidade e às condições climáticas do país julgamos que a utilização de um sistema de lagunagem é a opção de tratamento que melhor se adequa.

Objetivo do Trabalho

O presente estudo foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

1. Caracterização das águas residuais geradas na cidade do Sumbe – Angola;
2. Dimensionamento, operação e otimização, à escala piloto de um sistema de tratamento das águas residuais no Município do Sumbe, recorrendo a uma tecnologia de baixo custo – lagunagem;
3. Apresentação de um anteprojecto para o tratamento das águas residuais domésticas geradas na cidade do Sumbe.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sistema de lagunagem (projecto – piloto)

A cidade do Sumbe, capital da Província do Kwanza Sul, foi seleccionada para o desenvolvimento deste estudo pelas seguintes razões:

- Cidade antiga e pequena;
- Reduzido número de habitantes;
- Baixo nível social da maioria da população;
- Não possuir qualquer sistema de tratamento dos esgotos domésticos;
- Possuir uma inclinação nas duas margens do rio que atravessa a cidade;
- Posicionamento geográfico da cidade em relação à costa marinha.

O projeto-piloto foi executado em três fases:

- 1ª fase: escavação, construção e impermeabilização das três lagoas (Anaeróbia, Facultativa e Maturação).
2ª fase: aquisição e montagem de equipamentos, como electrobomba, instalação de tubagens e montagem da estrutura que suporta os reservatórios de abastecimento às lagoas,
3ª fase: arranque e operação da instalação por um período de oito meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho pretendeu contribuir com um sistema de tratamento de baixo custo, lagunagem, cujos dados de projecto se devem basear nas conclusões do presente estudo no que se refere às contribuições médias de diversos poluentes do esgoto doméstico bruto expressas em termos dos parâmetros SST, CBO₅, CQO, Azoto Total, Fósforo Total e Coliformes Totais.

Para dar resposta a este objetivo fomos confrontados com a necessidade de dimensionar um sistema de tratamento à escala piloto e decidir o destino final da água tratada, face aos resultados obtidos à saída da unidade experimental.

Dimensionamento das lagoas

Sistema para tratamento de águas residuais com baixos custos energéticos, baixa tecnologia, mas que requer uma área elevada. A estrutura típica é a de uma bacia escavada no solo com paredes laterais inclinadas. Ocorre uma obstrução natural do solo por deposição de sólidos da água; contudo, é comum impermeabilizar a bacia (membranas sintéticas, argilas naturais, asfalto).

No caso de lagoas, é indispensável a inclinação da totalidade das paredes laterais de modo a simular as condições naturais de depuração, assegurar boas condições de agitação, exposição ao ar livre e à radiação solar.

O afluente bruto é encaminhado graviticamente, e em contínuo, para lagoas de profundidade e dimensões controladas, onde decorrem processos de biodegradação através de microrganismos e microalgas. Tipo de tratamento com elevada capacidade de adaptação a variações bruscas de caudal e de cargas afluentes. Não carece de técnicas de operação e manutenção muito sofisticadas, e ainda se encontra associado a um custo de investimento inicial baixo.

Existem vários tipos de Lagoas (tipo de reação biológica) para estabilização de esgotos e que normalmente se utilizam em seqüências variadas:

- Facultativas
- Anaeróbias
- Aeróbias
- Maturação

Todos os dimensionamentos foram feitos tendo por base Mara (2004) e von Sperling (2002), e considerando um caudal diário a tratar de 3,75 m³.

Lagoa Anaeróbia (Figura 1)

- largura (1,5 m), comprimento (3,5 m) e altura útil (2,5 m)
- altura acima do nível da água 0,5 m
- tempo de retenção hidráulico (TRH) 3,5 dias
- paredes verticais

Lagoa Facultativa (Figura 2)

Considerando que Angola é uma região com Inverno quente e elevada insolação, foi adoptada uma taxa de aplicação superficial L_s no intervalo 240 a 350 kg CBO₅/(ha.dia).

- área média de 20,3 m²
- altura útil adoptada (1,8 m)
- área da base 9,9 m² (8,25 m x 1,2 m)
- paredes com inclinação de 2:1
- área ao nível da água 30,15 m² (10,5 m x 3 m)
- tempo de retenção hidráulico (TRH) 15 dias



Figura 1: Lagoa anaeróbia.



Figura 2: Lagoa facultativa.

Lagoa de Maturação (Figura 3)

Para este tipo de lagoa, o parâmetro de projecto é o tempo de retenção hidráulico, com um valor mínimo de 3 dias.

- volume da lagoa 11,2 m³
- área da base 9,84 m² (1,2 m x 8,2 m)
- área ao nível da água 18 m² (2 m x 9 m)
- profundidade 0,8 m
- paredes com inclinação de 2:1
- altura acima do nível da água 0,5 m
- tempo de retenção hidráulico (TRH) 3 dias



Figura 3: Lagoa de maturação.

Este processo de tratamento é elucidativo do papel desempenhado pela natureza, dada a capacidade de degradação de poluentes por populações de microrganismos anaeróbios e aeróbios.

A primeira amostra foi recolhida ao fim de 25 dias, período considerado necessário para uma aclimação das populações bacterianas e consequente estabilização dos processos efetivos na degradação da matéria orgânica.

Foram realizadas quatro campanhas de amostragem (25 de Agosto, 6 de Setembro, 21 de Setembro e 5 de Outubro de 2009), em que se avaliaram parâmetros tais como Turvação, Sólidos Suspensos Totais (SST), Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅), Carência Química de Oxigénio (CQO), Azoto Total e Fósforo Total, cujos valores médios são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios obtidos para os diferentes parâmetros nas quatro campanhas de amostragem.

Parâmetro	Lagoa 1 (LAN)			Lagoa 2 (LF)			Lagoa 3 (LM)			Sistema Completo		
	Entrada	Saída	%Remoção	Entrada	Saída	%Remoção	Entrada	Saída	%Remoção	Entrada	Saída	%Remoção
Turvação (NTU)	379,5	10,4	97	10,4	16,5	-----	16,5	16,8	-----	379,5	16,8	96
SST (mg/L)	670,5	23,5	97	23,5	42	-----	42	64	-----	670,5	64	91
CBO ₅ (mg/L)	380	20	95	20	39	-----	39	9	77	380	9	98
CQO (mg/L)	882,2	60,7	93	60,7	124,5	-----	124,5	30,3	76	882,2	30,3	97
Azoto Total (mg/L)	75,59	71,13	6	71,13	64,11	10	64,11	52,95	17	75,59	52,95	30
Fósforo Total (mg/L)	4,74	2,41	49	2,41	1,83	24	1,83	0	100	4,74	0	100

Uma avaliação dos resultados (Tabela 1) permite concluir que a lagunagem é um processo de tratamento a considerar em países em desenvolvimento, como Angola. Trata-se de um sistema com baixos custos de capital e de manutenção e que não exige mão de obra especializada, mas que permite resolver o problema da descarga de efluentes no meio hídrico de forma capaz.

Para a lagoa anaeróbia, com condições anaeróbias 2 m abaixo do nível da água, foi registada uma boa eficiência na remoção de turvação (86%), SST (92%), CBO₅ (81%) e CQO (79%) do afluente bruto.

A lagoa facultativa não teve o desempenho esperado na remoção de matéria orgânica, o que se atribui ao curto período de estabilização proporcionado para o desenvolvimento da biomassa (aeróbia e anaeróbia), necessária para uma maior eficiência.

A lagoa de maturação foi a que apresentou maior eficiência na remoção de azoto (14%) e fósforo (43%). O maior desempenho da lagoa de maturação na remoção do fósforo, foi facilitada pela presença de muitas algas nesta lagoa.

Para os parâmetros em análise o desempenho global foi muito satisfatório, sendo de destacar a efectiva remoção de matéria orgânica (remoção de 98% para a CBO₅ e 97% de CQO), e os 100% de remoção alcançados para o fósforo total.

Uma das vantagens da lagunagem refere-se à desinfecção da água residual sem necessidade de adição de reagentes químicos, como o cloro. A lagoa de maturação registou uma eficiência bastante satisfatória nesse aspeto, conseguindo-se reduzir a concentração de microrganismos patogénicos até níveis bastante baixos, o que é de grande importância na tomada de decisão sobre o destino final a dar às águas residuais tratadas. Partindo de uma concentração típica de microrganismos num esgoto doméstico (10⁶ a 10⁸ UFC/100 ml), à saída da lagoa de maturação foi registado um valor médio de 160 UFC/100 ml, o que representa uma eficiência superior a 99,98%.

Os valores médios dos parâmetros à saída do sistema de lagunagem foram comparados com valores limites de emissão (VLE) de descarga de águas residuais, tendo por referência a Legislação Portuguesa (DL 236/98), como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Comparação dos valores dos parâmetros à saída do sistema piloto (SP) com os valores limites de emissão (VLE) na descarga de águas residuais (legislação Europeia).

PARÂMETROS	VALOR SP	VLE
Turvação (NTU)	17	
SST (mg/L)	64	60
CBO ₅ (mg/L)	9	40
CQO (mg/L)	30	150
Azoto total (mg/L)	53	15
Fósforo total (mg/L)	0	3

O nível de tratamento alcançado com o sistema piloto instalado responde às exigências impostas na legislação portuguesa, exceção para o azoto. Esta concentração de azoto total potencia a utilização do efluente tratado na agricultura de plantas não leguminosas.

CONCLUSÕES

O desempenho do sistema piloto no tratamento da água residual da cidade do Sumbe foi bastante positivo. Deste modo, o uso desta tecnologia de baixo custo, Lagunagem, para o tratamento das águas residuais é plenamente justificado no Sumbe e em outras regiões de Angola, com clima semelhante.

O sistema global de tratamento apresentou eficiências de remoção bastante satisfatórias; turvação (96%), SST (91%), CBO₅ (98%), CQO (97%) e fósforo (100%) para o afluente bruto considerado.

A eficiência de remoção de azoto foi de (30%), obtendo-se uma água residual tratada que, com exceção deste parâmetro, satisfaz os critérios de descarga em cursos de água segundo a legislação Portuguesa.

A lagoa de maturação apresentou um nível de eficiência na remoção de coliformes totais superior a 99,98%, o que evidencia um excelente desempenho, e consequente possibilidade de reutilização da água tratada em aplicações como a rega de jardins ou a lavagem de pavimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTHUR, J.P. Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries. Technical Paper No 7. Washington, D.C: The World Bank, 1983.
2. MARA, D.D. Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. London: Earthscan Publications, 2004.
3. von Sperling, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Lagoas de estabilização. Editora UFMG, 3ª edição, Belo Horizonte, 2002.