

II-429 - AVALIAÇÃO TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO PARA REUSO DE EFLUENTE ORIUNDO DE INDUSTRIA FARMACEUTICA (ESTUDO DE CASO)

Fábio dos Santos Ambrósio⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Mestrando em Engenharia Sanitária na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Diretor Técnico e comercial da empresa AUTON SOLUÇÕES AMBIENTAIS.

Daniele Maia Bila

Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – DESMA/UERJ

Ana Silvia Pereira Santos

Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – DESMA/UERJ

Endereço⁽¹⁾: Avenida vinte dois de maio 9000, quadra F/lote 12 - Itaboraí – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 24803-000 - Brasil - Tel: +55 (21) 981210301 - e-mail: fabioambrosio@auton.com.br

RESUMO

O presente trabalho realizou uma avaliação da possibilidade de tratamento pelo processo de separação por membranas (ultrafiltração) do efluente de uma indústria farmacêutica para fins de reutilização na irrigação, lavagem de pisos e na caldeira da própria indústria. Também foi avaliada a performance do sistema de tratamento de efluentes industriais, sendo que esta foi realizada através da interpretação gráfica box plot da série histórica das análises físico – químicas dos parâmetros DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), DQO (Demanda química de oxigênio), O&G (Óleos de graxas), SS (Sólidos sedimentáveis), SST (Sólidos suspensos totais) e MBAS (Substâncias reativas ao azul de metileno). Após analisar a série histórica, concluiu - se então que a estação de tratamento de efluentes industriais apresenta uma performance operacional satisfatória, dentro dos padrões estabelecidos pelas normas preconizadas pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente). Referente a reutilização do efluente tratado após submetido a Ultrafiltração, observou - se que após analisar os parâmetros pH, T(Temperatura), condutividade, Turbidez, DQO, cloreto, alcalinidade total, sulfato, SDT(sólidos totais dissolvidos) e SST(Sólidos suspensos totais) que é possível reutilizar para irrigação e lavagem de pisos, sendo imprescindível realizar controle microbiológico após a ultrafiltração para que atenda a NBR 13969/97 reuso local classe 2, onde requer uma turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL e cloro residual superior a 0,5 mg/L. Com relação a reutilizar o efluente tratado e ultrafiltrado para caldeira é recomendável enquadrar a dureza total para < 1, assim evitando incrustação no interior do equipamento.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso, efluente industrial farmacêutico, ultrafiltração e membranas.

INTRODUÇÃO

A água, antigamente considerada um recurso infinitamente renovável e abundante, atualmente define e limita os anseios de desenvolvimento econômico-social. A crescente vulnerabilidade das águas diante dos impactos antrópicos justifica o reúso de água. Em decorrência de uma relativa abundância de água no Brasil, nunca houve uma grande preocupação do setor industrial, excetuando - se os setores que se utilizam de água como matéria-prima ou com incorporação direta sobre o produto final. Atualmente, com o surgimento de problemas relacionados à escassez e poluição de água nos grandes centros urbanos, começa a haver um maior interesse por parte de vários setores econômicos pelas atividades nas quais a água é utilizada, o que também é motivado pelas recentes políticas federais e estaduais sobre o gerenciamento dos recursos hídricos. Isso será de fundamental importância para manter saúde do homem, garantir sua sobrevivência no futuro, o desenvolvimento econômico-social e a sustentabilidade ecológica.

É necessário, então, elaborar normas e promover práticas, processos e técnicas que tenham o propósito de estimular a participação de gestão de aproveitamento da água e de seu reúso, visando orientar a harmonização de metas econômicas, sociais e ambientais. O Setor industrial é um importante usuário de água, é fundamental

que seu desenvolvimento se dê de forma sustentável, adotando práticas como o uso racional e eficiente da água.

A presente pesquisa tem como finalidade a avaliação técnica da utilização de uma planta piloto de ultrafiltração para tratamento do efluente gerado em uma indústria farmacêutica com vistas à geração de água de reuso a ser aplicada na própria indústria. Ressalta-se que este efluente, atualmente submetido apenas ao processo biológico e lançado na rede da companhia estadual de água e esgoto, onde este é proveniente da unidade fabril, de vasos sanitários e de outras utilidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho teve como objeto do estudo da ETE (Estação de tratamento de efluentes) de uma indústria farmacêutica, no que tange a avaliação do processo da unidade de tratamento e experimentos em escala laboratorial piloto do efluente tratado com a tecnologia de membranas por ultrafiltração para fins de avaliar a viabilidade técnica de reuso para irrigação, lavagem de pisos e caldeira. A metodologia foi desenvolvida em duas etapas, detalhadas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA INDÚSTRIA.

Nesta etapa foram realizados levantamentos técnico em campo e documental na indústria, com objetivo principal de conhecer as características do afluente e efluente. É relevante ressaltar que a indústria objeto do presente estudo faz parte do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – PROCON ÁGUA, do estado do Rio de Janeiro, conforme estabelecido pela DZ 942.R-7 de 1991 do Instituto Estadual do Ambiente – INEA (INEA, 1991), em que todas as análises de qualidade de água sejam realizadas por laboratórios credenciados ao INEA e os Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE sejam enviados ao órgão ambiental regularmente. Para fins de avaliação do processo foram avaliados os dados periódicos enviados ao órgão ambiental, no período compreendido entre julho de 2014 a outubro 2016, perfazendo um período total 910 dias corridos e 131 semanas corridas de acompanhamento de desempenho da unidade. Nesses relatórios constam dados de qualidade de água dos parâmetros de controle apresentados na Tabela 01, determinados segundo metodologias descritas em AWWA (APHA, 2012).

Tabela 1: Métodos empregados para a determinação dos parâmetros físico-químicos segundo metodologias descritas em AWWA (APHA, 2012).

Parâmetro físico-químico	Número do Método
pH	4500-H ⁺ B
Temperatura	2550
Turbidez	2130 B
Condutividade	2120 C
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	5220 D
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	5220 D
Sólidos Suspensos Totais (SST)	2540 B e 2540 D
Alcalinidade Total	2320 B
Dureza Total	2340 C
Cloreto	4500 – Cl B
Sólidos Totais Dissolvidos (SDT)	2540 C
Óleos e graxas (O&G)	5520 F
MBAS	5540 C
Sólidos sedimentáveis (SS)	2540 Fa

Entretanto, para análise preliminar da avaliação da possibilidade de implantação da unidade de ultrafiltração para tratamento do efluente com vistas ao reuso do efluente final, foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: DBO₅, DQO, MBAS, O&G, Sólidos Sedimentáveis e SST.

Assim, foi possível avaliar além do desempenho da ETE, o cumprimento do lançamento do seu efluente de acordo com o que preconiza a NT 202.R-10 de 1986 do INEA que aborda critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos no estado do Rio de Janeiro (INEA, 1986) e a possibilidade avançar o estudo de implantação de uma unidade de ultrafiltração.

Os resultados de DBO₅, DQO, O&G, MBAS, SS e SST obtidos na análise do efluente tratado pela ETE foram avaliados quanto à dispersão em relação ao período em que foram gerados, através do uso da ferramenta de estatística descritiva Box plot. Resultados repetitivos e em conformidade com os padrões de controle é um dos fatores que indicam a viabilidade de tratamento terciário do efluente por ultrafiltração. Tal fato se explica pela maior eficiência das membranas diante da baixa turbidez e concentração de óleos e graxas no efluente.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA INDÚSTRIA.

Segundo o acervo técnico disponibilizado, informações da gerência da unidade farmacêutica e parte do memorial descritivo da ETE, disponibilizado somente para apreciação visual, o sistema de tratamento de efluentes sanitário e industrial é dotado de um sistema denominado lodo ativado, com capacidade máxima para 9 m³/h. A indústria está localizada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, com aproximadamente 120 colaboradores trabalhando durante 312 dias/ano em turnos de 10 horas/dia. O arranjo da ETE é composto por gradeamento, seguido da tecnologia de lodo ativado na modalidade de aeração prolongada (tanque de aeração e decantação final). O efluente final é descartado na rede pública de coleta de esgotos operada pela concessionária estadual e o lodo em excesso e desidratado é encaminhado a um aterro industrial licenciado.

Todas essas etapas, exceto à preliminar e fase sólida, podem ser visualizadas nas Figuras 01 e 02.



Figura 01 – Afluente sanitário e industrial



Figura 02 – Tanque de aeração e decantação.

Os resultados das séries históricas do afluente e do efluente da ETE estão apresentados na Tabela 02, com o objetivo de acompanhamento do desempenho da unidade. Ressalta-se que todos os dados de monitoramento foram disponibilizados pela própria indústria.

Tabela 02- Consolidação dos Resultados de acompanhamento do desempenho da ETE no período compreendido entre julho de 2014 e outubro de 2016.

Estatística	O&G	MBAS	SST	SS	DQO		DBO	
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(ml/L)	(mg/L)		(mg/L)	
Pontos	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Número de dados	60	63	84	120	120	120	86	86
Média	5	0	27	1	1739	73	517	27
Mínimo	0	0,03	0,5	0	98	8	66	2
Máximo	57	1,82	287	12	11005	378	2097	154

Os valores máximos permitidos para lançamento de efluentes industriais no corpo receptor, conforme preconiza a DZ 205.R6 e NT 202. R10 estão sendo ilustrados na Tabela 03.

Tabela 03- Valor máximo permitido para lançamento de efluente industrial tratado no corpo receptor, segundo DZ 205.R6 (Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial e NT 202. R10 (Critérios e padrões para lançamento de efluentes)

Parâmetros	VMP*
O&G (mg/L)	20
MBAS (mg/L)	2,0
MS (ml/L)	1,0
DQO (mg/L)	150
DBO ₅ (mg/L)	Eficiência Superior a 90%

*VMP: Valor máximo permitido

As Figuras 03 a 08, ilustram os resultados do desempenho da ETE no período compreendido entre julho de 2014 e outubro de 2016 que foram consolidados na Tabela 02 supracitada. Os respectivos gráficos box plot retrata as variações na concentração da DQO, DBO₅, O&G, SST, SS e MBAS.

Demanda Química de Oxigênio.

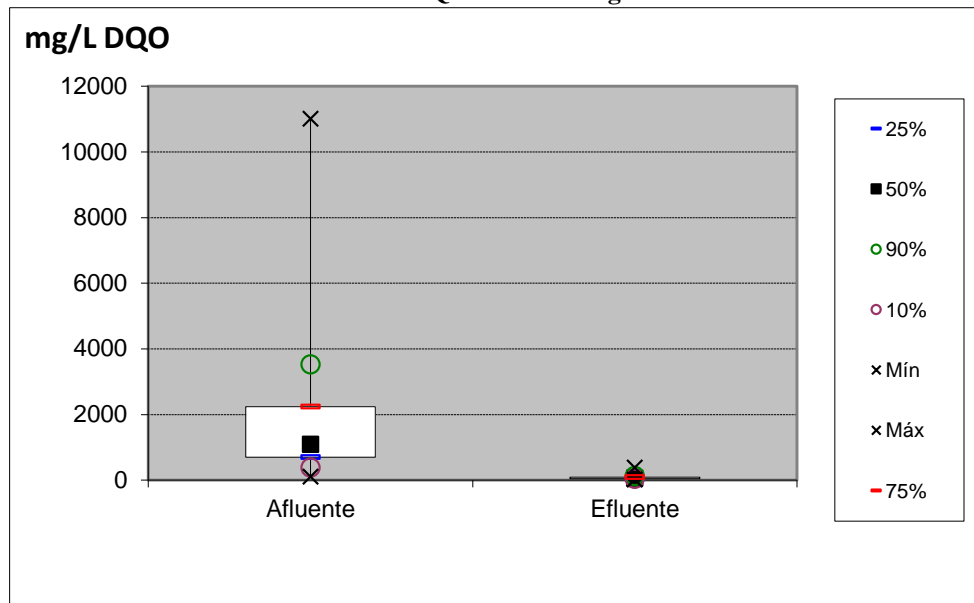


Figura 03 – Gráfico Box plot da concentração da DQO

Demanda Bioquímica de Oxigênio.

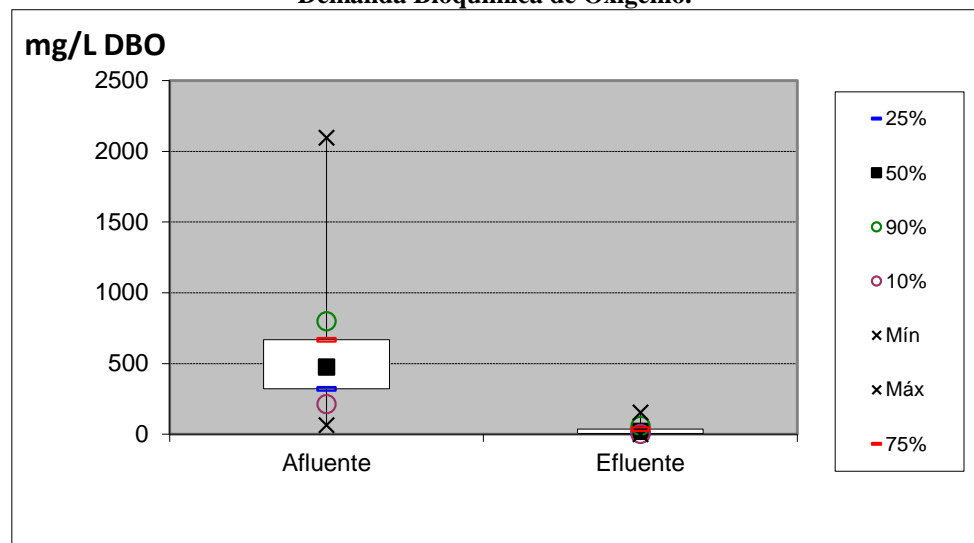


Figura 04 – Gráfico Box plot da concentração da DBOs

Óleos e graxas

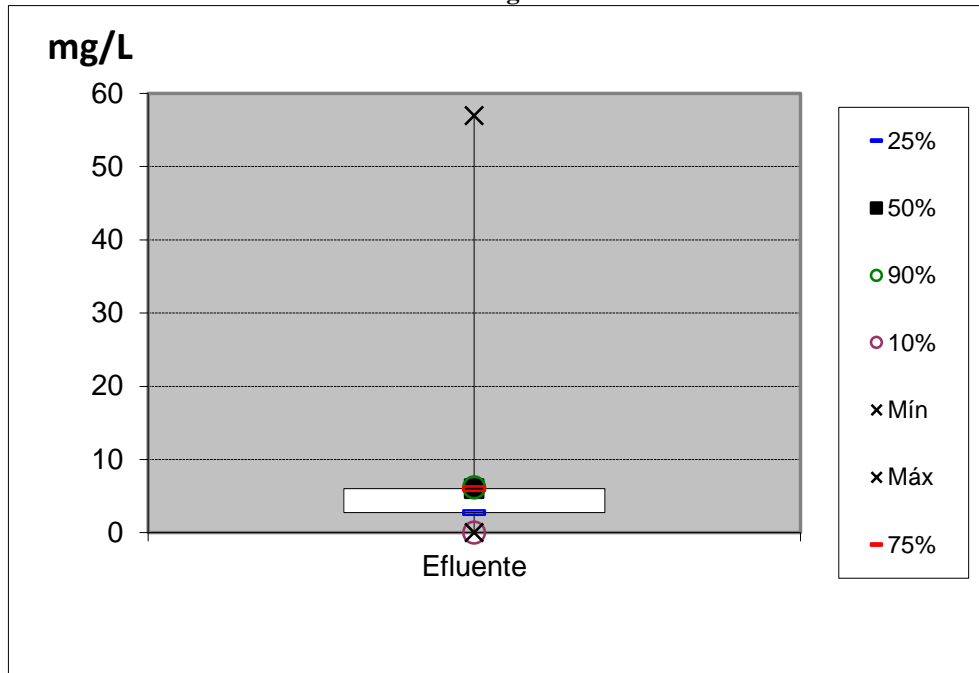


Figura 05 – Gráfico Box plot da concentração de O&G

Sólidos suspensos totais

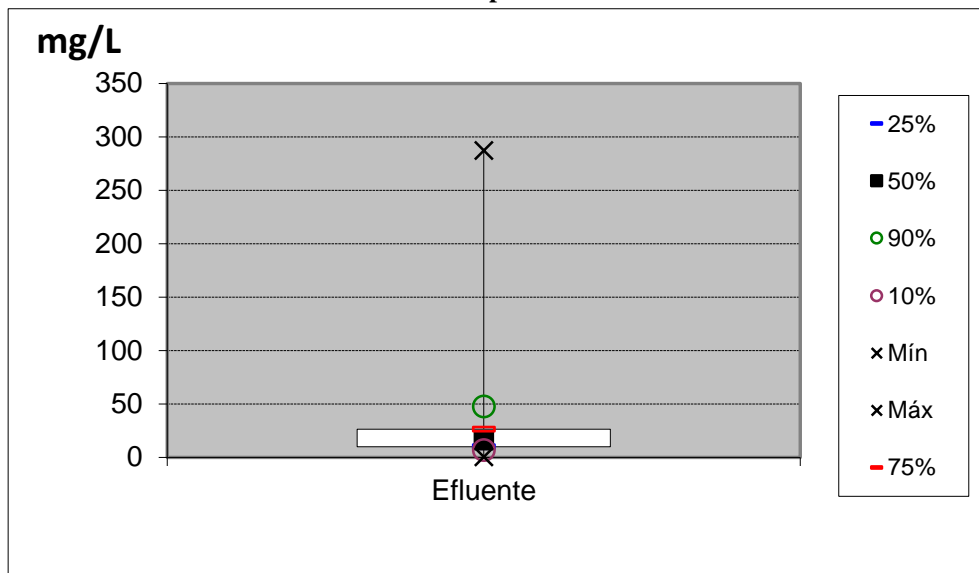


Figura 06 – Gráfico Box plot da concentração de SST

Sólidos sedimentáveis

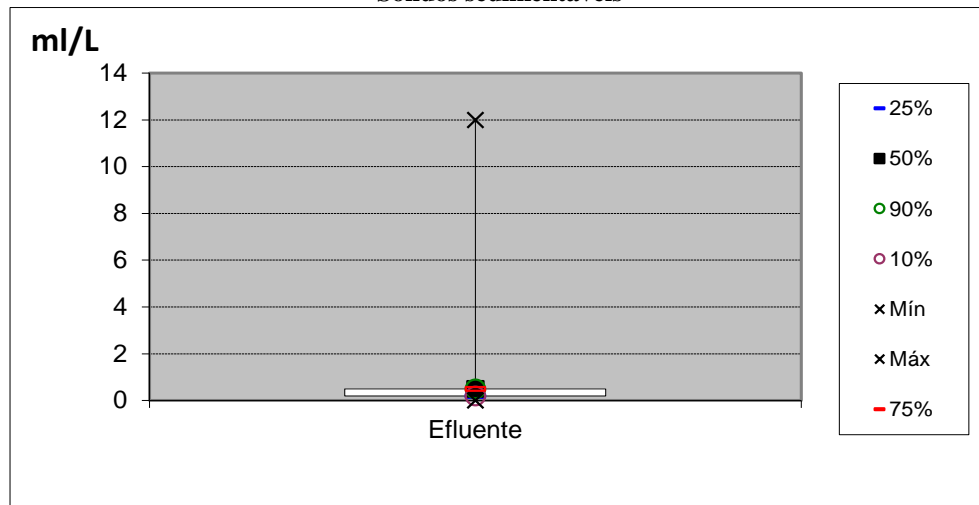


Figura 07 – Gráfico Box plot da concentração de SS

MBAS

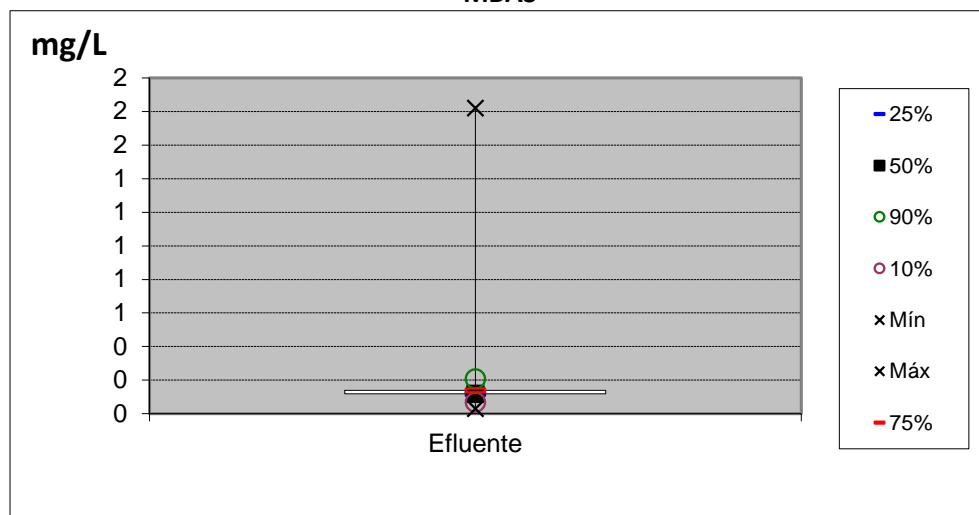


Figura 08 – Gráfico Box plot da concentração de MBAS

SEGUNDA ETAPA: PLANTA PILOTO DE ULTRAFILTRAÇÃO.

Essa etapa do trabalho consiste na avaliação da utilização de uma Planta Piloto de ultrafiltração para tratamento do efluente da ETE da indústria farmacêutica (objeto do estudo) com vistas à geração de água de reuso. Na Figura 09 está apresentada uma foto da Planta Piloto de Ultrafiltração, composta por unidade tubular de fibra oca fornecida pela empresa Pam Membranas com poros da ordem de 0,5 μm , bomba com vazão máxima de 250 LPH e membrana com permeabilidade de 88 L/h m^2 .



Figura 09 – Planta Piloto de Ultrafiltração utilizada na pesquisa.

Foram realizados 5 coletas em dias distintos e no mesmo dia realizados 5 bateladas de ultrafiltração. Para cada ensaio foram coletados 5L do efluente final da ETE (após decantador secundário) e armazenados sob refrigeração a 4°C para posterior tratamento na unidade de ultrafiltração. O delineamento experimental bem como os pontos de amostragem pode ser observado na Figura 10.

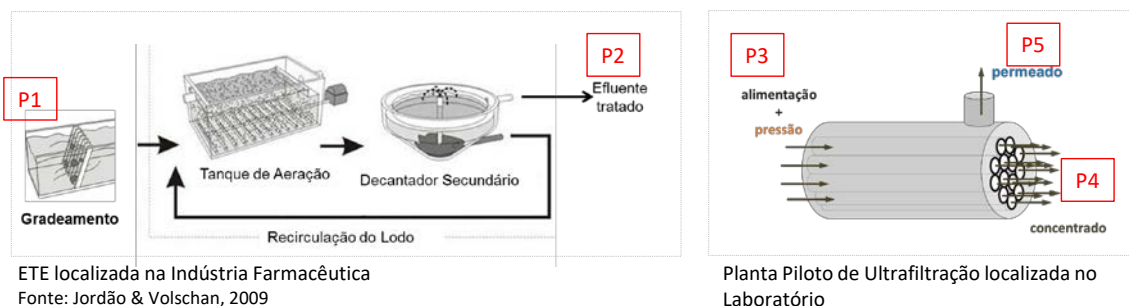


Figura 10 – Delineamento experimental e pontos de amostragem da pesquisa

O Ponto 01 (P1) e o Ponto 02 (P2) estão localizados na ETE instalada no pátio da indústria e os pontos P3, P4 e P5 estão localizados na Planta Piloto de Ultrafiltração instalada no laboratório e referem-se respectivamente à alimentação da unidade, concentrado e permeado. Ressalta-se que nos Pontos P1 e P2 não foram coletadas amostras nesse estudo e sim seus dados de desempenho foram fornecidos pela indústria conforme já relatado anteriormente. Ainda os pontos P2 e P3 representam a mesma amostra, entretanto aqui serão abordados como pontos diferentes por se tratarem de períodos de pesquisa distintos.

Assim, nesta etapa que consta apenas da análise do desempenho da Planta Piloto de ultrafiltração, para os pontos P3, P4 e P5 onde serão analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, temperatura, condutividade, turbidez, SDT, DQO, dureza total, cloreto e alcalinidade total.

Além da coleta das amostras nos pontos P3, P4 e P5, no procedimento experimental de ultrafiltração foram registrados alguns parâmetros de processo, tais como pressão, temperatura, Vazão de permeado (Q_p) e vazão de concentrado (Q_c).

Os resultados serão avaliados para a possibilidade de reuso dentro da própria indústria em serviços tais como: I) irrigação de jardins, II) lavagem de piso e III) caldeira.

Para os dois primeiros serviços aqui destacados, será utilizada como referência, a NBR 13.969/97 que aborda dados de projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos

efluentes líquidos de tanques sépticos (ABNT, 1997). Em seu item 5.6, denominado “Reuso Local”, a NBR 13.969/97 apresenta uma classificação e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme a tipologia do reuso (doméstico). Esse documento, apesar de inconsistente, é adotado em projetos de reuso pela falta de uma legislação federal específica para esta prática. No caso do 3º serviço (caldeira), serão adotados dados de referência apresentados por CROOKS (1990), referentes às condicionantes impostas pelo equipamento.

Destaca-se que será ainda realizada uma avaliação crítica quanto ao tratamento do concentrado da unidade de ultrafiltração, tendo em vista a viabilidade de retorná-lo ao processo de tratamento de efluentes da farmacêutica ou descartando-o diretamente na rede coletora da CEDAE dentro das normas preconizadas pelo INEA.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA – TESTE PILOTO DE ULTRAFILTRAÇÃO

Após a caracterização das correntes afluente e efluente da ETE da indústria farmacêutica foram realizadas 5 bateladas no laboratório, onde foram gerados os resultados referente ao processo de operação da unidade de separação por membranas ilustrados na Tabela 04.

Tabela 04- Parâmetros de processo de operação da planta de ultrafiltração.

Coleta			Processo de Ultrafiltração			
Data	Hora	Q ETE (m³/h)	Pressão (bar)	Qp (LPH)	Qc (LPH)	% c.
10/03/2017	13:00	8	1	6,69	1,56	23
14/03/2017	15:05	7	1	5,72	1,63	28
15/03/2017	12:43	8	1	4,69	1,35	29
22/03/2017	10:00	8	2	4,71	2,01	43
28/03/2017	14:00	9	2,5	3,45	1,1	32

%C = Percentual de concentrado Q = Vazão LPH = litros por hora Qp = Vazão de permeado
Qc = Vazão de concentrado.

Resultados analíticos referente as cinco bateladas de filtração por membranas registradas nas Tabelas 05 e 06.

Tabela 05- Resultados das análises de pH, temperatura, condutividade, turbidez e DQO referente ao P3(alimentação), P4(Permeado da ultrafiltração) e P5 (Concentrado da ultrafiltração).

Amostra		pH	Temperatura	Condutividade	Turbidez	DQO
Batelada	ID		°C	µS/cm	NTU	mg/L
1	P3	6,66	22,1	418	33	29
	P4	7,19	22,4	386	< 1	16
	P5	6,5	23,1	528	45	55
2	P3	6,8	23,4	431	37	31
	P4	7,28	23,5	421	<1	12
	P5	7,23	24,1	461	44	38
3	P3	6,91	23,2	380	88	45
	P4	7,41	23,2	371	<1	21
	P5	6,97	22,8	384	35	43
4	P3	6,94	22,8	359	85	55
	P4	7,48	22,8	361	<1	23
	P5	7,08	23,2	343	63	54
5	P3	6,1	22	376	241	35
	P4	6,73	22,4	326	<1	21
	P5	6,27	22,9	329	267	30

Tabela 06- Resultados das análises de Cloreto, Alcalinidade, Dureza Total, Sulfato, STD e SST, referente ao P3(alimentação), P4(Permeado da ultrafiltração) e P5 (Concentrado da ultrafiltração).

Amostra		Cloreto	Alcalinidade	Dureza	Sulfato	STD	SST
Batelada	ID	mg Cl ⁻ /L	mg CaCO ₃ /L	mg CaCO ₃	mg SO ₄ ²⁻	mg/L	mg/L
1	P3	58	82	41	23	239	27
	P4	52	76	48	23	194	<2
	P5	38	76	44	86	362	34
2	P3	57	80	40	18	214	28
	P4	56	80	40	15	217	<2
	P5	60	82	128	29	233	31
3	P3	48	66	44	25	213	30
	P4	49	66	80	20	171	<2
	P5	49	64	252	25	238	26
4	P3	48	62	40	23	214	67
	P4	47	60	36	20	191	<2
	P5	48	64	40	26	234	38
5	P3	49	60,2	41	12	376	368
	P4	43	52	36	10	182	<2
	P5	46	49,8	44	17	312	360

Representação dos resultados analíticos encontrados, sendo extraídos das Tabelas 05 e 06 os valores médios, mínimo e máximo do P3 (Alimentação) e representados na Tabela 07.

Tabela 07- Análise dos dados do P3, valores mínimos, médios e máximos.

Amostra		pH	Temperatura	Condutividade	Turbidez	DQO	Cloreto	Alcalinidade	Dureza	Sulfato	STD	SST
Valores	ID		°C	µS/cm	NTU	mg/L	mg Cl ⁻ /L	mg CaCO ₃ /L	mg CaCO ₃	mg SO ₄ ²⁻	mg/L	
Médio	P3	6,68	22,7	393	97	39	52	70	41	20	251	104
Mínimo	P3	6,10	22,0	359	33	29	48	60	40	12	213	27
Máximo	P3	6,94	23,4	431	241	55	58	82	44	25	376	368

Representação dos resultados analíticos encontrados, sendo extraídos das Tabelas 05 e 06 os valores médios, mínimo e máximo do P4 (permeado) e representados na Tabela 08.

Tabela 08- Análise dos dados do P4, valores mínimos, médios e máximos.

Amostra		pH	Temperatura	Condutividade	Turbidez	DQO	Cloreto	Alcalinidade	Dureza	Sulfato	STD	SST
Valores	ID		°C	µS/cm	NTU	mg/L	mg Cl ⁻ /L	mg CaCO ₃ /L	mg CaCO ₃	mg SO ₄ ²⁻	mg/L	
Médio	P4	7,22	22,9	373	<1	15	49	67	48	18	191	<2
Mínimo	P4	6,73	22,4	326	<1	0	43	52	36	10	171	<2
Máximo	P4	7,48	23,5	421	<1	23	56	80	80	23	217	<2

Representação dos resultados analíticos encontrados, sendo extraídos das Tabelas 05 e 06 os valores médios, mínimo e máximo do P5 (concentrado) e representados na Tabela 09.

Tabela 09- Análise dos dados do P5, valores mínimos, médios e máximos.

Amostra		pH	Temperatura	Condutividade	Turbidez	DQO	Cloreto	Alcalinidade	Dureza	Sulfato	STD	SST
Valores	ID		°C	µS/cm	NTU	mg/L	mg Cl ⁻ /L	mg CaCO ₃ /L	mg CaCO ₃	mg SO ₄ ²⁻	mg/L	
Médio	P5	6,81	23,2	409	91	44	48	67	140	36	276	98
Mínimo	P5	6,27	22,8	329	35	30	38	50	40	17	233	26
Máximo	P5	7,23	24,1	528	267	55	60	82	252	86	362	360

Para efeito de análise e comparação, além da recomendação do fabricante da caldeira, é necessária uma fonte confiável no que refere – se aos valores máximos permitidos e/ou seguros para alimentação de caldeira de média pressão. A Tabela 10, temos os valores máximos permitidos no que tange os parâmetros físico-químicos analisados.

Tabela 10- Análise dos dados do P5, valores mínimos, médios e máximos.

Parâmetros*	Caldeira de Média Pressão (10 a 50 bar)
Cloretos (mg/L)	+
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500
Dureza (mg/L)	1,0
Alcalinidade (mg/L)	100
pH	8,2 a 10,0
DQO (mg/L)	5,0
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	5
Sulfatos (mg/L)	+

* Limites recomendados em mg/L, exceto pH

+ Aceito como recebido caso sejam atendidos outros valores limites

Fonte: CROOK ,1996 Adaptado

CONCLUSÕES

A ETE farmacêutica em estudo, observou – se que a unidade apresenta uma ótima performance operacional, pois os resultados físico-químicos referentes as análises de DQO, DBO, O&G, MBAS e SS apresentaram dentro das normas preconizadas pelo INEA (DZ 205.R6 - Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial e NT 202. R10 - Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos industriais).

Existiu alguns pontos fora da curva, porém ao avaliar cada gráfico box plot de cada parâmetro, pode – se concluir claramente uma indicação de valores extremos ou atípicos (outliner).

Os gráficos box plot também demonstra claramente que na maior parte do período em estudo existe repetitividade no que se refere a todos os parâmetros dentro das normas preconizadas pelo INEA, ou seja, DQO menor que 150 mg/L, O&G menor que 20 mg/L, MBAS menor que 2 mg/L e SS menor que 1 mL/L.

A planta de ultrafiltração em escala laboratorial reduziu consideravelmente os parâmetros turbidez e SST, a inferior ao limite de detecção do método, menor que 0,1 NTU para turbidez e menor que 2 mg/L para SST. A proposta de tratamento terciário é viável tecnicamente para ultrafiltração do efluente tratado após tratamento pelo sistema de lodos ativados, gerando água de reuso para irrigação e lavagem de pisos, porém após a ultrafiltração é recomendável realizar controle microbiológico de coliformes fecais, assim respeitando e atendendo a NBR 13969/97 reuso local classe 2, onde requer uma turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL e cloro residual superior a 0,5 mg/L.

O efluente tratado pela ultrafiltração no caso desta indústria não é indicado para reutilização em caldeira de média pressão, pois principalmente os resultados de dureza total apresentou concentrações superior ao recomendado (1 mg/L). Referente ao concentrado, para os parâmetros analisados, os mesmos apresentaram resultados dentro dos padrões conforme preconiza o INEA, porém é recomendável que o mesmo retorne para o início da ETE, pois para conclusão efetiva para lançamento do concentrado no corpo receptor é necessário realizar mais testes.

Para o atendimento de água de reuso permeada com finalidade de alimentar a caldeira, recomendamos ensaios posteriores com resina de troca iônica, utilizando a técnica de abrandamento para redução da dureza total. Além deste, outros parâmetros também devem ser avaliados, tais como, sílica, alumínio, cobre e zinco para garantia de uma água de reposição conforme a recomendação de CROOK, 1996.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997). *NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro.
2. CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA. Manual de orientações para o setor industrial - FIESP/CIESP. (s.d.).
3. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA . (1991). NT 202.R-10 - CRITÉRIOS E PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES LIQUIDOS. Rio de Janeiro.
4. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. (1991). DZ-942.R-7 - DIRETRIZ DO PROGRAMA DE AUTOCONTROLE DE EFLUENTES. Rio de Janeiro.
5. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA: DZ-205.R-6 - DIRETRIZ DE CONTROLE DE CARGA ORGÂNICA EM EFLUENTES LÍQUIDOS. (2007). Rio de Janeiro.
6. MIERZWA,J.,HESPANHOL,I. (2005). *Água na Indústria - uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de textos.
7. DANTAS,D.,SALES,A. (2009). ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E JURÍDICOS DO REUSO DA ÁGUA. *RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental*.
8. SPERLING, M. V. (1997). *Lodos Ativados*. Minas Gerais: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL.
9. SPERLING, M. V. (2005). *INTRODUÇÃO A QUALIDADE DAS AGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTO*. BELO HORIZONTE: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL.
10. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. (2012).