

II-287 - AVALIAÇÃO DO USO DE FILTRAÇÃO COMO TECNOLOGIA PARA REUSO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA QUÍMICA

Zolair Fritsch⁽¹⁾

Engenheira Industrial Química pela Universidade Feevale.

Carlos Augusto do Nascimento⁽²⁾

Engenheira Industrial Química pela Universidade FEEVALE – RS. Mestre em Gestão Tecnológica doutorando em Qualidade Ambiental na Universidade FEEVALE.

Endereço⁽¹⁾: TFL do Brasil Indústria Química Ltda. E-mail: zolair.fritsch@tfl.com. Av. Santo Agostinho, 1099, São Miguel - São Leopoldo(RS), CEP 93025-700. Telefone (51) 4009-2230 – Ramal -2281

RESUMO

A utilização de efluentes tratados como água de abastecimento nos processos produtivos industriais é uma realidade cada vez mais atual. O apelo do mercado verde, somadas as condicionantes ambientais e econômicas, impulsionam trabalhos visando o reuso de efluentes industriais como insumo no processo produtivo do gerador. O reuso tem se mostrado uma opção para minimizar os problemas de reduzida disponibilidade hídrica, além de fornecer vantagens econômicas, de marketing e contribuir para o desenvolvimento sustentado.

Sendo assim, este trabalho apresenta resultados, em escala de bancada, de tratamento terciário aplicado em que efluente de indústria química, após seu tratamento físico-químico (coagulação-floculação-decantação) e biológico (lagoa aerada).

Os resultados para a avaliação realizada, demonstram que uma nova etapa de coagulação-floculação-sedimentação e filtração, não apresentaram resultados satisfatórios para atendimento do padrão de reuso estabelecido pela empresa, de outro modo a diluição do efluente tratado com água pluvial seguido de filtração atende o padrão de reuso.

PALAVRAS-CHAVE: Captação de água pluvial, reuso de efluente, indústria química.

INTRODUÇÃO

O consumo de água por atividade distingue três grandes áreas: a agricultura, maior usuária, seguida pela indústria e as atividades domésticas, estima-se que em 100 anos o consumo para uso industrial passou de 30 km³/ano para 1350 km³/ano (Padilha, 1999).

As indústrias químicas utilizam grande quantidade de água como matéria prima, ou insumo, fluido auxiliar, entre outros (FIESP, 2004), o que implica em um custo financeiro considerável. Tendo em vista a futura cobrança pela captação de água e lançamento de efluentes em mananciais hídricos, um aumento do valor da taxa de consumo, problemas que impulsionam investimentos em desenvolvimento tecnológico na busca de soluções para a ampliação da oferta de água, como a utilização da água de reuso, a captação da água da chuva, além de ações para a eficiente gestão da demanda, reduzindo os índices de perdas e desperdícios (Saulchúk et al, 2006).

Dentre os segmentos usuários da água o setor industrial tem demonstrado grande preocupação em relação ao problema de escassez de água e na busca de alternativas tem evidenciado que pode transformar as exigências legais em vantagens competitivas (FIRJAN, 2006). Assim o reuso e a captação de água pluvial tornam-se alternativas eficazes para reduzir os impactos causados pela indústria além de torná-la fornecedora de sua própria água de consumo diminuindo a quantidade de água potável utilizada.

O conceito mais antigo sobre reuso de água foi idealizado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), onde é definido reuso direto, indireto e reciclagem interna: i) Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável; ii) Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é lançada

nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída; iii) Reciclagem: é o reuso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Segundo Mierzwa & Hespanhol (2003) o reuso para fins industriais pode ser visualizado por diferentes aspectos, conforme as possibilidades existentes no contexto interno ou externo das indústrias. Este autor classifica o reuso industrial nas seguintes modalidades: reuso macroexterno, macrointerno e reuso interno específico ou reciclagem.

Como a utilização da água define o grau de purificação, para que se possa projetar o tipo de tratamento a ser implementado, de forma a alcançar um produto final adequado para reutilização proposta, deve-se também considerar o tamanho das partículas a serem removidas, assim como a sua densidade, temperatura, pH, ações e reações químicas e biológicas, entre outros. Entende-se como tratamento terciário a tecnologia de remoção de impurezas, aplicada após os tratamentos preliminar, primário, secundário. Nesta fase busca-se a remoção de partículas que não foram removidas nos processos anteriores (Nuvolari et al, 2010).

O tratamento terciário é geralmente constituído de unidades de tratamento físico-químico que têm como finalidade a remoção complementar da matéria orgânica e de compostos não biodegradáveis, de nutrientes, de poluentes tóxicos e/ou específicos de metais pesados, de sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes, e de patogenicias por desinfecção dos efluentes tratados. Tem o objetivo de completar o tratamento secundário, sempre que as condições locais exigirem um grau de depuração excepcionalmente elevado. (Nuvolari et al, 2010).

A filtração é um importante processo no tratamento de efluentes, comumente utilizada para a remoção de flocos biológicos residuais em efluentes sedimentados do tratamento secundário, e para remoção de precipitados residuais de sais de metais ou precipitação de fosfatos com cal. A filtração é utilizada como operação de pré-tratamento antes do efluente alimentar as colunas de carvão ativado, por exemplo este processo combina mecanismos físicos e químicos de remoção de sólidos, sendo normalmente usado como uma etapa final, imediatamente antes da desinfecção e da disposição final e ou do reuso. O processo de filtração consiste na passagem do efluente através de leito de material granular para remoção de sólidos, o que exige eventuais lavagens com água em contra corrente para remoção do material retido (Mancuso e Santos, 2009; Filho, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de controle de qualidade de indústria química localizada no estado do Rio grande do Sul - Brasil. As determinações físico-químicas foram realizadas no laboratório da indústria química e parte no laboratório de empresa habilitada junto ao órgão ambiental licenciador do Estado, localizada no município de Porto Alegre-RS.

As coletas das amostras de efluente tratado foram realizadas nos meses de março, abril e maio de 2012. Na coleta foi empregada amostragem composta, durante um período de 3 horas de funcionamento da ETE. Foram coletados na saída do Vertedor Triangular 20 litros de hora em hora compondo uma amostra de 60 litros de efluente tratado. As amostras foram coletadas em duas bombonas plásticas novas, previamente ambientadas com capacidade de 50 litros cada. Estas amostras foram separadas três alíquotas, uma para caracterização físico-química, uma para realização de ensaios de coagulação/floculação/sedimentação e filtração e uma para os testes de diluições.

Para coleta da água da chuva foi utilizada uma bomba diafragma P4 modelo PPAPP/WFS/WF/PTV, marca Wilden para realizar a transferência da tubulação de drenagem para bombonas plásticas novas previamente ambientadas de 50 Litros cada. Uma amostra foi coletada durante os primeiros 30 minutos de precipitação totalizando 50 litros e uma amostra após a primeira hora de precipitação totalizando 50 litros. Das duas amostras foram retiradas alíquotas de 4 litros para realização de ensaios físico-químicos de caracterização da amostra. A Tabela 1 apresenta o cronograma de coleta das amostras de água do efluente e pluvial.

Tabela 1 - Cronograma de coleta das amostras.

AMOSTRA	1.º COLETA	2.º COLETA	3.º COLETA
Efluente Tratado	27/03/2012	09/04/2012	30/05/2012
Água Pluvial	NC*	09/04/2012	30/05/2012

Fonte: Laudos de coleta***NC: Não coletado**

Das amostras coletadas de efluente tratado e água pluvial, após vigorosa agitação foram retirados 20 litros, desta amostra com auxílio de uma proveta graduada de 1000 mL foram separadas as alíquotas e misturadas nas proporções (efluente:água pluvial) 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4, em um segundo frasco de 20 litros novo previamente ambientado. Estas diluições foram submetidas a determinações laboratoriais, ensaios de filtração. A Tabela 2 apresenta as diluições e os ensaios realizados em cada amostra, bem como os volumes utilizados.

Tabela 2 - Diluições realizadas.

Diluição (efluente:água pluvial)	Quantidade de efluente (Litros)	Quantidade de água pluvial (Litros)	Quantidade total de amostra (Litros)
1:1	10	10	20
1:2	7	14	21
1:3	5	15	20
1:4	4	16	20

A amostra de efluente tratado foi submetida a testes de coagulação/floculação/sedimentação e filtração, em dois diferentes filtros, um com camada de areia e outro com camada de carvão ativado.

As amostras diluídas da primeira alíquota foram submetidas a tratamento de coagulação/floculação e sedimentação. A segunda alíquota foi submetida à filtração com areia e a terceira alíquota foi submetida à filtração com carvão ativado.

Os testes de coagulação e floculação foram aplicados na amostra de efluente tratado e nas diluições efetuadas, realizado no laboratório da indústria química empregando-se um *Jar Test* de bancada, Modelo JT102.6, Marca MILAN, com regulador eletrônico de velocidade entre 0 e 180 rpm.

O agente coagulante utilizado foi o policloreto de alumínio – PAC (10% v/v-) o auxiliar de floculação utilizado foi polímero aniônico (0,1% p/v), a velocidade de rotação e o tempo de mistura utilizados nos testes foram adotados segundo aqueles recomendados por Richter (2009). Após as etapas de mistura rápida e lenta, permitiu-se que os flocos formados sedimentassem.

Para realização dos testes de filtração, foram montados sistema piloto de filtração composto por um filtro de carvão ativado. O equipamento para a realização do processo de filtração em nível piloto consistiu em uma coluna de PVC com 51 cm de altura e 6,2 cm de diâmetro contendo o meio filtrante. As colunas com altura útil de 45 cm-totalizando área útil de 1357,9 cm². O material filtrante (carvão ativado) foi retido com auxílio de um tecido filtrante colocado no fundo da coluna.

A coluna de carvão ativado empregou-se uma amostra de 1 Kg BT FX CATIV G carvão ativado granulado de origem vegetal de primeira calcinação, as características do material filtrante estão apresentadas no Anexo I.

Após agitação a amostra foi aplicada no topo da coluna e retirada pelo fundo. Foi utilizada filtragem lenta com taxa de filtração entre 3 a 6m³/m². dia.

As amostras do efluente tratado, da água pluvial e das quatro diluições foram encaminhadas para análise logo após sua coleta, a Tabela 3 apresenta os parâmetros avaliados, as metodologias usadas, assim como o local de análise.

Tabela 3 – Parâmetros avaliados e Metodologia utilizada.

Parâmetros	Laboratório	Metodologia
DQO	Interno TFL	SM 5210D
Sólidos Sedimentáveis	Interno TFL	SM 2540 F
Sólidos Suspensos Totais	Interno TFL	SM 2540 D
Sólidos Dissolvidos Totais	Interno TFL	SM 2540 C
Dureza	Interno TFL	SM 2340 C
Alcalinidade Parcial	Interno TFL	SM 2320 B
Nitrogênio Total	Interno TFL	SM 4500 B -N
DBO ₅ *	Externo	SM 5210 B
Cor Aparente	Externo	SM 2120 B
Turbidez	Externo	SM 2130 B
Cloretos	Externo	SM 4500 CL-C
Cálcio*	Externo	EPA 200.7 – ICP OES
Ferro*	Externo	EPA 200.7 – ICP OES
Magnésio*	Externo	EPA 200.7 – ICP OES
Manganês*	Externo	EPA 200.7 – ICP OES
Coliformes Totais *	Externo	SM 9222 B
Coliformes Termotolerantes*	Externo	SM 9222 D
Contagem de Bactérias heterotróficas*	Externo	SM 9215 D

*** apenas para amostras de efluente tratado e água pluvial**

Fonte: elaborado pelo autor

RESULTADOS

Na avaliação da qualidade requerida para água de processo foi definido, após avaliação de valores máximos, de parâmetros chaves no processo de produção. A partir desta avaliação foi realizada avaliação dos resultados obtidos após os testes realizados.

A amostra de efluente tratado avaliada neste trabalho para reuso direto apresentou características conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização do efluente tratado

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Efluente
Cor Aparente	uH	30	221
Turbidez	UT	10	39,8
Cloretos	mg/L	250	676
Dureza	mg/L	250	289
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	<0,1
DBO ₅	mg/L	5	44
DQO	mg/L	10	156
Cálcio	mg/L	60	76,3
Sólidos suspensos	mg/L	5	2
SDT	mg/L	1000	2502
NTK	mg/L	20	49,9
NA	mg/L	20	44,40
Contagem de bactérias	UFC/mL	Ausência	11800
Coliformes totais	UFC/100mL	Ausência em 100 mL	8400
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Ausência em 100 mL	7200

Devido à alta contaminação biológica, assim como os parâmetros de cor, turbidez, sólidos dissolvidos, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total e cloretos que ultrapassaram os limites definidos para uso no processo produtivo da indústria, conclui-se que os resultados encontrados inviabilizam o reuso direto do efluente tratado.

A água pluvial foi coleta em duas datas, conforme descrito na metodologia, na primeira caracterização foram realizadas duas coletas distintas, uma nos primeiros 30 minutos de precipitação e outra após sessenta minutos de precipitação.

Na primeira verificação realizada foram comparados os resultados de análise da amostra coletada durante os trinta minutos iniciais de precipitação e após uma hora de precipitação. Os valores encontrados na verificação das duas amostras foram comparados entre si e com os padrões de qualidade para reuso. Foram avaliados os parâmetros de alcalinidade parcial, dureza, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total e amoniacal, cloretos, cálcio, magnésio, manganês, ferro, demanda química de oxigênio, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais, coliformes totais, coliformes termotolerantes e contagem de bactérias heterotróficas das duas amostras analisadas comparando-as com os limites do padrão de qualidade definido pela empresa. A Tabela 5 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 5 - Resultados comparativos 30' e 60'

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Pluvial 30'	Pluvial 60'
Cor Aparente	uH	30	344	36
Turbidez	UT	10	51,2	6,48
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	0	0
Cloretos	mg/L	250	74,1	12,6
Manganês	mg/L	10	0,204	0,019
Magnésio	mg/L	0,1	5,32	0,76
Ferro	mg/L	0,1	15,2	1,05
Dureza	mg/L	250	143	18,47
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,3	0,1
DBO ₅	mg/L	5	57	3
DQO	mg/L	10	226,56	9,44
cálcio	mg/L	60	23,4	6,28
Sólidos suspensos	mg/L	5	152	26
SDT	mg/L	1000	608	36
Contagem de bactérias	UFC/mL	Ausência	26600	1770
NTK	mg/L	20	51,83	3,05
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	48,96	0
Coliformes totais	UFC/100mL	Ausência em 100 mL	17900	500
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Ausência em 100 mL	7600	330

A amostra coletada nos trinta minutos iniciais de precipitação não atende os limites de qualidade de reuso para os parâmetros DBO, nitrogênio total e amoniacal, turbidez, ferro, DQO, cor aparente e sólidos suspensos totais. A amostra coletada após os sessenta minutos de precipitação atende todos os limites dos parâmetros analisados exceto para o parâmetro ferro, que apresentou 0,95 mg/L, acima do limite para reuso. Este resultado e os parâmetros biológicos excluem também a amostra coletada após sessenta minutos de precipitação, pois a amostra apresenta resultados acima dos limites de qualidade para reuso definidas pela empresa, o que inviabiliza seu uso.

Avaliou-se que a amostra de água pluvial dos primeiros trinta minutos de precipitação apresenta qualidade muito inferior à amostra de água pluvial coletada após uma hora de precipitação. Este fato pode estar relacionado ao material depositado nos telhados, calhas e pavimentações principalmente pela contribuição das cargas e descargas de produtos químicos realizados na área fabril, que nos minutos iniciais acaba sendo arrastados para a drenagem.

Por apresentar melhores resultados à amostra de água pluvial coletada após os 60 minutos de precipitação foi utilizada nos ensaios de diluição, quanto da primeira data de coleta, quanto para a segunda. As amostras foram caracterizadas em cada coleta.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios realizados na amostra de água pluvial após 60 minutos de precipitação nas duas coletas realizadas (09/04/2012 e 30/05/2012) durante a realização da pesquisa.

Tabela 6 - Resultados da caracterização da amostra de água pluvial após 60 minutos de precipitação

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Pluvial 60' 1.º Coleta	Pluvial 60' 2.º Coleta
Cor Aparente	uH	30	46	61
Turbidez	UT	10	6,48	8,77
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	0	0
Cloretos	mg/L	250	12,6	2,78
Manganês	mg/L	10	0,019	0,017
Magnésio	mg/L	0,1	0,765	0,872
Ferro	mg/L	0,1	1,055	0,533
Dureza	mg/L	250	18,47	19,6
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,3	0,1
DBO ₅	mg/L	5	3	3
DQO	mg/L	10	9,44	0
cálcio	mg/L	60	6,278	6,409
Sólidos suspensos	mg/L	5	26	16
SDT	mg/L	1000	36	44
Contagem de bactérias	UFC/mL	Ausência	1770	83000
NTK	mg/L	20	3,05	6,32
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	0	5,79
Coliformes totais	UFC/100mL	Ausência em 100 mL	500	55000
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Ausência em 100 mL	330	14000

Avaliados os resultados encontrados na caracterização da amostra de água pluvial das coletas realizadas durante a pesquisa observa-se que a água pluvial não pode ser aplicada diretamente no processo produtivo sem tratamento, pois não atende aos padrões de qualidade para cor aparente, ferro, sólidos suspensos totais, e para os parâmetros microbiológicos.

Observa-se que há variabilidade nos resultados principalmente para os parâmetros biológicos avaliados, isto pode estar relacionado ao grande período de estiagem entre a coleta de abril/2012 e de maio/2012 provocando acúmulo de poluentes na drenagem pluvial e ou na área dos telhados.

RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DAS DILUIÇÕES

A avaliação dos resultados para a diluição de 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4 da água da chuva com o efluente tratado, sem nenhum tratamento adicional. As diluições foram realizadas para as duas coletas realizadas (09/04/2012 e 30/05/2012), na amostra pluvial coletada com 60 minutos após o início da chuva.

A Tabela 7 apresenta os resultados da caracterização da diluição 1:1 de efluente com água pluvial dos parâmetros alcalinidade parcial, nitrogênio amoniacal e total, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, turbidez, sólidos dissolvidos totais, demanda química de oxigênio, cor aparente, dureza e cloretos.

Tabela 7 - Resultados da caracterização da amostra diluída 1:1

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Diluída 1:1 1º Coleta	Diluída 1:1 2º Coleta
Cor Aparente	uH	30	126	91
Turbidez	UT	10	18,5	13,3
Cloretos	mg/L	250	311	250
Dureza	mg/L	250	226,3	201,3
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,1	<0,1
DQO	mg/L	10	94,4	90,6
Sólidos suspensos	mg/L	5	5	10
SDT	mg/L	1000	856	1007
NTK	mg/L	20	16,26	33,69
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	8,09	23,16
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	9,87	13,16

A amostra diluída 1:1 da primeira coleta apresentou os parâmetros de turbidez, cor aparente, demanda química de oxigênio e cloretos fora dos limites da qualidade do padrão para reuso, enquanto que na amostra diluída 1:1 da segunda coleta apenas alcalinidade parcial, sólidos sedimentáveis, dureza e cloretos atendem ao padrão de reuso.

A Tabela 8 apresenta os resultados da caracterização da diluição 1:2 de efluente tratado com água pluvial dos parâmetros alcalinidade parcial, nitrogênio amoniacal e total, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, turbidez, sólidos dissolvidos totais, demanda química de oxigênio, cor aparente, dureza e cloretos.

Tabela 8 - Resultados da caracterização da amostra diluída 1:2

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Diluída 1:2 1º Coleta	Diluída 1:2 2º Coleta
Cor Aparente	uH	30	83	92
Turbidez	UT	10	12,1	13,5
Cloretos	mg/L	250	147	183
Dureza	mg/L	250	140,5	152,8
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,2	<0,1
DQO	mg/L	10	94,4	56,88
Sólidos suspensos	mg/L	5	9	4
SDT	mg/L	1000	436	747
NTK	mg/L	20	11,18	23,16
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	6,03	17,37
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	7,52	1,97

A diluição 1:2 da primeira coleta apresentou os parâmetro de sólidos suspensos totais, turbidez, cor aparente, demanda química de oxigênio acima dos limites do padrão de reuso, sendo que a amostra diluída 1:2 da segunda coleta apresentou os parâmetros de nitrogênio total e turbidez, cor aparente, demanda química de oxigênio acima dos limites para qualidade de reuso no processo produtivo.

A Tabela 9 apresenta os resultados da caracterização da diluição 1:3 de efluente com água pluvial dos parâmetros alcalinidade parcial, nitrogênio amoniacal e total, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, turbidez sólidos dissolvidos totais, demanda química de oxigênio, cor aparente, dureza e cloretos.

Tabela 9 - Resultados da caracterização da amostra diluída 1:3

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Diluída 1:3 1º Coleta	Diluída 1:3 2º Coleta
Cor Aparente	uH	30	83	82
Turbidez	UT	10	12,1	12
Cloretos	mg/L	250	85,2	134
Dureza	mg/L	250	118,55	119,7
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,2	<0,1
DQO	mg/L	10	84,96	23,7
Sólidos suspensos	mg/L	5	6	4
SDT	mg/L	1000	436	931
NTK	mg/L	20	9,15	15,79
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	4,33	10,52
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	1,97	3,76

Conforme resultados apresentados na Tabela 12 a amostra diluída 1:3 da primeira coleta apresentou os parâmetros de sólidos suspensos totais, turbidez cor aparente e demanda química de oxigênio fora dos limites da qualidade do padrão para reuso, enquanto que na amostra diluída 1:3 da segunda coleta turbidez, cor aparente e demanda química de oxigênio não atendem ao padrão de reuso.

A Tabela 10 apresenta os resultados da caracterização da diluição 1:4 de efluente com água pluvial dos parâmetros alcalinidade parcial, nitrogênio amoniacal e total, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, turbidez sólidos dissolvidos totais, demanda química de oxigênio, cor aparente, dureza e cloretos.

Tabela 10 - Resultados da caracterização da amostra diluída 1:4

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Diluída 1:4 1º Coleta	Diluída 1:4 2º Coleta
Cor Aparente	uH	30	75	82
Turbidez	UT	10	10,8	12
Cloretos	mg/L	250	79,9	103
Dureza	mg/L	250	98,5	103,85
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,2	<0,1
DQO	mg/L	10	75,52	23,7
Sólidos suspensos	mg/L	5	12	3
SDT	mg/L	1000	436	401
NTK	mg/L	20	7,11	11,58
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	3,81	8,95
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	0	0

Observa-se que a amostra diluída 1:4, Tabela 13, da primeira coleta apresentou os parâmetros de sólidos suspensos totais, turbidez e cor aparente, demanda química de oxigênio fora dos limites da qualidade do padrão para reuso para os parâmetros avaliados, enquanto que na amostra diluída 1:4 da segunda coleta turbidez cor aparente, demanda química de oxigênio fora não atende ao padrão de reuso.

A Tabela 11 apresenta o percentual de redução obtido apenas com a diluição em todos os parâmetros avaliados.

Tabela 11 - Redução da concentração de poluentes com as diluições efetuadas

Parâmetros	Diluição 1:1 Redução (%)	Diluição 1:2 Redução (%)	Diluição 1:3 Redução (%)	Diluição 1:4 Redução (%)
AP	21	54	80	100
NA	47	60	75	78
NTK	34	55	67	75
SST	56	62	71	56
Turbidez	42	53	56	59
SDT	40	62	56	73
DQO	40	51	65	68
Cor Ap.	42	53	56	58
Dureza	49	65	71	76
Cl	28	58	72	77

Após análise de resultados de todas as diluições efetuadas e verificou-se características semelhantes para todas as amostras, visto que a água pluvial e a água do efluente tratado possuem elevada turbidez e cor aparente, avaliou-se que mesmo diluindo as amostras na proporção 1:4 com água pluvial e obtendo com isso 68% de remoção as amostras ainda apresentam altas concentrações de DQO.

O parâmetro de turbidez apresentou redução máxima de 59% e mesmo obtendo este percentual de redução não atendem os padrões estabelecidos no padrão para reuso, que é de 10 NTU.

Assim, nenhuma diluição atende aos padrões de reuso para o processo produtivo, mas esta condição já era esperada visto que a água pluvial captada também não atendeu 100% dos parâmetros avaliados. Porém esta avaliação era importante para determinar quais parâmetros seriam alterados, para então verificar a possibilidade de após as diluições tratar estas amostras em processo físico-químico. Os parâmetros cloretos, dureza, cálcio e sólidos dissolvidos totais após a diluição passaram a atender os padrões de reuso.

RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DAS DILUIÇÕES APÓS ENSAIOS REALIZADOS

Este item apresenta os resultados da caracterização de cor e turbidez das amostras diluídas que foram submetidas a ensaios de filtração com sistema piloto de filtro de carvão ativado.

Inicialmente por questão econômica, avaliou-se os parâmetros de cor e turbidez, caso estes apresentem resultados dentro da qualidade de reuso passa-se a avaliar os demais.

A Tabela 12 apresenta os resultados de cor e turbidez das amostras diluídas 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4, são comparados os valores antes e após o ensaio realizado assim como o percentual de remoção.

Tabela 12 - Resultados obtidos com testes de filtros de carvão ativado

Parâmetros	Cor (U.C)	Remoção (%)	Turbidez (NTU)	Remoção (%)
Diluição 1:1	126		18,5	
Ensaio com filtro de carvão ativado	10	92,1	4,0	78,38
Diluição 1:2	83		12,1	
Ensaio com filtro de carvão ativado	6	92,8	3,0	75,21
Diluição 1:3	83		12,1	
Ensaio com filtro de carvão ativado	5	94,0	2,0	83,47
Diluição 1:4	75		10,8	
Ensaio com filtro de carvão ativado	5	93,3	2,0	81,5

A análise dos resultados apresentados nos ensaios de filtração utilizando carvão como meio filtrante atingiram remoção de 94% para cor aparente e 83,47% para turbidez. Estes valores atendem a qualidade requerida para reuso no processo produtivo em todas as diluições.

Observando os valores de cor e turbidez conclui-se que a remoção que apresentou maior eficiência foi com filtro de carvão ativado, nesta condição uma nova bateria de ensaios de mistura de diluição foi proposto, submetendo todas as diluições novamente a filtração e após caracterizou-se o efluente filtrado conforme item 6.5.

Observado que a cor e turbidez atendem aos padrões de qualidade desejada, foram conduzidos novos ensaios com as amostras diluídas somente aplicando a filtração com filtro de carvão ativado, as amostras diluídas foram então caracterizadas atendendo os demais parâmetros para determinar a qualidade da água para reuso.

A Tabela 13 apresenta os resultados dos parâmetros alcalinidade parcial, nitrogênio amoniacal e total, sólidos sedimentáveis, turbidez, demanda química de oxigênio, cor aparente, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, dureza e cloretos avaliados em cada amostra diluída.

Tabela 13 - Resultado da caracterização das diluição 1:1 após filtração com carvão ativado

Parâmetros	Unidade	Padrão para reuso	Diluição 1:1 Filtrada	Diluição 1:2 Filtrada	Diluição 1:3 Filtrada	Diluição 1:4 Filtrada
Cor Aparente	uH	30	30	26	26	22
Turbidez	UT	10	7,17	8,08	4,99	4,42
Cloretos	mg/L	250	197	161	113	71,5
Dureza	mg/L	250	89,5	74,97	96,92	79,58
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
DQO	mg/L	10	3,76	0	0	0
Sólidos suspensos	mg/L	5	5	3	4	3
SDT	mg/L	1000	969	690	540	399
NTK	mg/L	20	8,13	5,08	3,05	5,08
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	5,08	2,54	0	0
Alcalinidade Parcial	mg/L	125	31,96	20,68	20,68	20,68

O tratamento físico-químico após filtração em filtro com carvão apresentou resultados dentro dos limites estabelecidos para água de reuso para todos os parâmetros analisados, atendendo desta forma a qualidade desejada.

Os parâmetros que não foram definidos limites máximos apesar de serem de grande importância para o setor podem ser avaliados considerando os resultados de acompanhamento do controle de qualidade dos produtos pilotos que serão produzidos com a água filtrada nas duas piores condições de diluição 1:2 e 1:1.

É importante observar que será necessário submeter à água de reuso a um tratamento de desinfecção visto que os resultados para parâmetros microbiológicos apresentam concentrações elevadas, e podem impactar na qualidade dos produtos fabricados.

CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou reunir a captação de água da chuva o reuso do efluente, criando um sistema de circuito fechado sem necessidade de descarte da água de reuso, pois ela passa a ser usada como matéria prima, de maneira que não ocorra à concentração desta no novo efluente gerado, podemos citar que esta pesquisa e sua futura implantação podem ter um marco pioneira na área do segmento da indústria química do setor coureiro.

O tratamento proposto por filtração com carvão ativado para o efluente secundário da ETE avaliada, diluído previamente com água pluvial apresentou resultado satisfatório e apresenta-se como uma proposta viável para o reuso de água na indústria e uma possível solução para a racionalização desse bem e preservação ambiental. As características da água pluvial podem variar devido ao volume de precipitação, espaçamento entre uma e outra precipitação, assim como pela movimentação de cargas e concentração de poluentes dos telhados, calhas e pavimentação. Ainda precisa ser avaliada a característica do efluente final após abastecimento com água de reuso.

Após acompanhamento destas variáveis a implantação do sistema de reuso permitirá obter uma economia anual de consumo de água de abastecimento público em até 100%, o que representaria 12000 m³/ano, dependendo

basicamente dos volumes de precipitação que ainda precisam ser avaliados para que se possa ser apresentados dados mais precisos quanto aos valores de redução.

Além disso, o sistema proporcionará a redução do volume de efluente lançado no corpo receptor, em aproximadamente 15m³/ dia, possibilitando a redução do número de parâmetros monitorados e sua frequência ou ainda a liberação do sistema de auto monitoramento (SISAUTO), gerando também retorno financeiro.

O tema de reuso de água no Brasil, ainda é pouco explorado e não existe regulamentação específica, estando ainda em fase inicial de formulação de propostas de resoluções legais, a finalidade da discussão é estimular a reflexão e análise do assunto, possibilitando fornecer subsídios para agregar considerações a propostas de trabalho e/ou de instrumentos legais, apresentando alternativas que agreguem valor econômico e que estimulem as indústrias a acreditarem que não existe alternativa viável do que o caminho sustentável no consumo.

A tendência atual é de se considerar a água residuária tratada como um recurso hídrico a ser utilizado para diversos fins, apostando que em um futuro muito próximo seja definida no Município de São Leopoldo a cobrança pela captação, e pelo lançamento de efluentes no Rio dos Sinos conforme já menciona a Lei Municipal, incluindo a sobre taxaçaõ da água de abastecimento no uso Industrial. A utilização da água de reuso significa um aumento na oferta de água para vários fins, liberando os recursos hídricos disponíveis para utilização em outros usos onde há maior exigência de qualidade, tais como o abastecimento humano assim como a disponibilidade de recurso natural para questões de futuro como o aumento da produtividade e a competitividade no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FILHO, Adão Silva. *Tratamento terciário de efluente de uma indústria de refrigerantes visando ao reuso – Um estudo de caso*. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2009.
2. FIRJAN- Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. *Manual de conservação e reuso da água nas indústrias*. Rio de Janeiro, RJ: DIM, 2006.
3. FIESP- Federação das Indústrias Do Estado de São Paulo. *Conservação e reuso da água: manual de orientações para o setor industrial*. v. 1. 2004. Disponível em:
4. <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2011.
5. MIERZWA, J. Carlos.; ESPANHOL Ivanildo. *Água na Indústria - uso racional e reuso*. ABES. 2003.
6. MUSTAFA, S. George. *Reutilização de Efluentes Líquidos em Indústria Petroquímica*. (Tese mestrado) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.Salvador, Bahia. 1998.
7. NUVOLARI, Ariovaldo et al. *Reuso da Água: Conceitos, teorias e Práticas*. 2ª edição. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP, 2010.
8. PADILLA, W. El uso de la fertirrigação em cultivos de flores en latinoamericana. In: *Fertirrigação: citros, flores, hortaliças*. FOLLEGATI, M.V. (coord.) Guaíba – RS. Agropecuária, 355-392 p., 1999.
9. SABESP. *Coleta e Transporte de efluentes: Tratamento Metropolitano*. Disponível em: [www.sabesp.com.br/O que Fazemos/](http://www.sabesp.com.br/O_que_Fazemos/) acessado em 12/09/ 2011.
10. SAULCHÚK, Carla A. et al. *Manual de conservação e reuso de água para a indústria*. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>. Acessado em 10.08.2011.
11. VON SPERLING, M. *Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das e ao tratamento de esgotos*. V.1. Belo Horizonte: ABES, 1995.
12. WHO- World health Organization. *Guidelines for the safe use of wastewater, Excreta and Greywater; Vol. 2. wastewater use in agriculture*. Vol 2. wastewater and excreta use in aquaculture, Genebra, suíça:2006.
13. U.S. EPA United States Environmental Protection Agency (2004), *Guidelines for water reuse*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, EUA. Disponível em:<<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/smallsystems/pubs/625r04108.pdf>>. Acesso em 07 de abril de 2012.