



## TRATAMENTO DE EFLUENTE DE MARMORARIA COM DECANTADOR VERTICAL EM ESCALA PILOTO: A INFLUÊNCIA DO TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (TDH)

**Jaqueline Nicolodi Camera** – e-mail - jaquecamera@hotmail.com

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, aluna de Engenharia Química  
Rua Bento Golçalves, 598  
CEP – 99010-010 – Passo Fundo – RS

**Denise Kolling** – e-mail – denikolli@hotmail.com

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura aluna de Engenharia Química

**Thiago Diehl** – e-mail – thiagodiehl@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura aluno de Pós Graduação em Projeto e Processos de Fabricação.

**Marcelo Hemkemeier** – marceloh@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura.

**Resumo:** A indústria do mármore e granito, fonte de riqueza e trabalho para o Brasil, enfrenta o problema da geração de grande quantidade de resíduos e de um inadequado gerenciamento da água. O acabamento final, a produção de peças e outros serviços desenvolvidos por empresas denominadas marmorarias, geram resíduo líquido, resultante do uso da água no processo de umidificação do corte e polimento das rochas. Esses processos geram uma quantidade de efluente preocupante se lançado diretamente no meio ambiente, podendo causar sérios danos ambientais. Este trabalho apresenta o estudo realizado com efluente bruto de uma indústria de mármore de Passo Fundo – RS, utilizando um decantador vertical construído para laboratório. Variou-se os Tempos de Detenção Hidráulica (TDH), sendo eles de 1h, 2h, 4h e 8h. Os parâmetros utilizados para a caracterização do efluente foram a turbidez, a cor, os Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Totais (ST), Sólidos Sedimentáveis e o pH. O aumento de TDH melhorou a remoção de todos os parâmetros. As maiores eficiências de remoção foram de 85,44% para os SS e de 82,09% de remoção para os ST, com 8h de TDH. Os sólidos sedimentáveis foram removidos abaixo de 1,0 mL/L em todas os TDH, tendo em média uma eficiência de remoção de 98,16%. O decantador piloto mostrou-se eficiente com a relação de remoção de sólidos por área de decantação, contudo, o efluente tratado necessita tratamento complementar para atingir padrões de reuso, conforme normas pesquisadas.

**Palavras-chave:** Sedimentação; Processamento de mármore e granitos; Remoção de sólidos.

## MARBLE OF WASTEWATER TREATMENT WITH SCALE PILOT VERTICAL DECANTER: THE INFLUENCE OF HYDRAULIC DETENTION TIME (HDT)

**Abstract:** *The marble and granite industry, a source of wealth and work for Brazil, faces the problem of the generation of large amounts of waste and inadequate water management. The final finish, the production of parts and other services developed by companies called marble shops, generate liquid waste resulting from use of the water in the humidification cutting process and polishing rocks. These processes generate a number of disturbing effluent is released directly into the environment, may cause serious environmental damage. This paper presents the study of raw wastewater from a marble industry of Passo Fundo - RS, using a vertical decanter built laboratory. It was varied the hydraulic retention times (HRT), being 1h, 2h, 4h and 8h. The parameters used to characterize the effluent were turbidity, color, suspended solids (SS), total solids (TS), sedimentable solids and pH. The increase in HDT improved removal of all parameters. The higher removal efficiencies were 85.44% for the SS, and 82.09% removal for ST with TDH 8h. The sedimented solids were removed under 1.0 mL /L in all TDH having an average removal efficiency of 98.16%. The pilot decanter was efficient with the solids removal ratio by decanting area, however, the treated effluent requires additional treatment to achieve reuse patterns, as researched standards.*

**Keywords:** *Sedimentation; Marble and granite processing; Removal of solids.*

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande reservatório de água do mundo, tem a maior reserva hidrológica do planeta – 11,6 % da água doce disponível esta no Brasil, que perfazem 53% dos recursos hídricos da América do Sul. Infelizmente essa água é mal distribuída, 80% concentram-se na Amazônia, onde vivem apenas 5% dos habitantes do país, e os 20% restantes abastecem 95% dos brasileiros (ANA, 2016).

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo maior atenção às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades (LAGEMANN, 2011).

O Brasil produz cerca de 500 variedades comerciais de rochas, entre granitos, mármore, ardósias, quartzitos, pedra sabão e basaltos. O granito corresponde por cerca de 60% da produção brasileira, enquanto 20% são relativos a mármore (PACHECO, 2010).

Tendo em vista a necessidade de racionalização do uso da água, em função de sua disponibilidade, entende-se que os processos das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais, bem como demais empreendimentos, devem ser trabalhados continuamente para a manutenção deste recurso, pois isto representa economia de custos ambiental e para o próprio processo produtivo da empresa (DIEHL, 2015).

As indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais operam com três processos básicos dependentes do uso da água: desdobramento dos blocos, polimento e acabamento das chapas. Esses processos utilizam um grande volume do recurso hídrico (DIEHL, 2015).

A indústria de mármore e granito é de grande importância para o comércio brasileiro. No entanto, os métodos de extração e acabamento podem gerar impactos ambientais consideráveis. O efluente e os resíduos sólidos estão entre os principais impactos, por muitas vezes não ter uma destinação correta (LAGEMANN, 2011).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de um decantador convencional construído para laboratório, variando os TDH, para a decantação do efluente de uma indústria de mármore de Passo Fundo- RS.

## 1.1. Rochas Ornamentais

As rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento, lustro, etc. Seus principais campos de aplicação incluem tanto peças isoladas, como esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, lápides e arte funerária em geral, quanto edificações, destacando-se, nesse caso, os revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, colunas, soleiras, etc (ABIROCHAS, 2016).

A classificação conforme o mercado de tipos de rochas ornamentais são basicamente subdivididas em mármore e granitos: como mármore enquadram-se as rochas carbonáticas, enquanto os granitos englobam as rochas silicáticas (DIEHL, 2015).

### *Granito*

Os granitos são constituídos por cristais de feldspato, plagioclásio, quartzo e mica, sendo estes os minerais essenciais, ocorrendo em algumas variações à presença de anfibólio e piroxênio. As variações de constituintes de mineralogia geram resultados nas cores e texturas das rochas (TASAICO, 2007).

A textura granulada é a principal característica visual do granito, ele não risca em contato com metal, sendo que essas características se devem à presença dos cristais na composição. Não é tão sensível ao contato com agentes químicos. As colorações mais comuns são cinza, rosado, avermelhado, branco, preto, marrom, amarelo, verde, azul e multicolorido. A pedra tem dureza, na escala Mohs, entre seis e sete (ABIROCHAS, 2016).

### *Mármore*

O mármore é uma rocha metamórfica proveniente do calcário. Este tipo de rocha contém mais de 50% de calcita e/ou dolomita, ou seja, são formadas a partir do metamorfismo de calcários (rochas sedimentares compostas principalmente de calcita) e dolomitas (rochas também sedimentares formadas, sobretudo carbonato de cálcio e magnésio). Apresenta estrutura maciça e granulação variada. Recebe o nome de rocha metamórfica porque é formada a partir da transformação físico-química sofrida pelo calcário a altas temperaturas e pressão (PACHECO, 2010).

O grau metamórfico juntamente com a composição química do mineral é que moldam a rocha dando variadas cores e texturas. Dependendo da composição de seus minerais, pode apresentar as cores: branca, rosada, esverdeada, preta entre outras. Esta diferenciação é definida pela presença de minerais como o talco, anfibólio, piroxênios, olivina entre outros (PACHECO, 2010).

### *Granito x Mármore*

Mármore são formados por Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e substâncias estranhas. Têm veios mais evidentes e menos brilho que os granitos. São mais moles e menos resistentes que os granitos. São suscetíveis a manchas e desgaste. Indicados para pisos internos de salas, halls e quartos. Muito usados em banheiros e demais ambientes sociais (LAGEMANN, 2011).

Granitos são formados por mica, quartzo, feldspato e substâncias estranhas. São mais duros e resistentes a ataques químicos do que os mármore. Mais resistentes as absorções de água e a desgaste abrasivo. Indicados para áreas externas ou internas, inclusive em cozinhas e lavanderias (LAGEMANN, 2011).



## 1.2. Decantadores

Atualmente encontramos diversos procedimentos para o tratamento de água e efluentes, um deles é o sistema de decantação/sedimentação. É um processo físico que tende em separar partículas sólidas em suspensão da água, por ação da gravidade. Os flocos de sujeira mais pesados ficam depositados no fundo dos tanques, separando-se da água (RICHTER, 2009).

Os tanques de decantação podem ser retangulares ou circulares e apresentam vários tipos de sistemas. Sendo assim é possível encontrar três tipos de decantadores: os convencionais, os de alta taxa e os centrífugo. Os convencionais são mais antigos e comuns e demandam de certa área de aplicação. Para esses, normalmente são aplicados sistemas mecânicos de remoção do lodo. Os de alta taxa são aqueles que necessitam de superfícies inclinadas de decantação, reduzindo a área de aplicação. No caso dos centrífugos, aceleram o processo por meio do movimento tangencial forçando a decantação do elemento mais denso (DIEHL, 2015).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Local da pesquisa

A parte experimental foi realizada nos laboratórios de Tratamento de Efluentes do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo/ Campus I.

### 2.2. Coleta e caracterização do efluente

O efluente utilizado para a pesquisa foi coletado na entrada do decantador primário, da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uma marmoraria localizada no município de Passo Fundo – RS. A ETE realiza apenas o processo de decantação por gravidade sem a adição de coagulantes químicos.

Os parâmetros utilizados para a caracterização do efluente da marmoraria foram: turbidez, cor, SS, ST, sólidos sedimentáveis e pH.

### 2.3. Delineamento experimental

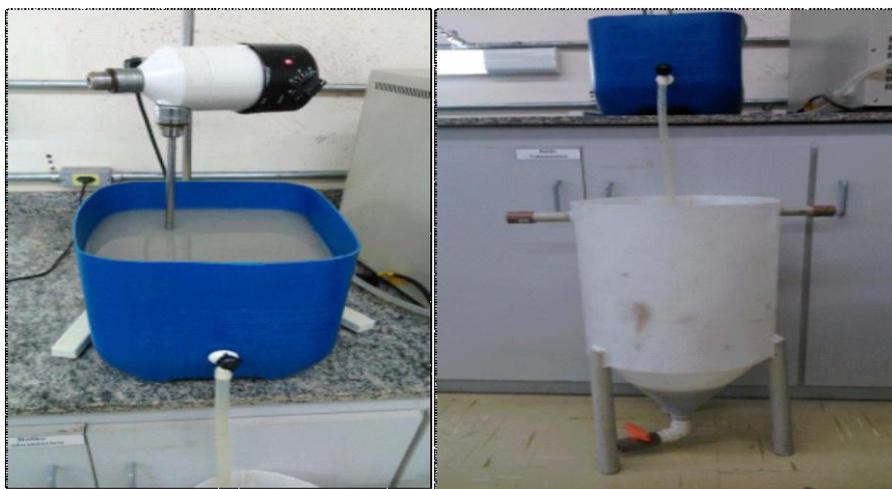
Um decantador vertical convencional com capacidade de 30L foi dimensionado por Diehl (2015) e construído em chapa plástica branca pela empresa PlaSul Pipas de Tapejara – RS. Ele dispõe de sistema de entrada central de efluente, saída lateral para o efluente tratado e válvula de fundo para descarte do lodo.

Os ensaios de laboratório foram realizados variando a vazão de entrada de efluente bruto da marmoraria da seguinte forma:

- a) 30L/h (TDH = 1h);
- b) 15L/h (TDH = 2h);
- c) 7,5 L/h (TDH = 4h);
- d) 3,75L/h (TDH = 8h).

Antes de entrar no decantador piloto, o efluente foi homogeneizado por agitador. Quando o nível do tanque de homogeneização atingia 50% de sua capacidade, o efluente era repostado, tornando constante a alimentação durante o processo de decantação. Na figura 1 podemos ver a etapa do processo de decantação em laboratório.

Figura 1: Homogeneizador e Decantador em laboratório.



Fonte: DIEHL, 2015.

Após as decantações com vazão controlada, eram coletados 2 L do efluente decantado, e 2 L do efluente bruto, a cada TDH. Em seguida eram realizados os ensaios analíticos para a caracterização.

#### 2.4. Determinações analíticas

##### *Sólidos Suspensos (SS)*

Para determinação dos SS, foram efetuadas análises gravimétricas, por filtração com papel filtro e bomba a vácuo (APHA, 2005).

##### *Sólidos Totais (ST)*

Os ST foram determinados pela quantidade de sólidos que permanece após evaporar o líquido a 105°C (APHA, 2005).

##### *Sólidos Sedimentáveis*

Os sólidos sedimentáveis foram determinados pela quantidade de sólidos que sedimentam em um cone Imhoff em uma hora, sendo expressado em  $\text{ml L}^{-1}$ . São aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade (APHA, 2005).

##### *pH*

A análise de pH foi determinada por método eletrométrico (APHA, 2005).

##### *Cor*

A quantificação da cor do efluente foi feita por método colorimétrico, utilizando espectrofotômetro de marca MERCK modelo SQ 118 (APHA, 2005).

## Turbidez

A turbidez do efluente foi quantificada pelo método colorimétrico com turbidímetro portátil da marca QUIMIS modelo 0279 P (APHA, 2005).

## 3. RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 3.1. Legislações

A Resolução CONSEMA nº 128/2006, dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. A Resolução CONAMA nº 357/2011, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Segundo estas Resoluções, os efluentes líquidos somente podem ser lançados no corpo receptor se atenderem os padrões de emissão demonstrados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Parâmetros permitidos pela Resolução CONSEMA nº 128/2006.

PARÂMETROS	LIMITES MÁXIMOS
Sólidos Suspensos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	180
Sólidos Sedimentáveis ( $\text{ml L}^{-1}$ )	1
pH	6,0 – 9,0
Cor	Não deve alterar o corpo receptor

Tabela 2: Parâmetros permitidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

PARÂMETROS	LIMITES MÁXIMOS
Sólidos Totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	500
Turbidez (NTU)	40

### 3.2. Efluente Bruto x Efluente Decantado em Laboratório

A marmoraria processa aproximadamente  $30 \text{ m}^2$  de pedras ornamentais de diversos tipos, tamanhos e formas por dia. O efluente gerado por esse processamento é coletado através de canaletas existentes no chão da fábrica que conduzem até a ETE.

Como a produção não é constante, há uma grande variação na vazão do efluente na alimentação da ETE, não há padrão de dimensionamento para cada tanque de decantação, o que somado à variação da vazão dificulta a estimativa do TDH da ETE.

Os resultados obtidos com a decantação controlada em laboratório podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação dos parâmetros com decantação controlada.

Parâmetros	Eficiências (%) com diferentes TDH (h)			
	1	2	4	8
Cor	25,65	26,41	30,65	47,78
Turbidez	32,13	43,56	45,14	57,93
SS	75,69	83,95	84,75	85,44
Sólidos Sedimentáveis	>96,00	>97,75	>98,57	>98,33
ST	76,96	80,47	80,78	82,09

A análise dos resultados para os experimentos com diferentes TDH apresentados na Tabela 3 mostrou que todos os parâmetros analisados melhoraram com o aumento do tempo de decantação, assim como observado por Lagemann (2011), que após o tratamento por decantação de 2h do efluente, atingiu uma eficiência de remoção de 97,30% para o parâmetro de SS. Com as diferenças nas características dos efluentes brutos das diferentes marmorarias, as características dos sólidos em suspensão parecem não mudar e são removidos de forma eficiente pelo sistema de decantação.

Segundo Diehl (2015), a eficiência da ETE da marmoraria é satisfatória para o tratamento do efluente em questão. O decantador piloto apresentou maior eficiência na remoção de SS, o que indica que tanques de decantação bem projetados podem ocupar menor espaço físico, obtendo eficiência igual ou superior à tanques de maiores dimensões como o caso da marmoraria estudada. As menores eficiências observadas na decantação em laboratório podem ser atribuídas as partículas de menores densidade que precisariam de maiores tempos de decantação, conforme observado por Lagemann (2011).

Conforme Diehl (2015), o efluente bruto é constituído por sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e apresenta elevada turbidez. A turbidez é um parâmetro indicador da possível presença de matéria sólida em suspensão e substâncias orgânicas ou inorgânicas no efluente, dado compatível com o parâmetro de SS. A qualidade do efluente bruto e a qualidade do efluente tratado da marmoraria apresentam variações. A variação no efluente bruto pode ser atribuída à variabilidade do processo produtivo da marmoraria, já a variação dos parâmetros do efluente tratado pode ser atribuído à falta de manutenção dos sólidos separados nos decantadores e/ou às variações de vazões não comportadas pelos decantadores existentes.

Pode-se atribuir esta variação entre os parâmetros do efluente bruto das marmorarias pesquisadas por Zorzo (2012) e Lagemann (2011), ao volume de produção de cada empresa, ao tipo de pedra que se processa e a eficiência da captação do efluente pelo sistema interno de canaletas desenvolvidos pelas empresas.

### **Remoção de SS e ST**

As Figuras 2 e 3 apresentam as eficiências de remoção dos SS e ST obtidas em cada um dos tempos analisados nos experimentos.

Figura 2: Remoção de SS nos tempos dos experimentos.

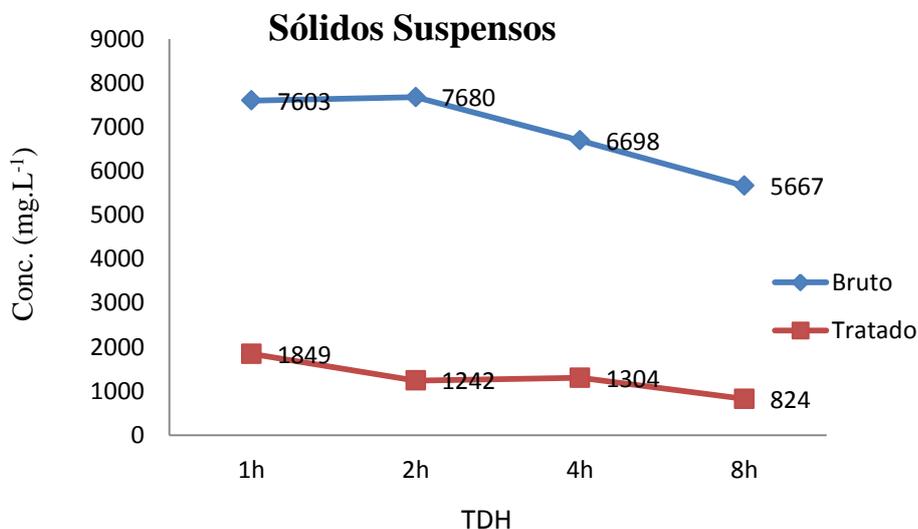
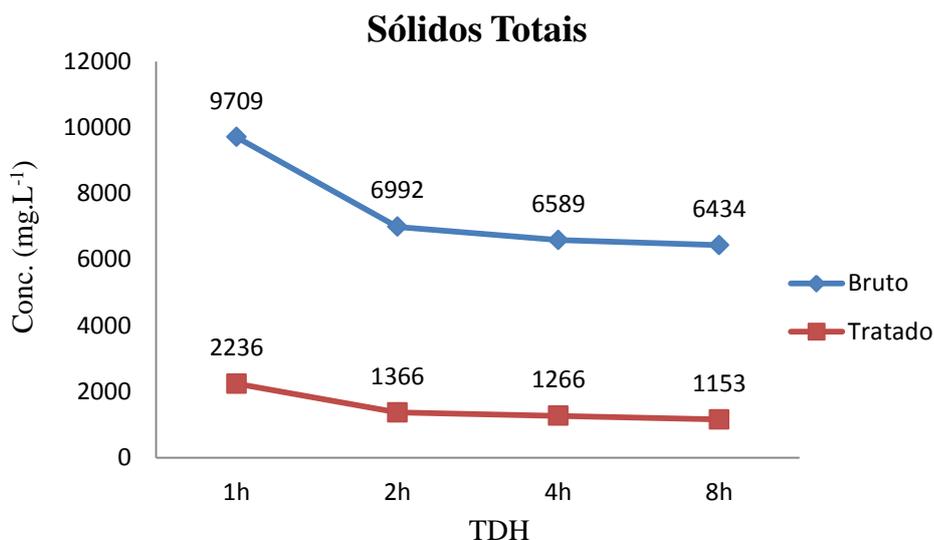


Figura 3: Remoção de ST nos tempos dos experimentos.



Conforme as Figuras 2 e 3, e Tabela 3 acima, pode-se observar que houve diminuição de todos os sólidos analisados no efluente após os experimentos, ocorrendo uma eficiência crescente aos diferentes TDH. A eficiência máxima para SS foi de 85,44% e para ST 82,09%, com TDH de 8h.

Para os sólidos sedimentáveis houve grande diminuição após as decantações, comparado com o efluente bruto, principalmente com TDH de 2h, 4h e 8h, obtendo uma quantidade de sólidos menor que 0,1 ml L<sup>-1</sup>, tendo uma média de eficiência superior a 98,0%. Para Lagemann (2011), com tempos de detenção de 2h e 6h, também ocorreu uma sedimentação com características semelhantes, atendendo o valor permitido pela Resolução Consemma 128/2006.

Esta decantação para os sólidos analisados pode-se dar pela morfologia das partículas do sólido. Segundo Diehl (2015), a partir da análise realizada pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), foi possível perceber que o material possui uma granulometria bem variada, possui partículas de tamanhos variados, sendo possível observar grãos de dimensões acima de 35 µm e grãos de dimensões menores que 1 µm. A variação no tamanho dos grãos é muito bem distribuídos ao longo da

amostra, fazendo com que alguns sólidos decantem facilmente e outros ficando suspensos no efluente, sendo assim, responsáveis parcialmente pela elevada cor e turbidez.

As concentrações dos SS e ST não são satisfatórias comparadas com os valores permitidos pelas legislações para lançamento em corpo hídrico. Segundo Diehl (2015), ao combinar os processos de decantação com TDH de 3h e microfiltração, esses parâmetros são facilmente atingidos, podendo ser feito o reuso do efluente.

### Remoção de Cor e turbidez

As Figuras 4 e 5 apresentam as eficiências de remoção de cor e turbidez obtidas em cada um dos tempos analisados nos experimentos.

Figura 4: Remoção de cor nos tempos dos experimentos.

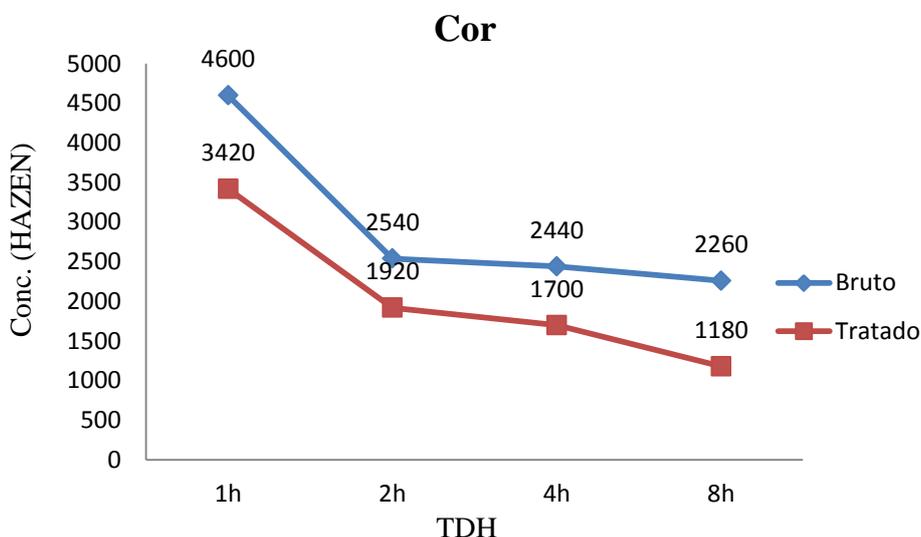
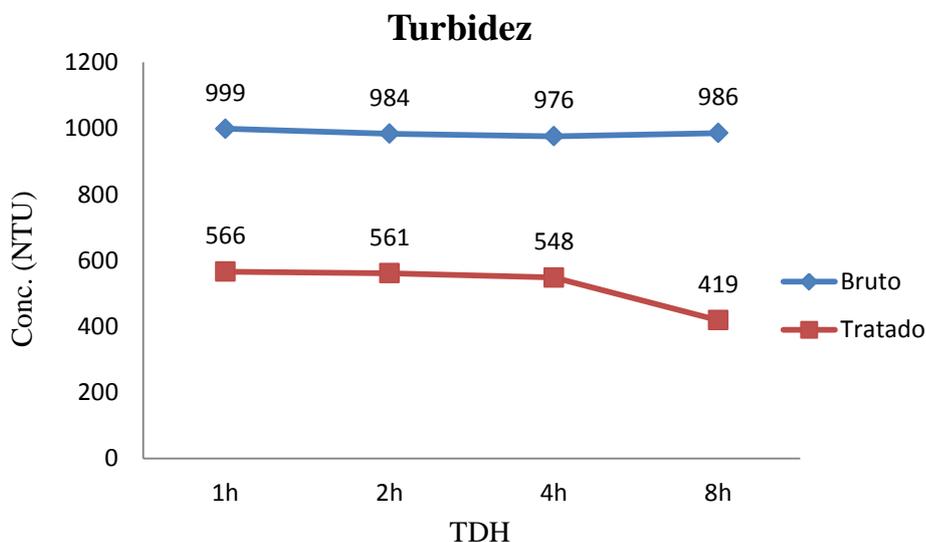


Figura 5: Remoção de turbidez nos tempos dos experimentos.





Os parâmetros cor e turbidez são indicadores da possível presença de matéria sólida em suspensão e substâncias orgânicas ou inorgânicas no efluente. Ambos obtiveram eficiência crescente ao longo dos diferentes TDH, mostrando-se uma remoção maior no TDH de 8h, devido ao fato de o efluente permanecer por mais tempo em decantação, porém não atendendo os valores permitidos.

A granulometria das partículas do sólido do efluente, estudadas por Diehl (2015), por apresentarem tamanhos de até 1 µm, podem influenciar na elevada cor e turbidez do efluente após as decantações, explicando os resultados obtidos.

Segundo Fabris (2012), quando analisados tempos de sedimentação maiores, pode-se haver um aumento na remoção de SS, e posterior uma maior remoção de cor e turbidez. A utilização do processo físico-químico para o tratamento desse efluente apresentou valores superiores à 97% de remoção dos sólidos, diminuindo assim a turbidez e cor, dando condição para o reuso desta água. Este tipo de complementação também poderia ser utilizado para melhorar a qualidade de efluente para o reuso.

### *pH*

O pH não sofreu alterações significativas devido ao fato de ser o mesmo efluente durante todos os experimentos. Está dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução do CONSEMA nº 128/2006, estando em torno de 8, tanto para o efluente bruto quanto para o efluente decantado.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho possibilitou comprovar a eficiência da decantação utilizando o decantador piloto com diferentes TDH. O aumento do TDH melhorou a remoção de todos os parâmetros, principalmente dos sólidos presentes no efluente, mas ainda não é suficiente para obter uma qualidade satisfatória para possível reuso ou lançamento em corpo hídrico, fazendo-se necessário algum outro tratamento após as decantações.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Biblioteca Virtual**. Disponível em <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/> Acesso em: 05 maio 2016.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 21. ed. New York. McGraw Hill, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (ABIROCHAS). **Conheça as rochas ornamentais**. Disponível em [http://www.abirochas.com.br/rochas\\_ornamentais\\_01.php](http://www.abirochas.com.br/rochas_ornamentais_01.php) Acesso em: 05 maio 2016.

DIEHL, T. **Microfiltração para tratamento e reuso de efluente de marmoraria**. Passo Fundo, 71p., 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Passo Fundo.

FABRIS, E. **Reuso de Efluente de Marmoraria através da remoção de sólidos por processos físico e físico químico**. Passo Fundo, 48 p., 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo

LAGEMANN, F. E. H. **Reuso de efluente de marmoraria: Estudo e proposta de modificação do sistema de tratamento de efluentes**. Passo Fundo, 51 p., 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo.

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



PACHECO, C. P. **Mármore e Granito**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

RICHTER, A. C. **Água**: métodos e tecnologia de tratamento – São Paulo: Blucher, 2009. 340 p.

TASAICO, D. **Desenvolvimento de Processos Compactos para o Tratamento das Águas Residuárias da Indústria do Mármore e Granito**. Vitória, 2007.

ZORZO, M. E; **Hidrociclone na remoção de sólidos suspensos de efluente de marmoraria**: Passo Fundo, 51 p., 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo.

REALIZAÇÃO



CORREALIZAÇÃO



INFORMAÇÕES

abes-rs@abes-rs.org.br  
51 3212.1375