



## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

### REFLEXO DA CALIBRAÇÃO DE PICNÔMETRO NA PRODUÇÃO DE SÓLIDOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

Douglas da Silva Tristão<sup>1</sup>; Alexandre de Faria Lima<sup>2</sup>  
1, 2 UNIUBE

[douglas.stristao@gmail.com](mailto:douglas.stristao@gmail.com)  
[alexandredefarialima@gmail.com](mailto:alexandredefarialima@gmail.com)

#### Resumo

Pensando na reutilização de recursos a partir de dados científicos e não empíricos, promoveu-se o estudo comparativo dos diferentes resultados obtidos quando calibrado e quando não calibrado um picnômetro na determinação das densidades de suspensões provenientes de efluentes de uma fábrica de tintas em dois momentos distintos, sendo o primeiro derivado diretamente do processo e o segundo, da lavagem do chão de fábrica. O erro encontrado após a calibração propagou-se de maneira inalteradamente igual do laboratório para o processo em questão, tendo valor de 0,274% negativo em relação a diferença da concentração de descarte, da taxa e do fluxo mássico de sólidos, grandezas essas que se apresentaram numericamente baixas se comparadas a de outras indústrias, isso pelo fato do processo em si possuir vazão de entrada no tanque sedimentador de apenas 5 m<sup>3</sup>/dia. Para todas essas avaliações necessitaram-se ainda realizar testes de sedimentação em provetas aplicando-se o método de Talmadge-Fitch, que teve como suporte uso e programação do software MS Excel 2010 ® para a plotagem dos gráficos e leitura dos valores inerentes aos cálculos das etapas de sedimentação. Ao fim, percebeu-se que em percentual a variação quando há e quando não há a calibração do picnômetro é pequena dentro do processo, porém, isso não significa que seja irrelevante. Já numericamente a diferença pode atingir valores grandes por estarem vinculados ao tamanho do processo analisado.

**Palavras-chave:** Picnômetro; Calibração; Tratamento de efluentes.

#### 1 Introdução

Muitas vezes a falta de cuidado aos detalhes podem levar a diferentes resultados em um processo industrial depois que a escala é ampliada. A calibração de instrumentos e vidrarias em laboratórios pilotos ou de qualidade deve ser realizada a fim de evitar essa propagação, resultados indesejáveis e o uso de recursos de forma incorreta. Por isso há necessidade de muitas vezes se utilizar coeficientes de correção (INMETRO, 2011). Os tratamentos de efluentes de uma indústria além de ser indispensável a ela contribui muito para que a população em torno dela não sofra consequências como contaminação da água ou sua escassez, assim como do meio em geral (BORGES, 2015).

Como muitas empresas que trabalham com agitação e mistura de sólidos em líquidos, as fábricas de tintas descartam efluentes ricos em sólidos suspensos, que podem ser separados por sedimentação. Entretanto, o dimensionamento de tanques sedimentadores necessita de simulações laboratoriais para se conhecer, em primeira estância, as características físico-químicas das suspensões. O picnômetro consiste num corpo de volume preciso e constante a certa temperatura e que possibilita determinar, em bancada, a densidade de corpos líquidos, de alguns sólidos e suspensões sólido-líquidas. Agora para a compreensão do comportamento das

[www.uniube.br/entec](http://www.uniube.br/entec) - UNIUBE Campus Aeroporto – Uberaba/MG



## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

mesmas em uma etapa de separação podem ser aplicadas análises através de métodos gráficos, como o de Talmadge-Fitch, o que permite extrair dados pertinentes a concentração final para o descarte dos efluentes (FOUST *et al.*, 2010).

Dessa forma este trabalho objetiva comparar a influência de valores obtidos na simulação do processo de sedimentação de efluente industrial quando se calibra e quando não se calibra o picnômetro utilizado na caracterização das suspensões que seguem para o sedimentador.

### 2 Materiais e Métodos

O estudo se baseou em testes com duas diferentes suspensões sólido-líquidas, sendo a suspensão A proveniente da corrente comum diária do efluente de produção de tintas e a B do efluente da lavagem do chão de fábrica da mesma indústria.

Procedeu-se a calibração do picnômetro de volume nominal de 100 cm<sup>3</sup>, quando a 20 °C, utilizando-se água destilada, de forma a se monitorar a temperatura com termômetro.

Uma vez conhecido o volume de cada suspensão procedeu-se a secagem em estufa da amostra de cada uma, encontrando-se as concentrações pela variação de massa.

Simularam-se o processo de sedimentação dos efluentes em escala laboratorial com uso de provetas, cronômetro e régua graduada, sendo o método gráfico e matemático aplicado conhecido como de Talmadge-Fitch, conforme proposto por Foust *et al.* (2010).

Por meio do *software* MS Excel 2010 ® projetaram-se os gráficos de sedimentação que permitiram comparar as dispersões existentes, com e sem a calibração do picnômetro, no processo.

### 3 Resultados

A calibração do picnômetro se deu em temperatura igual a 24,2 °C, sendo a densidade da água para tal condição igual a 0,99715 cm<sup>3</sup>, conforme Mazali (2015).

A Tabela 1 apresenta os dados durante a calibração do picnômetro utilizado.

**Fonte:** Do autor (2015).

**Tabela 1:** Calibração do picnômetro.

Mp [g]	Ma + Mp [g]	Ma [g]	Vp [cm <sup>3</sup> ]	Vm [cm <sup>3</sup> ]
<b>Suspensão A</b>				
212,025	312,014	99,989	100,275	
212,025	312,016	99,991	100,277	100,275
212,026	312,014	99,988	100,274	
<b>Suspensão B</b>				
212,025	312,014	99,989	100,275	
212,026	312,014	99,988	100,274	100,274
212,025	312,014	99,989	100,275	

**Ma** = massa de água;

**Mp** = massa do picnômetro;

**Vm** = volume real médio do picnômetro;

**Vp** = volume real do picnômetro.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para as concentrações e densidades das diferentes suspensões considerando tanto o volume nominal quanto o volume real médio do picnômetro quando ambas se mostraram em equilíbrio térmico de 24,2 °C, mesma temperatura para calibração do instrumento.

**Fonte:** Do autor (2015).

**Tabela 2:** Concentrações e densidades das suspensões.

<b>Suspensão A</b>			
Var	Vn	Vm	*%
<b>d</b> [kg/m <sup>3</sup> ]	1087,250	1084,267	-0,274%
<b>Conc</b> [kg/m <sup>3</sup> ]	130,139	129,782	-0,274%
<b>Suspensão B</b>			

**9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015**

Var	Vn	Vm	*%
<b>d</b> [kg/m <sup>3</sup> ]	1127,800	1124,713	-0,274%
<b>Conc</b> [kg/m <sup>3</sup> ]	196,097	195,560	-0,274%

**Conc** = concentração calculada;

**d** = densidade;

**Susp** = suspensão;

**Var** = variável;

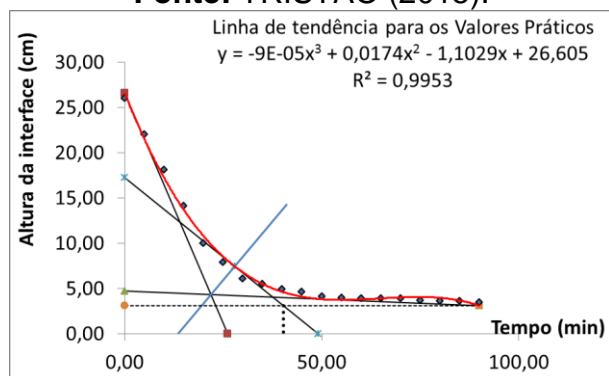
**Vm** = volume real médio do picnômetro;

**Vn** = volume nominal do picnômetro;

$$*% = (Vm - Vn) * 100\% / Vn$$

A Figura 1 apresenta os resultados do teste de sedimentação em proveta pelo método de Talmadge-Fitch para a suspensão A.

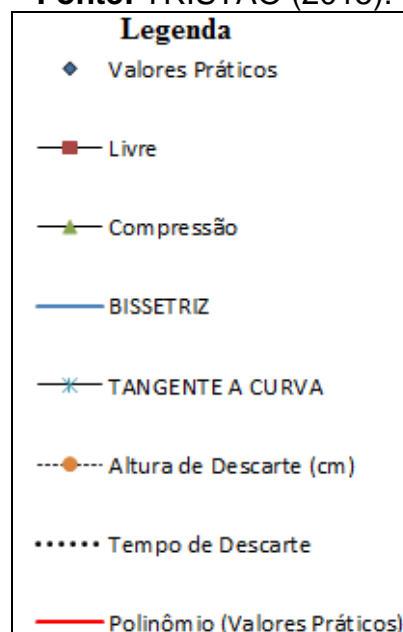
**Figura 1:** Teste de sedimentação para a suspensão A.  
**Fonte:** TRISTÃO (2015).



A Figura 2 apresenta a legenda necessária para a interpretação do gráfico da Figura 1.

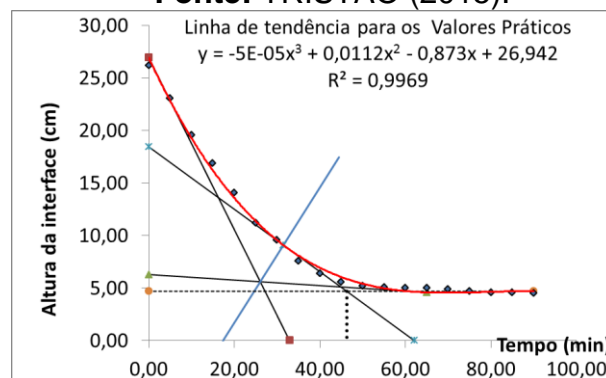
**Figura 2:** Legenda para os gráficos de sedimentação.

**Fonte:** TRISTÃO (2015).



A mesma legenda apresentada na Figura 2 pode ser aplicada para a interpretação da Figura 3, que apresenta os resultados do método de Talmadge-Fitch realizados em proveta para a suspensão B.

**Figura 3:** Teste de sedimentação para a suspensão B.  
**Fonte:** TRISTÃO (2015).



Segundo Foust *et al.* (2010) as grandezas relacionadas aos testes de sedimentação são apresentados na Tabela 3.

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

**Fonte:** Adaptado FOUST *et al.* (2010).

**Tabela 3:** Grandezas inerentes ao processo de sedimentação.

Grandezas/Unidades	Q	Origem
Vazão de entrada (m <sup>3</sup> /dia)	Q	Processo
Altura inicial (m)	H <sub>0</sub>	Análise gráfica
Concentração Inicial (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>0</sub>	Análise gráfica
Tempo de descarte (min)	t <sub>U</sub>	Análise gráfica
Altura de descarte (m)	H <sub>U</sub>	Análise gráfica
Altura para velocidade de sedimentação (m)	H <sub>i</sub>	Análise gráfica
Tempo para velocidade de sedimentação constante (min)	t <sub>i</sub>	Análise gráfica
Concentração de descarte (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>U</sub>	$C_U = (C_0 * H_0) / H_U$
Área do sólido (m <sup>2</sup> )	A <sub>E</sub>	$A_E = (Q * t_U) / H_0$
Taxa de clarificado (m <sup>3</sup> /dia)	Q <sub>C</sub>	$Q_C = [(H_0 - H_U) * Q] / H_0$
Taxa de sólido (kg/dia)	Q <sub>E</sub>	$Q_E = Q * C_0$
Velocidade de sedimentação (m/min)	Vel <sub>SED</sub>	$Vel_{SED} = (H_0 - H_i) / t_i$
Área do clarificado (m <sup>2</sup> )	A <sub>C</sub>	$A_C = Q_C / Vel_C$
Área de cálculo (m <sup>2</sup> )	A	Maior área entre A <sub>C</sub> e A <sub>E</sub>
Fluxo diário de sólido [kg/(m <sup>2</sup> *dia)]	F <sub>E</sub>	$F_E = (Q * C_0) / A$
Fluxo diário de clarificado [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *dia)]	F <sub>C</sub>	$F_C = Q_C / A$

Os resultados refletidos no processo comparando-se a utilização do picnômetro calibrado (volume real médio) e não

calibrado (volume nominal) são apresentados na Tabela 4.

**Fonte:** Do autor (2015).

**Tabela 4:** Resultados comparativos no processo de tratamento de efluente industrial com uso do picnômetro calibrado e sem calibração.

Suspensão A				
	Vn	Vp	Dif	%
Q	5	5	-	-
C <sub>U</sub>	1116,49	1113,43	-3,062	-0,274%
Q <sub>E</sub>	650,695	648,91	-1,785	-0,274%
F <sub>E</sub>	1237,85	1234,46	-3,395	-0,274%
Suspensão B				
	Vn	Vp	Dif	%
Q	5	5	-	-
C <sub>U</sub>	1123,96	1120,88	-3,078	-0,274%
Q <sub>E</sub>	980,485	977,8	-2,685	-0,274%
F <sub>E</sub>	1643,11	1638,61	-4,500	-0,274%

Vn = volume nominal do picnômetro (considerado);

Vp = volume real médio do picnômetro (considerado);

Dif = Vp-Vn;

% = (Dif/Vn)\*100%

Q [kg/dia];

C<sub>U</sub> [kg/m<sup>3</sup>];

Q<sub>E</sub> [kg/dia];

F<sub>E</sub> [kg/(m<sup>2</sup>\*dia)]

### 4 Discussão

Através da Tabela 1 observam-se os volumes aferidos para o picnômetro maiores que o volume nominal em 0,275 e 0,274 cm<sup>3</sup>.

A dilatação dos materiais expostos a temperaturas mais elevadas que as indicadas para trabalho ocasionam alterações nas medidas obtidas em instrumentos de precisão (INMETRO, 2011).

Sendo a densidade inversamente proporcional ao volume, conforme as unidades, para maiores volumes, como é

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

o caso dos reais médios em relação aos nominais, tem-se densidade menor, o que explica os resultados da Tabela 2. Analogamente, quanto maior o volume menor a concentração. Observa-se também que a suspensão A possui menor concentração em relação a suspensão B.

O fato das grandezas concentração de descarte ( $C_U$ ), vazão mássica de sólido ao fim do processo ( $Q_E$ ) e fluxo mássico de sólido final ( $F_E$ ) serem lineares e diretamente proporcionais em relação à vazão de entrada do sedimentador ( $Q$ ), como apresentadas na Tabela 3, explicam a propagação da variação percentual ser a mesma do laboratório para o processo, ou seja, igual a -0,274%, como apresentado na Tabela 4. Para tal Tabela a diferença numérica de  $Q_E$  equivale a -2,685 kg/dia (suspensão B) a -1,785 kg/dia (suspensão A) comparando-se a calibração e sua falta, entretanto, vale ressaltar que o processo industrial mostra-se pequeno em relação à de outras indústrias, os quais geralmente possuem vazão de entrada ( $Q$ ) maiores, como apresentado no trabalho de Pinto (2007), o qual possui  $Q$  do sedimentador igual a 1920 m<sup>3</sup>/dia. Dessa forma para qualquer uma das grandezas trabalhadas, um aumento de  $Q$  influenciaria ainda mais no erro dos resultados obtidos.

### 5 Conclusão

Os volumes aferidos em laboratório durante a calibração do picnômetro, devido a dilatação térmica ocasionaram variação percentual de 0,274% negativo em relação à densidade de duas suspensões oriundas de efluente de fábrica de tintas, tendo concentrações iguais a 129,782 e 195,560 kg/m<sup>3</sup>. O erro propagou-se percentualmente em igual valor do laboratório para o processo de sedimentação dos sólidos para as grandezas: concentração de descarte ( $C_U$ ), vazão de sólido final ( $Q_E$ ) e fluxo de sólido final ( $F_E$ ), sendo que a vazão de

entrada no sedimentador ( $Q$ ) igual a 5 m<sup>3</sup>/dia é relativamente baixa se comparada a de outras indústrias. Assim a falta de calibração de instrumentos e vidrarias de laboratório influencia diretamente no processo industrial mesmo que a alteração dos valores esteja ligada também a escala do processo, sendo que a atenção a isso pode economizar recursos e remeter a processos com maior confiabilidade.

### Referências

BORGES, M.S. **Tratamento de água e efluentes industriais**. UFPR. Disponível em:

<[http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/petrobras/tratamento\\_de\\_aguas.pdf](http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/petrobras/tratamento_de_aguas.pdf)>. Acesso em: 18 fev 2015.

FOUST, A. S. *et al.* **Princípios das operações unitárias**. 2.Ed. Rio de Janeiro. LTC ed, 2008. 670p.

INMETRO, Coordenação Geral de Acreditação. **Orientação para a acreditação de laboratórios na área de volume**. 24p. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivo/s/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-27\\_01.pdf](http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivo/s/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-27_01.pdf)>.

Acesso em: 02 set 2015.

MAZALI, I.O. **Determinação da densidade de sólidos pelo método de Arquimedes**.

**Laboratório de Química do Estado Sólido – Instituto de Química, UNICAMP**. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia\\_lqes\\_meprotec\\_densidade\\_arquimedes.pdf](http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_meprotec_densidade_arquimedes.pdf)>. Acesso em: 23 fev 2015.

PINTO, T.C.S. **Aplicação de técnicas clássicas para polpas não floculadas de dimensionamento de espessadores aplicadas a suspensões de salmoura e lodo biológico**. 2007, 107f.. Tese



## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

(Mestrado). Escola Politécnica,  
Universidade de São Paulo, São Paulo.  
Disponível em:  
<[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-01042009-101018/publico/dissertacao\\_completa.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-01042009-101018/publico/dissertacao_completa.pdf)  
>. Acesso em: 27 fev 2015.

(GRADUAÇÃO). Faculdade de  
Engenharia Química, Universidade de  
Uberaba, Uberaba.

TRISTÃO, D.S. **Estudo de sedimentação de resíduos de matérias-primas sólidas da produção de tintas.** 2015, 75f.. Tese