ESTUDO DO ESCOAMENTO DE UM FLUIDO REAL

Henrique João Breuckmann
4ª Coordenadoria Regional de Educação
Marlene Salete Koch Lins
C.E. Pe. José Maurício
Blumenau - SC

Resumo

O trabalho, fundamentado numa linha de Solução de Problemas baseada em alguns pressupostos vygotskyanos, teve origem nas interrogações dos estudantes sobre a distribuição irregular de água no bairro onde moravam. Montou-se um equipamento com material alternativo, através do qual é possível investigar o comportamento de algumas variáveis envolvidas na lei de Hagen-Poiseuille, em particular a relação entre distância entre dois pontos de um conduto e as respectivas pressões.

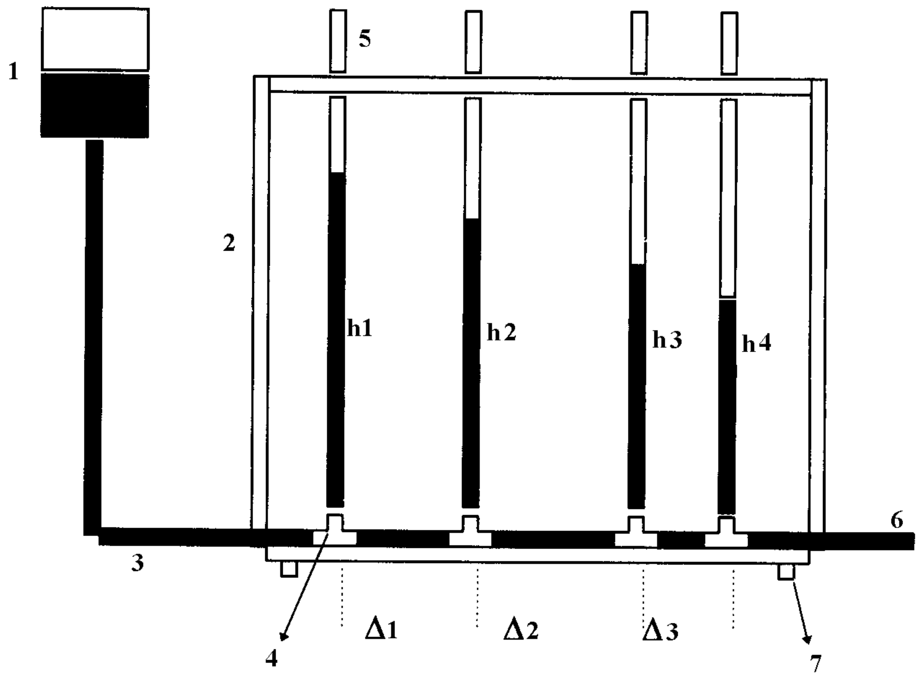
São mostrados alguns resultados experimentais, confrontados com dados teóricos. Ao mesmo tempo, são apontadas sugestões para o desenvolvimento do trabalho com os alunos, em sala de aula.

Este estudo foi provocado pela constatação, por parte dos alunos, de que a distribuição de água em algumas partes do bairro onde moravam, acontecia, amiúde, de forma irregular. Dadas as condições topográficas do local, em alguns pontos a água jorrava com grande pressão, noutros esta pressão diminuía e, em outros ainda, a água sequer chegava às torneiras, principalmente em períodos de estiagem quando, segundo os noticiários, as bombas do SAMAE, órgão responsável pela captação e distribuição, não conseguiam fazê-lo de modo a atender à toda a demanda. Quais as causas deste fenômeno?

Muitas vezes, os livros-texto apresentam como explicação o "princípio" dos vasos comunicantes (na realidade, é uma conseqüência das leis de Stevin e Pascal). Ora, a explicação é incorreta, uma vez que estas leis se aplicam apenas para fluídos em equilíbrio, o que não é o caso. Para fluídos em movimento, deve-se levar em consideração a variável **viscosidade,** e isso é contemplado através da equação de Hagen-Poiseuille. Este trabalho pretende mostrar um equipamento simples, construído pelos próprios alunos, com material de baixo custo, e que permite observar alguns de seus efeitos. Junto com a própria equação, os alunos ainda estudam, dependendo da série em que se encontram, assuntos como proporcionalidade, funções, unidades de medida, gráficos, fórmulas, uso de calculadora científica, dentre outros.

O trabalho está calcado numa linha de "solução de problemas" de orientação vygotskyana, os seja, levam-se em conta os pressupostos de Vygotsky quanto ao desenvolvimento dos conceitos e a relação entre conceitos científicos e não-científicos, em especial. Tenta-se observar a relação entre o diagnóstico de um problema concreto, observado no próprio meio em que vivem (o seu bairro, e até sua cidade, através da imprensa), e um problema ao nível de Ciência escolar. Até que ponto este pode ajudar a resolver aquele, ou pelo menos tornar o aluno mais crítico diante daquele, a partir do momento em que conhece melhor os princípios que determinam o fenômeno em questão? Até que ponto este conhecimento pode torná-lo mais consciente diante das causas do problema e das possíveis instâncias de solução? Segundo o próprio Vygotsky (1991) *"... um conceito cotidiano abre o caminho para um conceito científico e seu desenvolvimento descendente... Os conceitos científicos, por sua vez, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança em relação à consciência e ao uso deliberado."* (p. 94). O que se propõe é que a mesma relação existe entre a solução de problemas da Ciência escolar e problemas do cotidiano, conforme apresentado adiante.

Para desenvolver o estudo, os alunos construíram, em grupos, o aparelho esquematizado abaixo:



onde:

1. reservatório de líquido — $\Delta 1$ = distância entre mangueiras 1 e 2
2. quadro-suporte, de madeira — $\Delta 2$ = distância entre mangueiras 2 e 3
3. mangueira de soro, horizontal — $\Delta 3$ = distância entre mangueiras 3 e 4
4. conexão em T
5. mangueiras de soro, verticais — h1, h2, h3 e h4 = altura da água nas mangueiras verticais
6. saídas de líquido
7. suportes de madeira

Observações:

• o reservatório deve ter o maior diâmetro possível, para que a variação de nível do líquido, durante uma experiência, seja a menor possível, o que garante uma razoável uniformidade na pressão;
• o T pode ser feito de diversos materiais: PVC, sucata hospitalar (soro, etc.), devidamente limpo e adaptado.

Procedimento:

• colocar o líquido a ser usado (água, inicialmente) no reservatório, mantendo-o o máximo possível no mesmo nível, em cada experiência;
• fechar a saída do líquido e esperar que o mesmo transborde em todas as mangueiras verticais (caso necessário, levantar o reservatório);
• abrir a saída do líquido e esperar que o nível se estabilize em cada mangueira vertical;
• medir a pressão em "cm H_2O" e a vazão de saída, em cm^3/s;
• medir a distância horizontal entre o centro das conexões (Ts).

Pode-se repetir o trabalho, introduzindo algumas modificações:

• altura do reservatório, o que acarreta mudança de nível e de pressão;
• diâmetro das mangueiras;
• tipo de líquido, com diferentes viscosidades, densidades, etc.;
• distâncias entre as mangueiras verticais;
• maior quantidade de mangueiras verticais;
• maior comprimento total da mangueira horizontal

para observar as correspondentes alterações (ou não) nos resultados.

Para maior esclarecimento, relatam-se, a seguir, os dados obtidos em uma experiência, na qual foram considerados:

• líquido: água comum, de torneira;
• nível do líquido no reservatório (medido a partir do nível do centro da mangueira horizontal): 85 cm;
• diâmetro das mangueiras: 0,3 cm;
• vazão média (cada experiência é feita 3 vezes): 8,84 cm^3/s;
• temperatura da água: 20 ^oC;
• relação entre as colunas de água e unidade de pressão no CGS:

$$\boxed{1 \text{ cm } H_2O = 980 \text{ dyn/cm}^2}$$

Obtiveram-se os seguintes resultados:

CONEXÃO	ALTURA (em cm)	PRESSÃO (em dyn/cm^2)	DISTÂNCIAS (Δl, em cm)	VARIAÇÃO DE P (ΔP)	ΔP / Δl
1	40 (h_1)	39.200			
			28 (Δ_1)	12.740	455
2	27 (h_2)	26.460			
			14 (Δ_2)	5.880	420
3	21 (h_3)	20.580			
			22 (Δ_3)	8.820	400
4	12 (h_4)	11.760			

Tem-se um valor médio de ΔP / Δl correspondente a 425 dyn/cm^3 , ou seja, $\Delta P = 425 \, . \, \Delta l$. Ao contrário do que parece, a tendência de ΔP / Δl não é diminuir (nos demais grupos foram encontradas outras variações), de modo que tomar-se um valor médio é razoável, mesmo que a diferença entre o valor mínimo e o máximo supere em 10 % a média, porque, em termos de turma, são considerados todos os valores, e não apenas os de um grupo. Para uma discussão a nível de 1º Grau, o resultado é suficiente. Pode-se acrescentar, entretanto, que a turbulência é bastante grande, nos condutos em questão. Utilizando a fórmula da velocidade crítica:

$$\boxed{v_c = \frac{\eta \, . \, R_e}{D \, . \, \rho}}$$

encontra-se um número de Reynolds (R_e) = 3750. Como 3750 > 2000, tem-se um indicativo da turbulência referida, o que pode explicar algumas discrepâncias entre os resultados teóricos e práticos, a seguir.

De acordo com a equação de Poiseuille:

$$\boxed{Q = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot \eta \cdot \Delta l}}$$

onde:

Q = vazão (em cm^3/s)
R = raio da mangueira horizontal (em cm)
ΔP = variação de pressão (em dyn/cm^2)
η = viscosidade (em $dyn. s / cm^2$)
Δl = distâncias (em cm) entre os centros dos Ts (conexões, pontos de medida de pressão, através das mangueiras verticais)

Assim sendo, tem-se:

$$\Delta P = \underbrace{\frac{Q \cdot 8 \cdot \eta}{\pi \cdot R^4}}_{K} \cdot \Delta l$$

A parte demarcada é constante (K) para uma determinada experiência. Isso quer dizer que:

$$\boxed{\Delta P = K . \Delta l}$$

que é uma expressão semelhante a uma função matemática do tipo linear:

$$\boxed{Y = a . X}$$

Assim sendo, poder-se-ia traduzir o que aconteceu na experiência pelo modelo matemático:

$$\boxed{Y = 425 . X}$$

com as ressalvas que devem ser feitas em termos de Dom (f) e Im (f).

É possível verificar se o modelo se aproxima do valor esperado, em se fazendo os cálculos através da equação? Substituindo os valores na mesma, ter-se-ia:

$$\boxed{\Delta P = \frac{8{,}84\ cm^3/s \ .\ 8\ \ .\ 0{,}01\ dyn\ .\ s/cm^2}{\pi\ .\ 0{,}15^4\ cm^4}\ .\ \Delta l}$$

ou seja:

$$\boxed{\Delta P = 444{,}6\ \ .\ \ \Delta l}$$

Discussões que podem ser levantadas com os alunos, a partir destes resultados, para que a atividade alcance, efetivamente, seus objetivos:

• quais as relações entre as expressões física e matemática que representam o fenômeno?
• por que o quociente entre pressão e distância varia tanto?
• quais as outras variáveis envolvidas, fazendo com que não haja uma exatidão nos resultados (em outras palavras, quais as causas dos "erros")?
• onde pode ser encontrado, na Natureza (plantas, animais, o Homem, o meio abiótico), o fenômeno estudado? qual a sua importância, quais os seus efeitos, qual sua relação com outros fatos importantes para sua melhor compreensão?
• fazendo uma pequena análise histórica, quais os motivos que poderiam ter levado os autores da fórmula a estudar este fenômeno?
• voltando ao problema que deu origem ao estudo, que providências poderiam ser tomadas, e por quem, especificamente, para que a falta d'água fosse sanada ou, pelo menos, minimizada?
• quais as relações entre estas providências e o estudo feito em aula?

Referências

OKUNO, Emico et all. Física para ciências biológicas e biomédicas. SP: Harper & Row do Brasil, 1982.

SEARS, Francis W. Física : Mecânica - calor - acústica. Tomo I RJ : Ao Livro Técnico, 1956.

VYGOTSKY, L.S. Pensamento e linguagem. SP: Martins Fontes, 1991.