

**MEDICÃO**  
**DE**  
**NÍVEL**

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>2 - MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE LÍQUIDO</b>	<b>2</b>
<b>2.1 - MEDIÇÃO DIRETA</b>	<b>2</b>
2.1.1 - RÉGUA OU GABARITO	2
2.1.2 -VISORES DE NÍVEL	3
2.1.3 - BÓIA OU FLUTUADOR	4
<b>2.2 -MEDIÇÃO INDIRETA</b>	<b>4</b>
2.2.1 -MEDIÇÃO DE NÍVEL POR PRESSÃO	4
2.2.2 - MEDIÇÃO DE NÍVEL POR PRESSÃO DIFERENCIAL EM TANQUES FECHADOS E PRESSURIZADOS.	6
2.2.3 - MEDIÇÃO DE NÍVEL COM BORBULHADOR	9
2.2.4 - MEDIÇÃO DE NÍVEL POR EMPUXO	9
2.2.5 - MEDIÇÃO DE NÍVEL COM RAIOS GAMAS	11
2.2.6 - MEDIÇÃO DE NÍVEL CAPACITIVO	11
2.2.7 - MEDIDOR DE NÍVEL POR ULTRA SOM	12
2.2.8 – MEDIÇÃO DE NÍVEL POR RADAR	14
<b>2.3 - MEDIDORES DESCONTÍNUOS DE NÍVEL</b>	<b>14</b>
<b>3 - MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE SÓLIDOS</b>	<b>15</b>
<b>EXERCÍCIOS</b>	<b>17</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

Nível é a altura do conteúdo de um reservatório. O conteúdo pode ser sólido ou líquido.

Através da determinação de nível de um reservatório temos condições:

- a) Avaliar o estoque de tanques de armazenamento.
- b) Controle de processos contínuos onde existam volumes líquidos ou sólidos de acumulação temporária, amortecimento, mistura, residência, etc.
- c) Segurança de alguns processos onde o nível do produto não pode ultrapassar uma determinada faixa .

## 2 - MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE LÍQUIDO

Os três métodos básicos de medição de nível são:

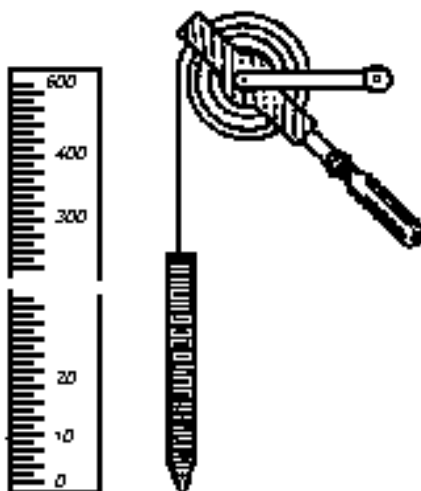
- a) direto
- b) indireto
- c) descontínuo

### 2.1 - MEDIÇÃO DIRETA

É a medição que tomamos como referência em relação a posição do plano superior da substância medida. Neste tipo de medição podemos utilizar réguas ou gabaritos, visores de nível, bóia ou flutuador.

#### 2.1.1 - Régua ou Gabarito

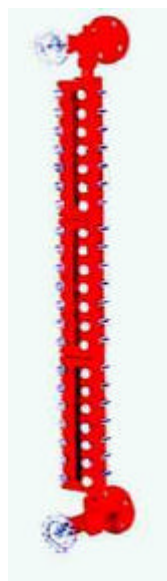
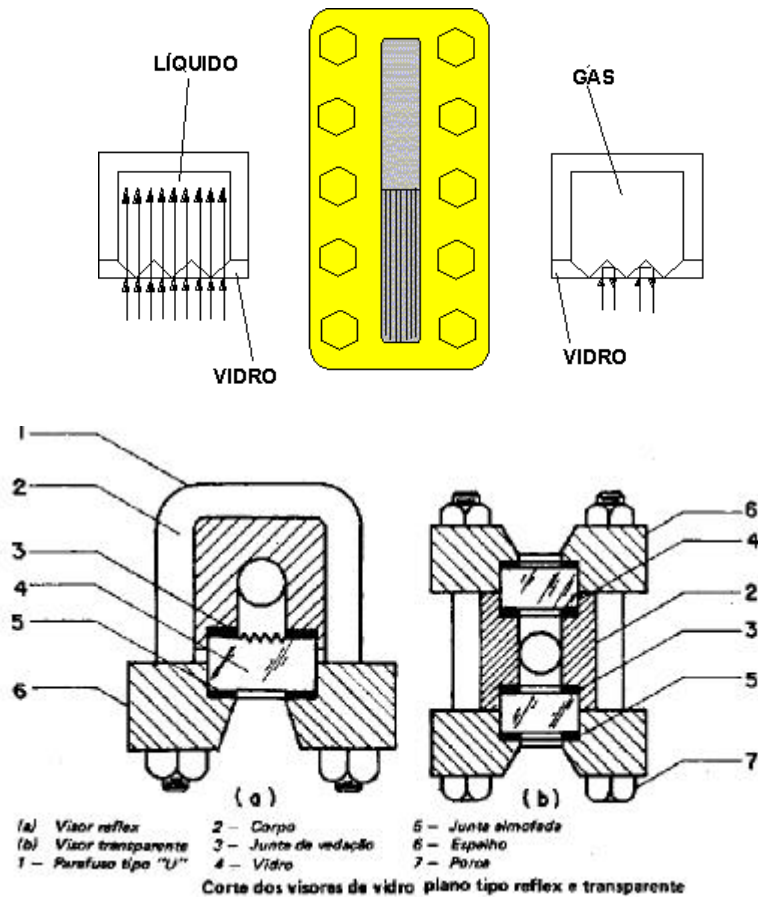
Consiste em uma régua graduada a qual tem um comprimento conveniente para ser introduzida dentro do reservatório a ser medido.

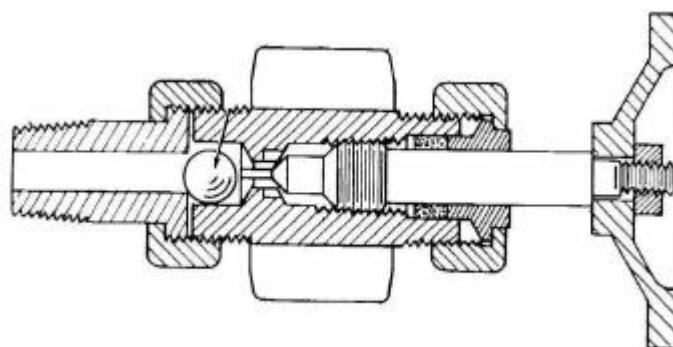


A determinação do nível se efetuará através da leitura direta do comprimento molhado na régua pelo líquido.

## 2.1.2 - Visores de Nível

Este medidor usa o princípio dos vasos comunicantes, o nível é observado por um visor de vidro especial, podendo haver uma escala graduada acompanhando o visor. Esta medição é feita em tanques abertos e tanques fechados.

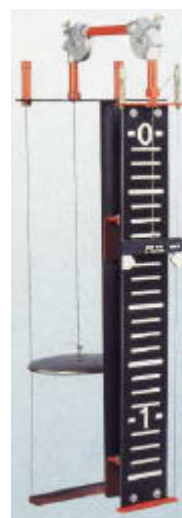
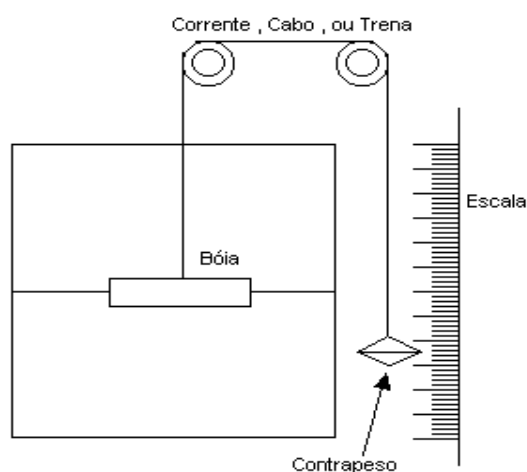




A válvula apresentada acima é o tipo de válvula que deve ser utilizada nos visores de nível com dupla função: a de bloquear no caso de manutenção e de segurança no caso de quebra dos vidros.

### 2.1.3 - Bóia ou Flutuador

Consiste numa bóia presa a um cabo que tem sua extremidade ligada a um contrapeso. No contrapeso está fixo um ponteiro que indicará diretamente o nível em uma escala. Esta medição é normalmente encontrada em tanques abertos.

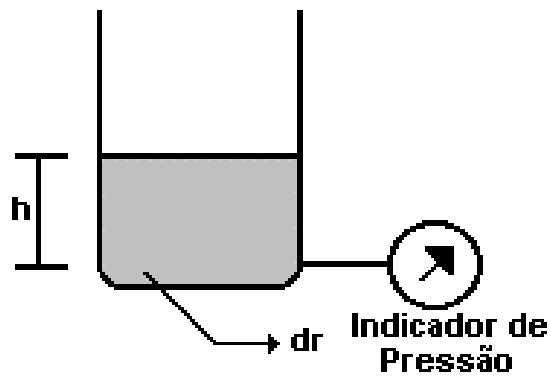


## 2.2 - Medição indireta

Neste tipo de medição são usadas propriedades físicas ao nível como : pressão, empuxo , radiação e propriedades elétricas.

### 2.2.1 - Medição de Nível por Pressão

Neste tipo de medição usamos a pressão exercida pela altura da coluna líquida, para medirmos indiretamente o nível, como mostra abaixo o Teorema de Stevin:



$$P = h \cdot d$$

Onde:

P = Pressão em mm H<sub>2</sub>O ou polegada H<sub>2</sub>O

h = nível em mm ou em polegada

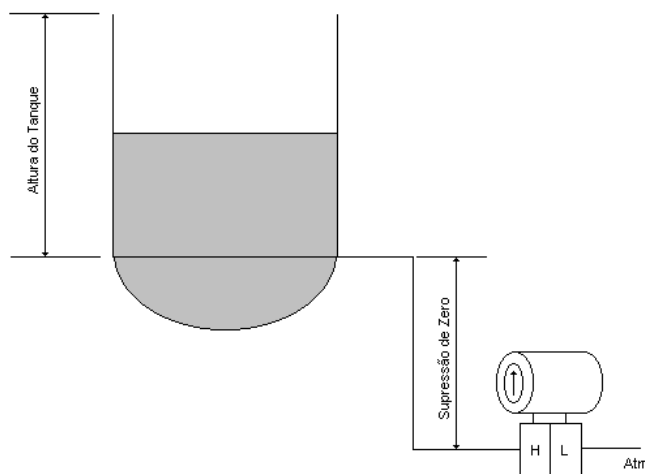
d = densidade relativa do líquido em relação a água na temperatura ambiente.

A medida mais apropriada para esse tipo de medição é o mm ou polegada de H<sub>2</sub>O.

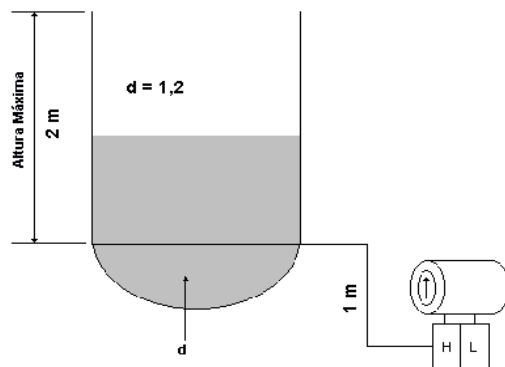
### 2.2.1.1 - Supressão de Zero

Para maior facilidade de manutenção e acesso ao instrumento, muitas vezes o transmissor é instalado abaixo do tanque. Outras vezes a falta de plataforma fixadora em torno de um tanque elevado resulta na instalação de um instrumento em um plano situado em nível inferior à base do tanque.

Em ambos os casos, uma coluna líquida se formará com a altura do líquido dentro da tomada de impulso, se o problema não for contornado, o transmissor indicaria um nível superior ao real.



A seguir apresentaremos um exemplo de cálculo de pressão para este tipo de montagem.



a) Quando o nível estiver em 0%:

$$P_{0\%} = h \cdot d$$

$$P_{0\%} = 1000 \cdot 1,2$$

$$P_{0\%} = 1200 \text{ mmH}_2\text{O}$$

b) Quando o nível estiver em 100%:

$$P_{100\%} = h \cdot d$$

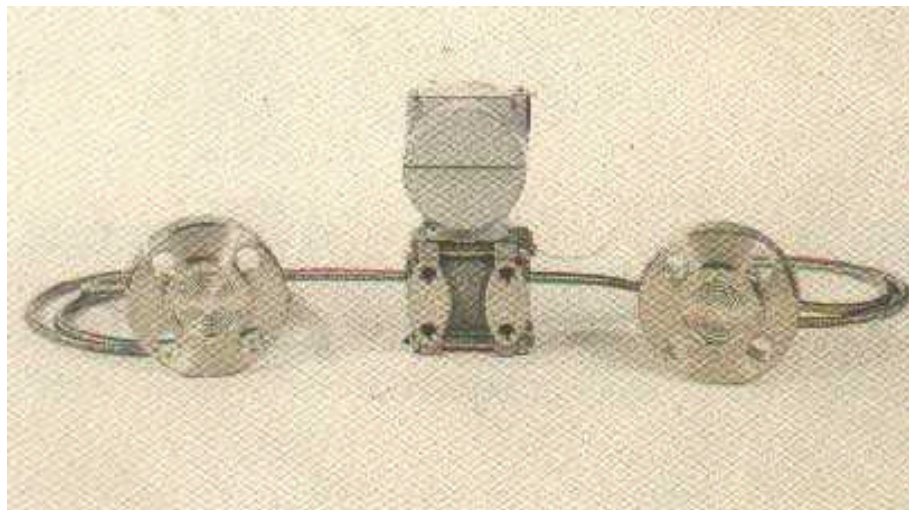
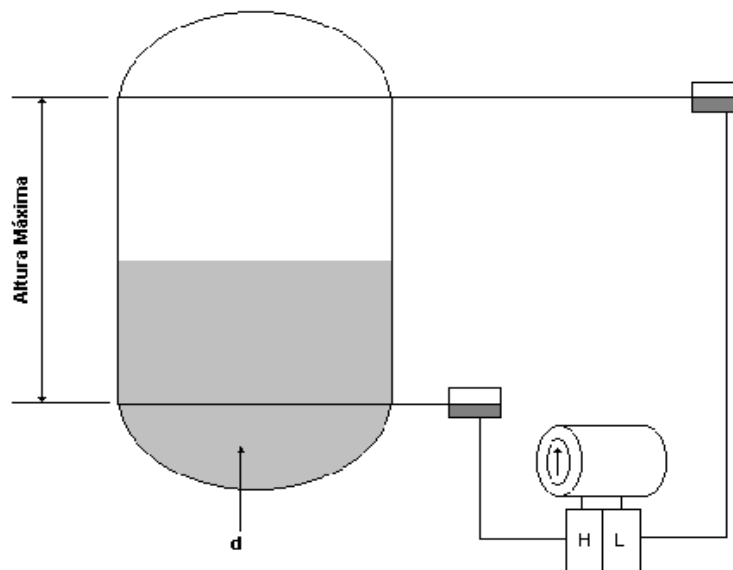
$$P_{100\%} = (2000 + 1000) \cdot 1,2$$

$$P_{100\%} = 3000 \cdot 1,2$$

$$P_{100\%} = 3600 \text{ mmH}_2\text{O}$$

### 2.2.2 - Medição de Nível por Pressão Diferencial em Tanques Fechados e Pressurizados.

Neste tipo de medição, a tubulação de impulso da parte de baixo do tanque é conectada à câmara de alta pressão do transmissor de nível. A pressão atuante na câmara de alta é a soma da pressão exercida sob a superfície do líquido e a pressão exercida pela coluna de líquido no fundo do reservatório. A câmara de baixa pressão do transmissor de nível, é conectada na tubulação de impulso da parte de cima do tanque onde mede somente a pressão exercida sob a superfície do líquido.



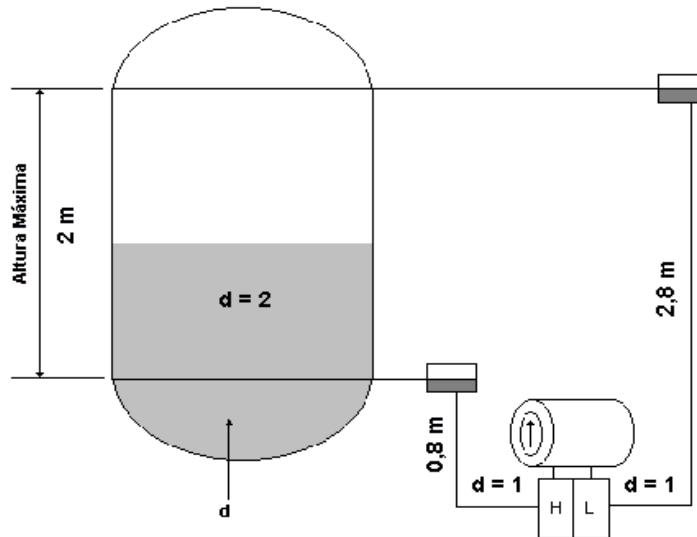
### 2.2.2.1 - Elevação de Zero

Quando o fluido do processo possuir alta viscosidade, ou quando o fluido se condensa nas tubulações de impulso, ou ainda no caso do fluido ser corrosivo, devemos utilizar um sistema de selagem nas tubulações de impulso, das câmaras de baixa e alta pressão do transmissor de nível. Selam-se então ambas as tubulações de impulso, bem como as câmaras do instrumento.

Na figura acima, apresenta-se um sistema de medição de nível com selagem, no qual deve ser feita a elevação, que consiste em anular-se a pressão da coluna líquida na tubulação de impulso da câmara de baixa pressão do transmissor de nível.

A seguir apresentaremos um exemplo de cálculo de pressão diferencial para este tipo de montagem.





a) Quando o nível estiver em 0%:

$$\begin{aligned}\Delta P_{0\%} &= P_H - P_L \\ \Delta P_{0\%} &= (h_H \cdot d_H) - (h_L \cdot d_L) \\ \Delta P_{0\%} &= (800 \cdot 1) - (2800 \cdot 1) \\ \Delta P_{0\%} &= (800) - (2800) \\ \Delta P_{0\%} &= -2000 \text{ mmH}_2\text{O}\end{aligned}$$

onde:

$P_H$  = pressão na câmara de alta  
 $P_L$  = pressão na câmara de baixa  
 $h_H$  = altura da coluna líquida na câmara de alta  
 $d_H$  = densidade do líquido da câmara de alta  
 $h_L$  = altura da coluna líquida na câmara de baixa  
 $d_L$  = densidade do líquido da câmara de baixa

b) Quando o nível estiver em 100%:

$$\begin{aligned}\Delta P_{100\%} &= P_H - P_L \\ \Delta P_{100\%} &= [ (h_{CLP} \cdot d_{CLP}) + (h_H \cdot d_H) ] - (h_L \cdot d_L) \\ \Delta P_{100\%} &= [ (2000 \cdot 2) + (800 \cdot 1) ] - (2800 \cdot 1) \\ \Delta P_{100\%} &= [ (4000 + 800) ] - (2800) \\ \Delta P_{100\%} &= 4800 - 2800 \\ \Delta P_{100\%} &= 2000 \text{ mmH}_2\text{O}\end{aligned}$$

onde:

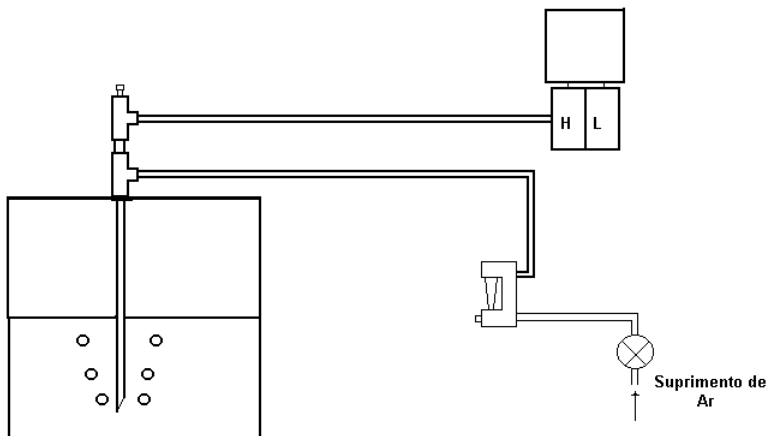
$P_H$  = pressão na câmara de alta  
 $P_L$  = pressão na câmara de baixa  
 $h_H$  = altura da coluna líquida na câmara de alta  
 $d_H$  = densidade do líquido da câmara de alta  
 $h_L$  = altura da coluna líquida na câmara de baixa  
 $d_L$  = densidade do líquido da câmara de baixa  
 $h_{CLP}$  = altura da coluna líquida do processo  
 $d_{CLP}$  = densidade do líquido do processo

### 2.2.3 - Medição de Nível com Borbulhador

Com o sistema de borbulhador podemos detectar o nível de líquidos viscosos, corrosivos, bem como de quaisquer líquidos à distância.

Neste sistema necessitamos de um suprimento de ar ou gás e uma pressão ligeiramente superior à máxima pressão hidrostática exercida pelo líquido. Este valor normalmente é ajustado para aproximadamente 20% a mais que a máxima pressão hidrostática exercida pelo líquido. O sistema borbulhador engloba uma válvula agulha, um recipiente com líquido na qual o ar ou gás passará pelo mesmo e um indicador de pressão.

Ajustamos a vazão de ar ou gás até que se observe a formação de bolhas em pequenas quantidades. Um tubo levará esta vazão de ar ou gás até o fundo do vaso a qual queremos medir seu nível, teremos então um borbulhamento bem sensível de ar ou gás no líquido o qual queremos medir o nível. Na tubulação pela qual fluirá o ar ou gás, instalamos um indicador de pressão que indicará um valor equivalente a pressão devido ao peso da coluna líquida. Nota-se que teremos condições de instalar o medidor a distância.



### 2.2.4 - Medição de Nível por Empuxo

#### 2.2.4.1 Princípio de Arquimedes

“Todo o corpo mergulhado em um fluido sofre a ação de uma força vertical dirigida de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado.”

A esta força exercida pelo fluido do corpo nele submerso ou flutuante chamamos de empuxo.

$$E = V \cdot d$$

onde:

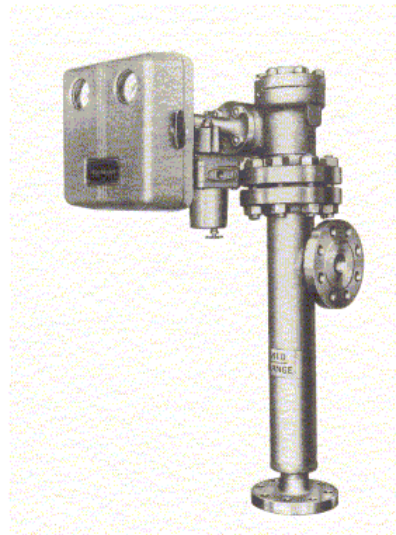
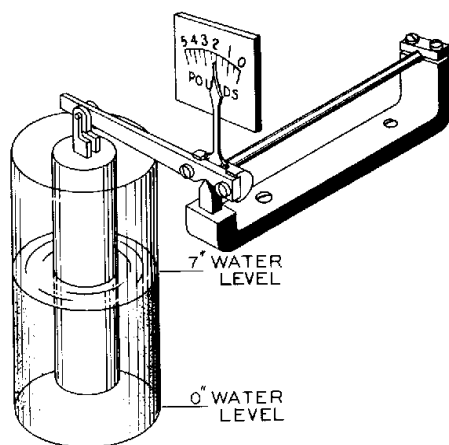
E = empuxo

V = volume

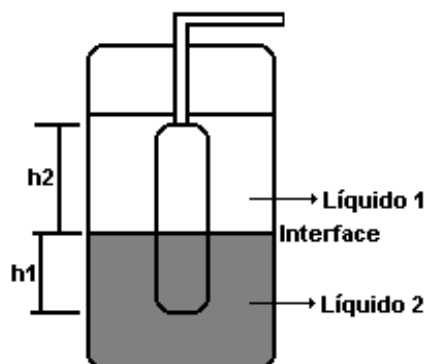
$\delta$  = densidade ou peso específico do líquido

Baseado no princípio de Arquimedes usa-se um deslocador ( displacer ) que sofre o empuxo do nível de um líquido, transmitindo para um indicador este movimento, por meio de um tubo de torque.

O medidor deve ter um dispositivo de ajuste para densidade do líquido cujo nível estamos medindo, pois o empuxo varia com a densidade.



#### 2.2.4.2 - Medição de Nível de Interface



Podemos definir interface como sendo o ponto comum entre dois fluídos não miscíveis.

Na indústria muitas vezes temos que medir o nível da interface em um tanque contendo 2 líquidos diferentes. Este fato ocorre em torres de destilação, torres de lavagem, decantadores etc.

Um dos métodos mais utilizados para a medição da interface é através da variação do empuxo conforme citaremos a seguir.

Consideremos um flutuador de forma cilíndrica mergulhado em 2 líquidos com pesos específicos diferentes  $\delta_1$  e  $\delta_2$ .

Desta forma, podemos considerar que o empuxo aplicado no flutuador, será a soma dos empuxos  $E_1$  e  $E_2$  aplicados no cilindro, pelos líquidos de pesos específicos  $\delta_1$  e  $\delta_2$ , respectivamente. O empuxo será dado pôr:

$$E_t = E_1 + E_2$$

onde:

$$E_1 = V_1 \cdot \delta_1$$

$$E_2 = V_2 \cdot \delta_2$$

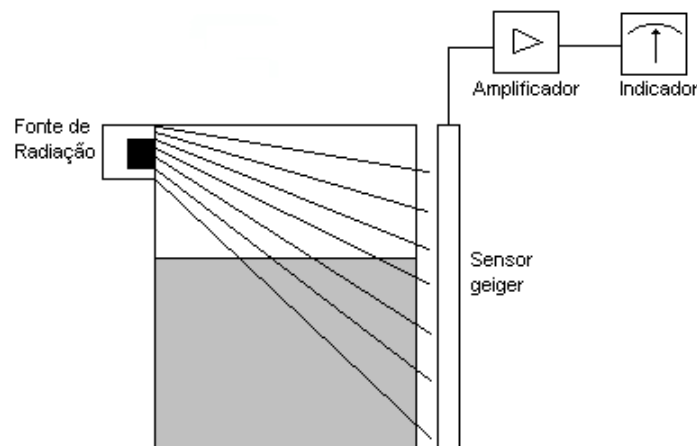
Assim para diferentes valores de altura de interface, teremos diferentes variações de empuxo.

### 2.2.5 - Medição de Nível com Raios Gamas

Os medidores que utilizam radiações nucleares se distinguem pelo fato de serem completamente isentos do contato com os produtos que estão sendo medidos. Além disso, dispensando sondas ou outras técnicas que mantêm contato com sólidos ou líquidos tornando-se possível, em qualquer momento, realizar a manutenção desses medidores, sem a interferência ou mesmo a paralisação do processo.

Dessa forma os medidores que utilizam radiações podem ser usados para indicação e controle de materiais de manuseio extremamente difícil e corrosivos, abrasivos, muito quentes, sob pressões elevadas ou de alta viscosidade.

O sistema de medição por raios gamas consiste em uma emissão de raios gamas montado verticalmente na lateral do tanque do outro lado do tanque teremos um câmara de ionização que transforma a radiação Gama recebida em um sinal elétrico de corrente contínua. Como a transmissão dos raios é inversamente proporcional a altura do líquido do tanque, a radiação captada pelo receptor é inversamente proporcional ao nível do líquido do tanque, já que o material bloquearia parte da energia emitida.

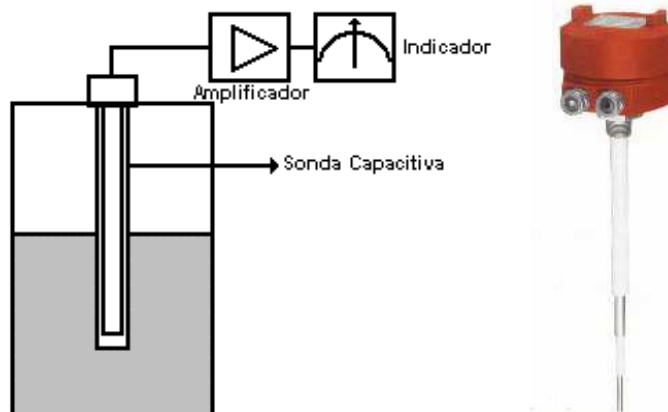


### 2.2.6 - Medição de Nível Capacitivo

A capacitância é uma grandeza elétrica que existe entre 2 superfícies condutoras isoladas entre si.

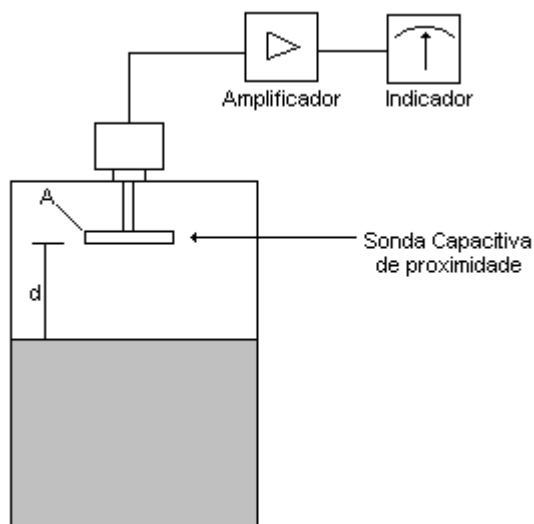
O medidor de nível capacitivo mede as capacidades do capacitor formado pelo eletrodo submerso no líquido em relação as paredes do tanque. A capacidade do conjunto depende do nível do líquido.

O elemento sensor, geralmente é uma haste ou cabo flexível de metal. Em líquidos não condutores se empregam um eletrodo normal, em fluídos condutores o eletrodo é isolado normalmente com teflon. A medida que o nível do tanque for aumentando o valor da capacitância aumenta progressivamente a medida que o dielétrico ar é substituído pelo dielétrico líquido a medir.



A capacitância é convertida por um circuito eletrônico numa corrente elétrica sendo este sinal indicado em um medidor.

A medição de nível por capacitância também pode ser feita sem contato, através de sondas de proximidade. A sonda consiste de um disco compondo uma das placas do capacitor. A outra placa é a própria superfície do produto ou a base do tanque.



## 2.2.7 - Medidor de Nível por Ultra Som

### 2.2.7.1 - Aplicação

Os dispositivos do tipo ultra-sônico podem ser usados para a detecção contínua de nível, além de poderem atuar como sensores de nível pré determinado ( chave de nível ).

Os dispositivos destinados a detecção contínua de nível caracterizam-se, principalmente, pelo tipo de instalação, ou seja, os transdutores podem encontrar-se totalmente submersos no produto, ou instalados no topo do equipamento sem contato com o produto.

### 2.2.7.2 - Princípios Físicos

O ultra-som é uma onda sonora, cuja frequência de oscilação é maior que aquela sensível pelo ouvido humano, isto é, acima de 20 KHz.

A geração ocorre quando uma força externa excita as moléculas de um meio elástico, esta excitação é transferida de molécula a molécula do meio, com uma velocidade que depende da elasticidade e inércia das moléculas. A propagação do ultra-som depende, portanto, do meio.

Dependendo do meio, faremos a distinção da propagação nos sólidos, líquidos e gases.

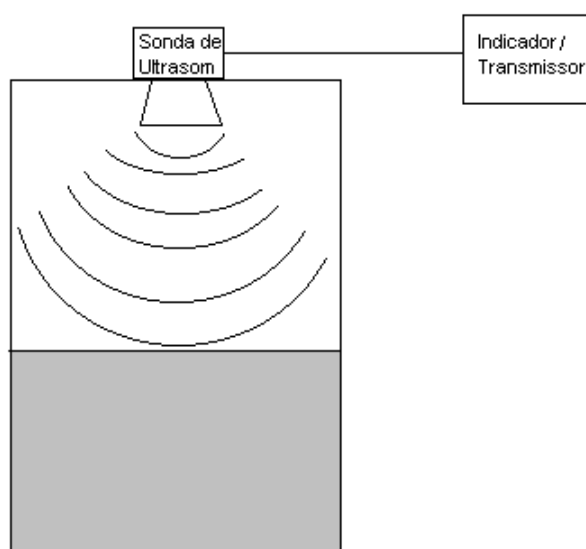
Assim sendo, a velocidade do som é a base para a medição através da técnica de eco, usada nos dispositivos ultra-sônicos.

### 2.2.7.3 - Geração do Ultra-som

As ondas de ultra-som são geradas e captadas pela excitação elétrica de materiais piezoelétricos.

A característica marcante dos materiais piezoelétricos é produção de um frequência quando aplicamos uma tensão elétrica. Assim sendo, eles podem ser usados como gerador de ultra-som, compondo, portanto, os transmissores.

Inversamente, quando se aplica uma força em uma material piezoelétrico, ou seja quando ele recebe um sinal de frequência, resulta o aparecimento de uma tensão elétrica no seu terminal. Nesta modalidade, o material piezoelétrico é usado como receptor do ultra-som.



## 2.2.8 – MEDIÇÃO DE NÍVEL POR RADAR

### 2.2.8.1 – Princípio de Operação

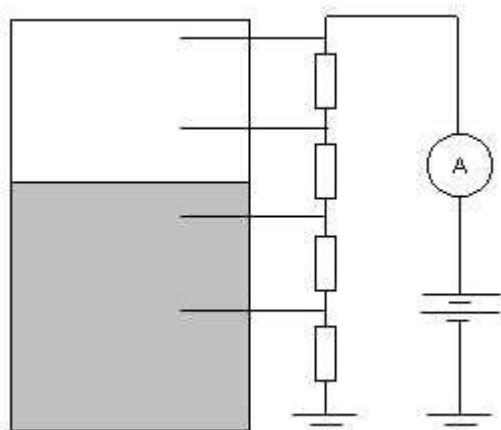
O sinal de radar é emitido por uma antena, que reflete na superfície do produto, e retorna novamente depois de um intervalo de tempo que é proporcional a distância entre a antena e a superfície do produto. A sinal é gerado por um sistema chamado FMCW ( Frequency Modulated Continuous Wave ). Esta frequência gerada é da ordem de 8,5 a 9,9 Ghz.

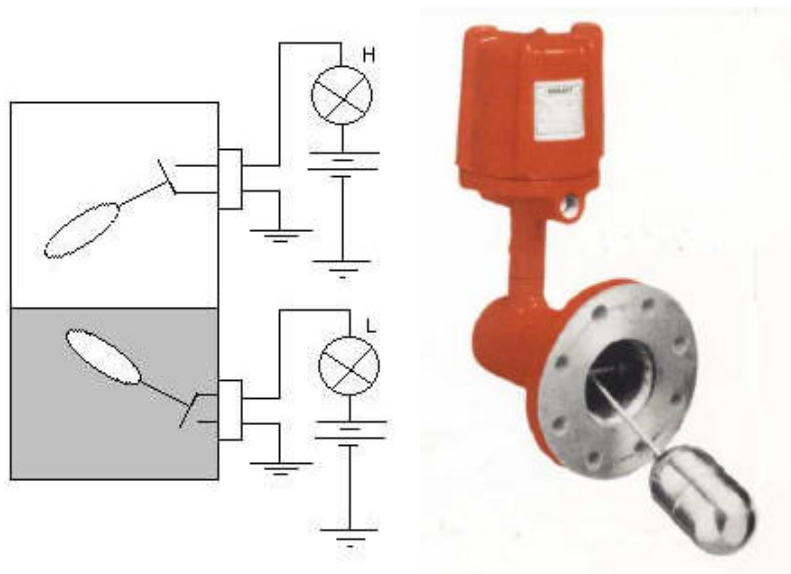
### 2.2.8.2 – Aplicação

Serve para medir distância, nível, volume, líquidos com espumas, tanques de armazenamento com agitadores etc.



## 2.3 - MEDIDORES DESCONTÍNUOS DE NÍVEL





Estes medidores são empregados para fornecer indicação apenas quando o nível atinge certos pontos desejados.

Nos líquidos que conduzem eletricidade, podemos mergulhar eletrodos metálicos de comprimento diferente. Quando houver condução entre os eletrodos teremos a indicação de que o nível atingiu a altura do último eletrodo alcançado pelo líquido.

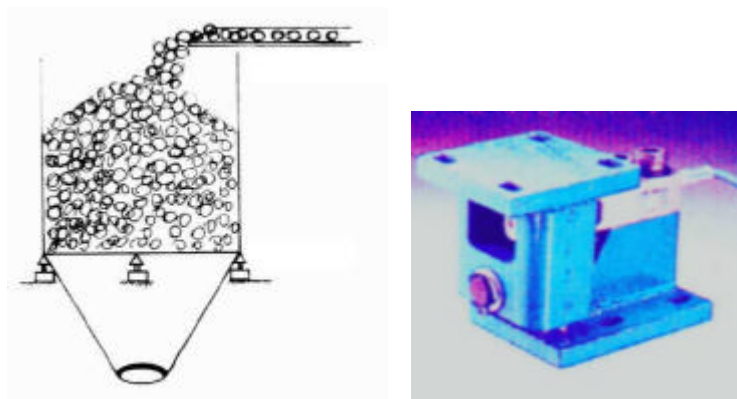
### 3 - MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE SÓLIDOS

É necessário medir o nível dos sólidos, geralmente em forma de pó ou grãos, em silos, alto - fornos etc., pelos mesmos motivos da medição de nível dos líquidos.

Esta medição é comumente feita por dispositivos eletromecânicos, onde é colocada uma sonda sobre a carga ou conteúdo. o cabo da sonda movimenta um transdutor eletromecânico, que envia um sinal para um indicador, cuja a escala é graduada para nível.

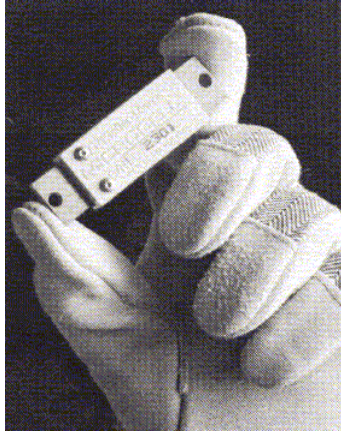
Em algumas aplicações mais recentes já é muito comum as indústrias em geral utilizarem células de cargas, como mostra a figura abaixo.

Para se instalar este tipo de sensor, é necessário que corte os “pés dos silos”, para que o silo fique apoiado sobre o sensor, conforme mostra a figura abaixo.





Mais recentemente foram desenvolvidas novas células de cargas, que não necessitam mais cortar as estruturas do silos. Elas estão presas na estrutura do silo apenas com dois parafusos. Elas conseguem perceber a modificação da estrutura do material metálico a qual estão presas. A figura abaixo mostra o aspecto físico destas células de cargas.



Também são usados raios gama , capacitivo, ultra-som para determinar o nível de sólidos.

## EXERCÍCIOS

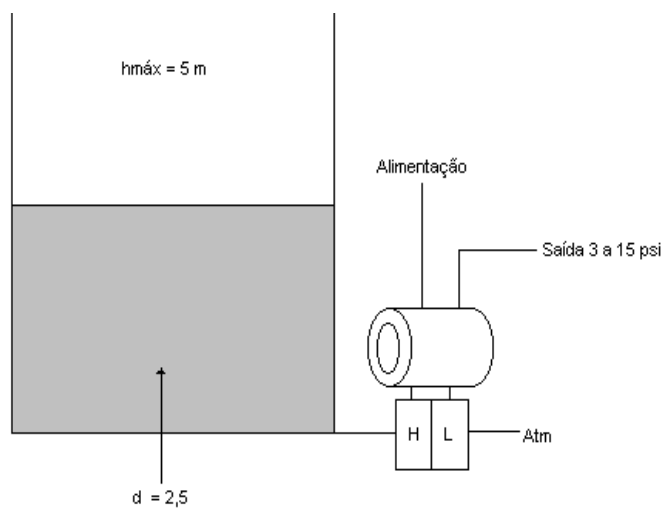
- 1 - Defina o que é nível.
- 2 - Qual a finalidade da medição de nível?
- 3 - Cite 3 métodos de medição de nível?
- 4 - Cite 3 tipos de medidores diretos de nível?
- 5 - No que consiste o medidor de nível tipo régua?
- 6 - Qual o princípio de funcionamento dos visores de nível?
- 7 - No que consiste o medidor de nível tipo bóia?
- 8 - Quais as propriedades físicas usadas na medição de nível indireta?
- 9 - Em que teorema se baseia a medição de nível por pressão?
- 10 - Calcule a pressão no fundo de um reservatório cujo nível da água está a 2,5 m da base.

11 - Calcule a pressão no fundo de um tanque de óleo cujo nível está a 3 m da base. A densidade do óleo é de 0,8.

12 - Determine o pedido:

a) Range do instrumento: \_\_\_\_\_ mmH<sub>2</sub>O

b) Saída do instrumento quando o nível for 78%: \_\_\_\_\_ psi



13 - Explique em que situação de instalação, se deve fazer o ajuste de supressão de zero em um transmissor de nível pôr pressão diferencial.

14 - Calcule o pedido:

a) 60% da faixa de 30 mmHg à 50 mmHg = \_\_\_\_\_

b) 4% da faixa de 13 "H<sub>2</sub>O à 25 "H<sub>2</sub>O = \_\_\_\_\_

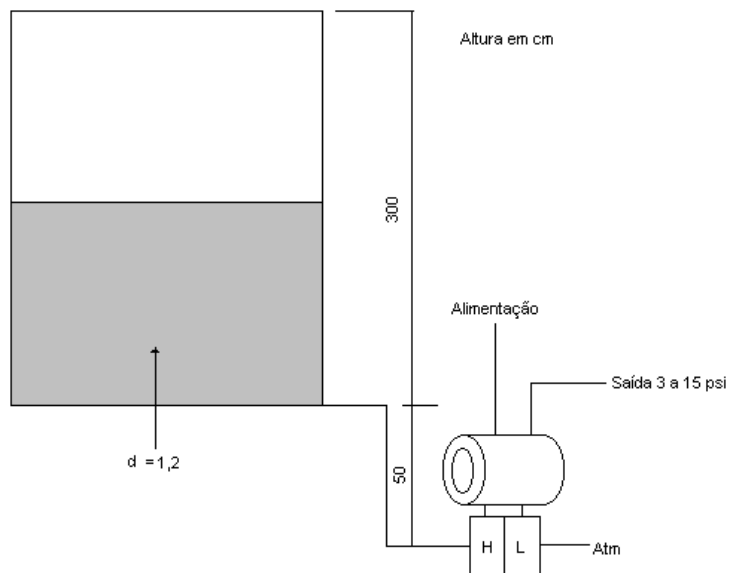
c) 70% da faixa de 50 "Hg à 200 "Hg = \_\_\_\_\_

d) 30% da faixa de 20 mmH<sub>2</sub>O à 100 mmH<sub>2</sub>O = \_\_\_\_\_

e) 40% da faixa de 100 mmCA à 500 mmCA = \_\_\_\_\_

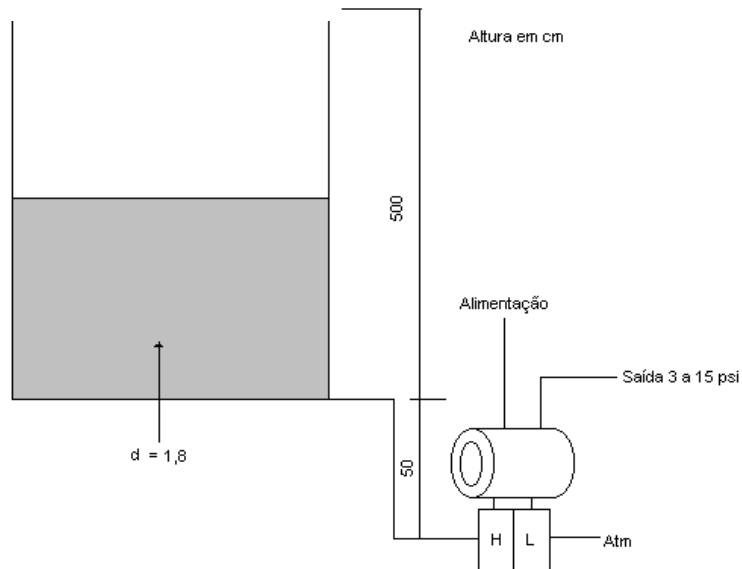
15 - Calcule o range do instrumento em mmH<sub>2</sub>O:

Range = \_\_\_\_\_ mm H<sub>2</sub>O



16 - Determine o pedido:

- a) Range do instrumento: \_\_\_\_\_ "H<sub>2</sub>O
- b) Saída do instrumento quando o nível for 37%: \_\_\_\_\_ psi
- c) Nível quando a saída for 13,6 psi: \_\_\_\_\_ %



17 - Como é feita a medição de nível indireta em tanques fechados e pressurizados?

18 - Explique em que situação de instalação, se deve fazer o ajuste de elevação de zero em um transmissor de nível por pressão diferencial.

19- Calcule o pedido:

- a) 20% da faixa de -100 mmHg à 200 mmHg = \_\_\_\_\_

b) 42% da faixa de  $-50 \text{ "H}_2\text{O}$  à  $100 \text{ "H}_2\text{O}$  = \_\_\_\_\_

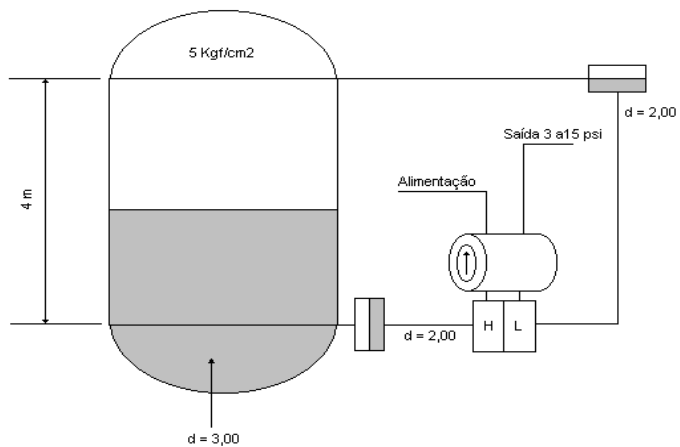
c) 81% da faixa de  $-500 \text{ mmH}_2\text{O}$  à  $800 \text{ mmH}_2\text{O}$  = \_\_\_\_\_

d) 73% da faixa de  $-20 \text{ mmCA}$  à  $120 \text{ mmCA}$  = \_\_\_\_\_

e) 93% da faixa de  $-150 \text{ "Hg}$  à  $20 \text{ "Hg}$  = \_\_\_\_\_

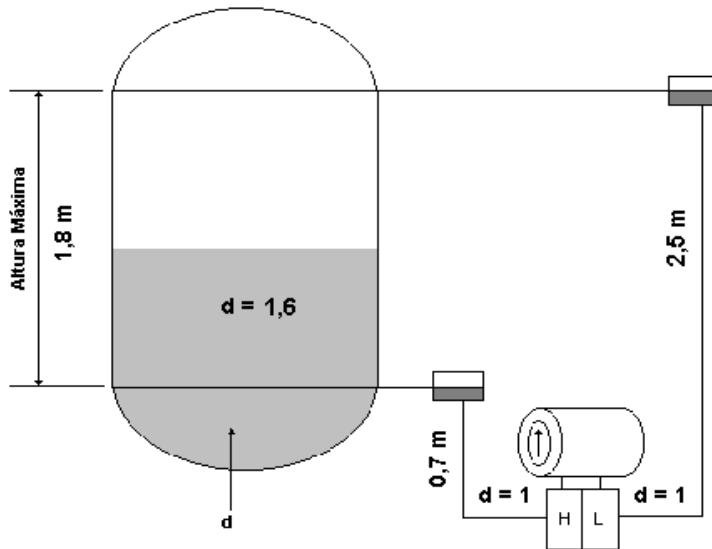
20 - Determine o range do instrumento em  $\text{mmH}_2\text{O}$ :

Range = \_\_\_\_\_  $\text{mmH}_2\text{O}$



21 - Determine o range do instrumento em "H<sub>2</sub>O":

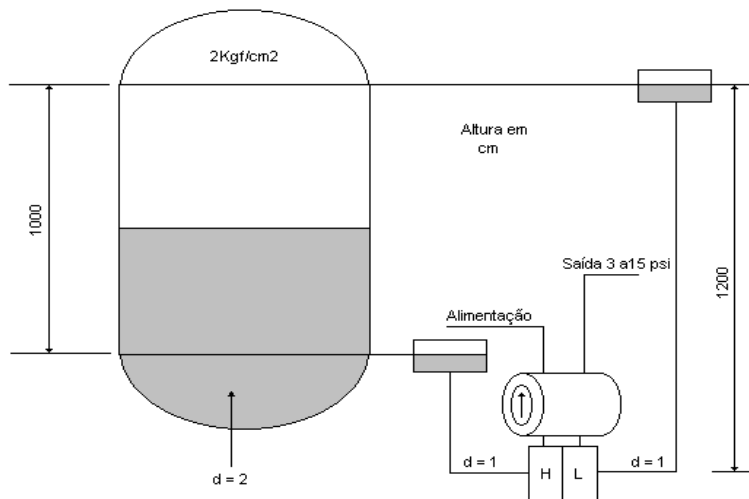
Range = \_\_\_\_\_ "H<sub>2</sub>O



22 - Determine o pedido:

a) Range do instrumento: \_\_\_\_\_ mmH<sub>2</sub>O

b) Saída do instrumento quando o  $\Delta P$  FOR = 0 mmH<sub>2</sub>O : \_\_\_\_\_ psi



23- Quais são as aplicações da medição de nível com borbulhador?

- 24 - Para qual valor devemos ajustar a pressão do borbulhador?
- 25 - Como é composto o sistema para a medição de nível com borbulhador?
- 26 - Como deve ser feito o ajuste do borbulhador?
- 27 - O que podemos instalar na tubulação por onde fluirá o ar ou gás?
- 28 - Em que princípio se baseia a medição de nível por empuxo?
- 29 - O que diz o princípio de Arquimedes?
- 30 - Qual a fórmula matemática que define o empuxo?
- 31 - Em que situação do processo ocorre a medição de nível por interface?
- 32 - Defina o que é interface.
- 33 - Qual a vantagem da medição de nível por raios gamas?
- 34 - No que consiste a medição de nível por raios gamas?
- 35 - Na medição de nível capacitivo , o que forma o capacitor?
- 36- Normalmente como é o elemento sensor da medição de nível capacitiva?



37 - Na medição de nível capacitivo, quando os líquidos forem condutores o que devemos fazer?

38 – Como são geradas e medidas as ondas do ultra-som ?

39 – Cite duas aplicações onde é utilizado o medidor tipo radar, em que não poderia ser utilizado o medidor tipo ultra-som.

40 - Defina o que são medidores descontínuos de nível.

41 - Quais são os dispositivos utilizados na medição de nível de sólidos?