



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

**VARIAÇÕES DIURNAS NA PRESSÃO ATMOSFÉRICA:  
UM ESTUDO INVESTIGATIVO BASEADO  
NA UTILIZAÇÃO DA PLACA ARDUINO**

***ANEXO I – Roteiro didático***

Luiz Raimundo Moreira de Carvalho

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Luiz Raimundo Moreira de Carvalho, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Helio Salim de Amorim

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2014

C331v Carvalho, Luiz Raimundo Moreira de

Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino / Luiz Raimundo Moreira de Carvalho. – Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2014.

xxiii, 234 f. : il. ; 30cm

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientador: Dr. Helio Salim de Amorim

Referências Bibliográficas: f. 133-143.

1. Física - ensino e aprendizagem. 2. Pressão atmosférica. 3. Atividade experimental investigativa. I. Amorim, Helio Salim de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino.

CDD 530.07

A dissertação de mestrado *Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino* e seus materiais instrucionais, assim como os *sketches* para Arduino, podem ser obtidos em:

[http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes.html](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes.html)

# VARIAÇÕES DIURNAS NA PRESSÃO ATMOSFÉRICA:

## UM ESTUDO INVESTIGATIVO BASEADO NA UTILIZAÇÃO DA PLACA ARDUINO

Luiz Raimundo M. de Carvalho – PEF-IF / UFRJ ; ETEHL / FAETEC [ [luiz.fisica.prof@gmail.com](mailto:luiz.fisica.prof@gmail.com) ]

Helio Salim de Amorim – IF / UFRJ [ [hsalim@if.ufrj.br](mailto:hsalim@if.ufrj.br) ]

### 1 – As marés oceânicas

Você conhece as marés oceânicas? As marés oceânicas são fenômenos que consistem em alterações no nível da água do mar ao longo do dia. A diferença entre o nível máximo atingido pela água (maré alta) e o nível mínimo (maré baixa) costuma ser chamado de *amplitude*.



As amplitudes das marés na Baía de Fundy, localizada entre as províncias de New Brunswick e Nova Scotia, no Canadá, estão entre as maiores do mundo. Para você ter uma ideia, na localidade de Burntcoat Head, em Nova Scotia, as amplitudes das marés chegam a aproximadamente 11,7 m de altura!



Baía de Fundy / Canadá



Localidades na província de Nova Scotia / Canadá

Veja nas fotografias abaixo a impressionante diferença entre a maré alta e a maré baixa em Alma, localizada ao norte de Nova Scotia. As fotografias foram tiradas no mesmo dia, com apenas algumas horas de diferença.



*Maré alta em Alma  
(Nova Scotia / Canadá)*



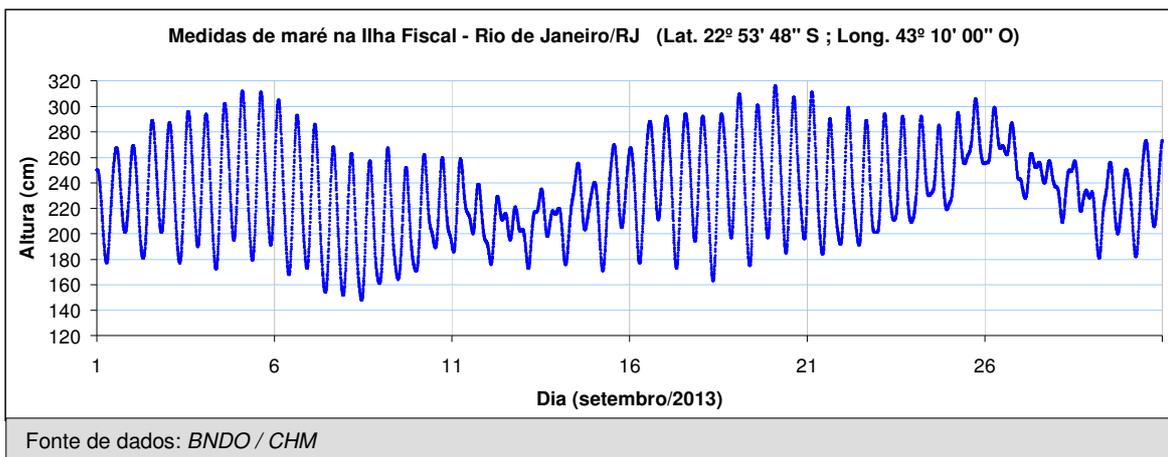
*Maré baixa em Alma  
(Nova Scotia / Canadá)*

Confira pelo link do vídeo abaixo as marés em Hall's Harbour, uma comunidade pesqueira localizada na Baía de Fundy.

<http://www.youtube.com/watch?v=hbzwzrZXUKA>

Se você mora em uma cidade litorânea, talvez já tenha observado o fenômeno das marés. Entretanto, existem muitos lugares em que a amplitude das marés atinge apenas poucos centímetros, o que torna mais difícil perceber com clareza as variações no nível da água do mar.

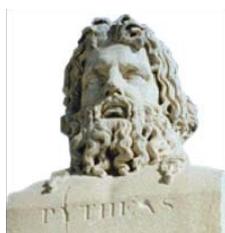
As marés na Baía da Guanabara, no Rio de Janeiro, não têm amplitudes tão grandes como as marés na Baía de Fundy. O gráfico a seguir mostra as oscilações no nível da água registradas na estação maregráfica da Ilha Fiscal, localizada na Baía da Guanabara. Veja no gráfico que, em setembro de 2013, o nível da água oscilou, no máximo, algo em torno de 1,4 m.



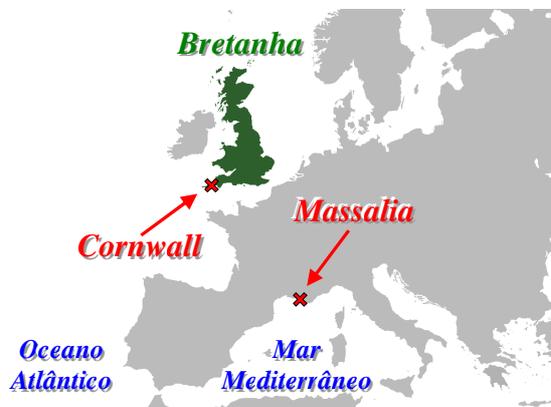
As amplitudes das marés oceânicas variam de acordo com a localidade em função de diversos fatores, tais como a localização geográfica (latitude e longitude), o perfil da costa litorânea, a profundidade e as irregularidades do piso oceânico e a ação dos ventos. Esses e outros fatores importantes afetam as medidas de maré registradas em diferentes localidades.

## **2 – Breve histórico das marés oceânicas**

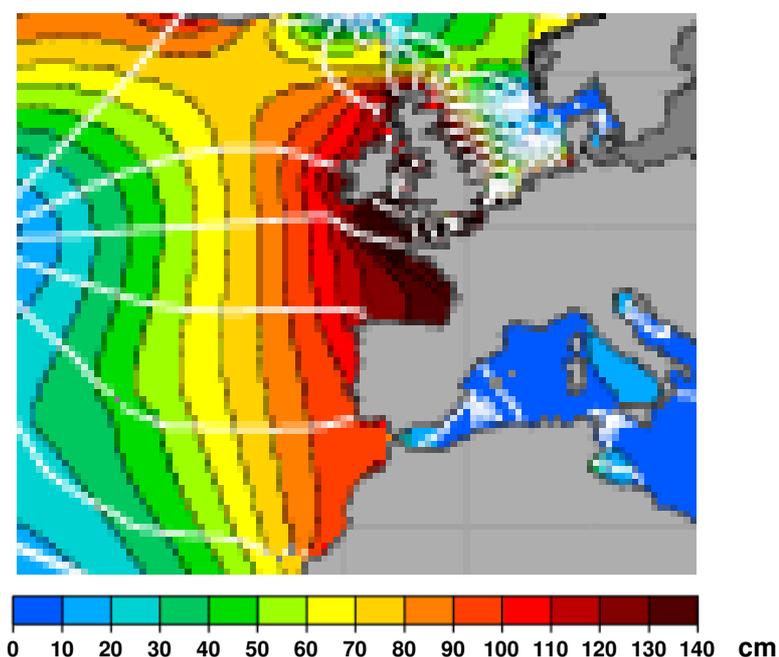
A maré oceânica é um fenômeno conhecido desde a Antiguidade. O explorador grego Píteas (séc. IV a.C.), partindo de Massalia (atual Marselha, na França), navegou pelo Mar Mediterrâneo em direção ao Oceano Atlântico e posteriormente rumou para o Norte. Segundo os relatos históricos, Píteas teria circunavegado a Bretanha. Na ocasião, ele visitou as minas de estanho de Cornwall, onde observou marés de amplitudes consideráveis.



*Busto que representa Píteas*



Os povos das regiões situadas no Mar Mediterrâneo conheciam muito pouco ou praticamente nada sobre o fenômeno da maré oceânica. Isso porque no Mar Mediterrâneo a amplitude das marés é muito pequena (entre 0 e 10 cm de altura), quase insignificante, como mostra o mapa esquematizado na figura abaixo. Píteas pôde observar marés de maior amplitude e alcance, ao navegar por parte da costa atlântica da Europa. Você pode ver pelo mapa que nessas regiões costeiras fora do Mediterrâneo, por onde o navegador grego passou, as amplitudes das marés variam entre 90 cm e 140 cm.



### **3 – Uma causa para as marés oceânicas**

O que explica o fenômeno das marés? No século I d.C., Caius Plinius Secundus (também conhecido como Plínio, o Velho) já afirmava:

A causa das marés  
está no Sol e na Lua.



*Plínio, o Velho*  
(23 – 79 d.C.)

Ao longo dos séculos, diversos pensadores tentaram, de diferentes maneiras, explicar o fenômeno das marés. Vejamos algumas propostas:

A Lua emite raios de atração que atingem a água dos oceanos e criam as marés altas.



*Roger Bacon*  
(c. 1214 – 1294)

As marés são produzidas pelo movimento combinado de rotação e de translação da Terra. Portanto, as marés são mais uma prova de que a Terra está em movimento.



*Galileo Galilei*  
(1564 – 1642)

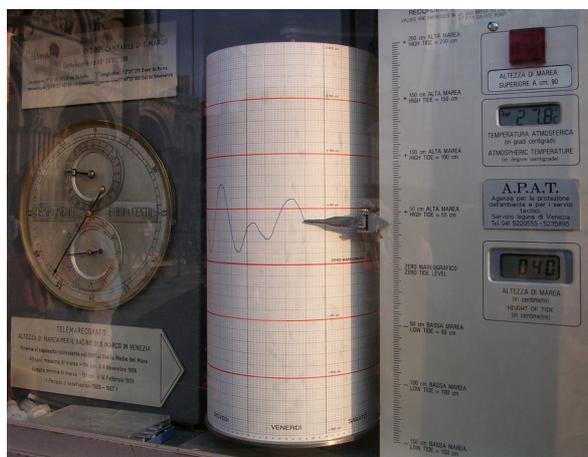
A força de atração gravitacional sobre a água dos oceanos produz as marés oceânicas. Nesse caso, essa força da gravidade é exercida pela Lua e, em parte, também pelo Sol.



*Isaac Newton*  
(1642 – 1727)

#### **4 – Investigações sobre as marés oceânicas**

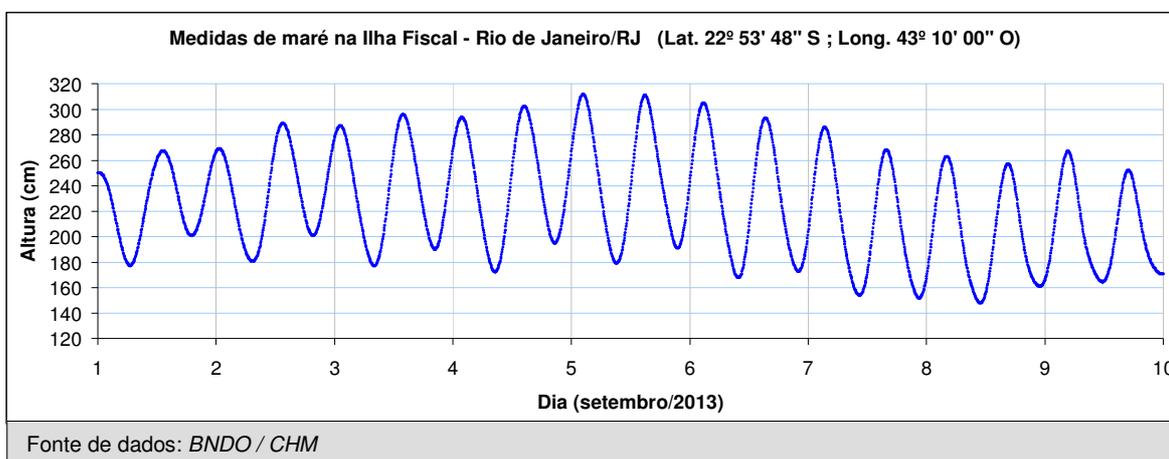
A medida da variação no nível da água com o passar do tempo pode ser feita por um instrumento chamado *marégrafo* (que também é conhecido como *mareógrafo*, *marêmetro* ou *mareômetro*). Veja um exemplo de um marégrafo na fotografia abaixo.



*Marégrafo na Praça de San Marco - Veneza / Itália*

Através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil (CHM), você pode obter dados sobre as marés de diferentes estações maregráficas brasileiras (confira uma lista das estações em <http://www.fundacaofemar.org.br/estacoes-indice.php>). Os dados coletados podem ser analisados e ajudam na compreensão do comportamento das marés. Para obter dados do BNDO, você e seu professor de Física podem escrever um *e-mail* para [bndo@chm.mar.mil.br](mailto:bndo@chm.mar.mil.br), seguindo as orientações do CHM em [http://www.mar.mil.br/dhn/chm/chm\\_new/aceso\\_dados.html](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/chm_new/aceso_dados.html).

Dependendo da estação maregráfica que realiza as medidas da altura do nível da água do mar, as informações podem ser registradas em um gráfico chamado *maregrama* (é o caso da fotografia do marégrafo de San Marco). Mas em outros casos os dados são armazenados em formato digital (é o caso da estação maregráfica da Ilha Fiscal, no Rio de Janeiro, que utiliza um radar para medir o nível da água do mar na Baía de Guanabara). Nesses casos, você mesmo pode construir seu “maregrama digital”, utilizando um programa para tratamento de dados e traçado de gráficos. Veja um exemplo abaixo, feito com o *Microsoft Excel 2003*.



Repare no gráfico acima que aparentemente temos duas marés altas e duas marés baixas por dia. Esse fato sempre intrigou muito todos aqueles que tentaram explicar o fenômeno das marés. Você seria capaz de explicá-lo? Que teoria deve ser a mais adequada para explicar esse fato?

Talvez você já tenha ouvido falar que as marés são mesmo produzidas pela força da gravidade da Lua e do Sol, como Newton havia proposto. Mas será que podemos estabelecer alguma relação entre os dados de maré e esses dois astros? A partir do momento que você tiver seus dados de maré, muitas investigações poderão ser feitas.

*Algumas propostas de investigação:*

1 Como você deve proceder para encontrar o período das oscilações das marés a partir das medidas da altura do nível do mar?

2 O período das oscilações das marés oceânicas está, de certa forma, relacionado com alguma característica do movimento lunar (ou do movimento solar)?

3 Você conhece as características do movimento lunar? Sabe quais são os períodos do “dia lunar”, do “mês lunar” e do “mês anomalístico”? Sabe como explicar esses períodos?

4 Você já viu um calendário lunar? Sabe para que ele serve? Sabe como usá-lo?

5 Existe com o passar dos dias alguma variação na amplitude das marés? O que você pode afirmar sobre isso quando analisa as oscilações no nível da água em torno de datas que marcam determinadas fases da Lua?

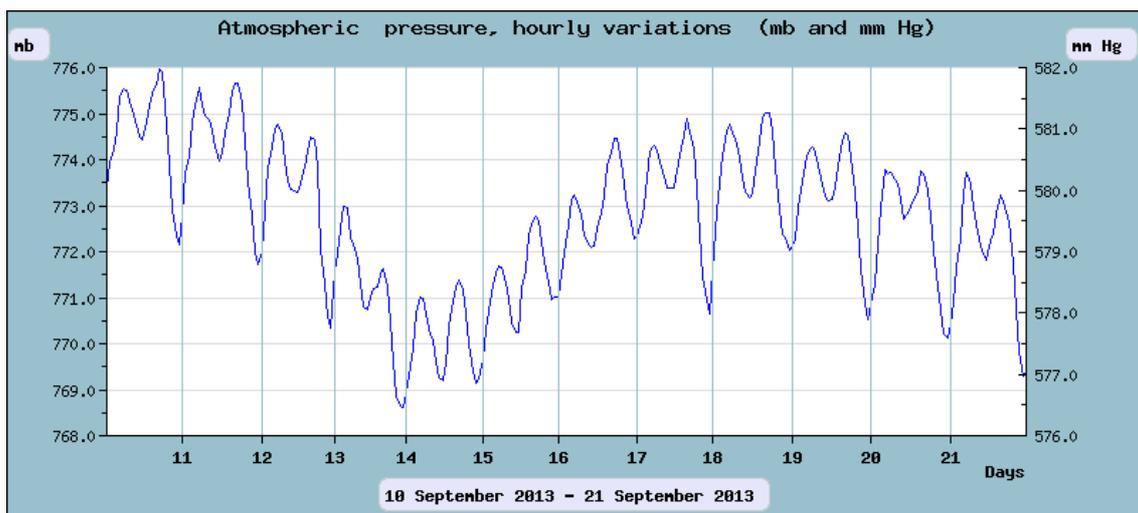
6 Como a gravidade do Sol interfere nas marés oceânicas? As oscilações no nível do mar apresentam características que podem ser atribuídas à ação gravitacional do Sol?

7 Você sabe o que é uma “maré de sizígia”? E uma “maré de quadratura”? Sabe explicar a diferença entre elas ou explicar por que elas existem?

Certamente você pode pensar em outras propostas de investigação, além das que foram apresentadas, incluindo o desenvolvimento de modelos matemáticos que expliquem as características do fenômeno observado. Seu professor de Física também pode sugerir outras linhas de investigação.

### 5 – As marés atmosféricas

Observe o gráfico abaixo. Ele apresenta o comportamento da pressão atmosférica na Cidade do México, entre 10 e 21 de setembro de 2013.



Reparou como nesse gráfico a pressão atmosférica parece se comportar de forma parecida como se comporta a altura do nível da água em um maregrama? Por analogia com as marés oceânicas, esse fenômeno de oscilação na pressão atmosférica é conhecido como **marés atmosféricas** (ou **marés barométricas**). Observe no gráfico que, aparentemente, temos duas “marés barométricas altas” e duas “marés barométricas baixas” por dia. Mas como podemos explicar esse fenômeno?

Já que o comportamento oscilante da pressão atmosférica é tão parecido com o da água do mar, será que as marés atmosféricas também podem ser explicadas pela ação gravitacional da Lua e do Sol? Nesse caso, a força da gravidade seria capaz de produzir tanto as marés oceânicas quanto as marés atmosféricas? Que tal realizar um estudo comparativo entre esses dois fenômenos?

A força gravitacional resultante da combinação da gravidade da Lua com a gravidade do Sol é chamada de “força das marés”. Essa força afeta a Terra de diversas maneiras. Newton previu que a força das marés deveria afetar tanto a massa de água dos oceanos quanto a massa de ar da atmosfera, produzindo, assim, marés barométricas.

A força das marés deve causar marés atmosféricas, da mesma forma que causa as marés oceânicas. Sendo assim, devemos observar oscilações na pressão atmosférica.



*Isaac Newton*  
(1642 – 1727)

Mas por que as marés atmosféricas se manifestam através de oscilações na pressão atmosférica? Para entender esse fato, você deve primeiro conhecer algumas coisas sobre a pressão atmosférica.

## **6 – A pressão atmosférica**

Em 1643, Vincenzo Viviani e Evangelista Torricelli realizaram um famoso experimento, hoje conhecido como “experiência de Torricelli”.



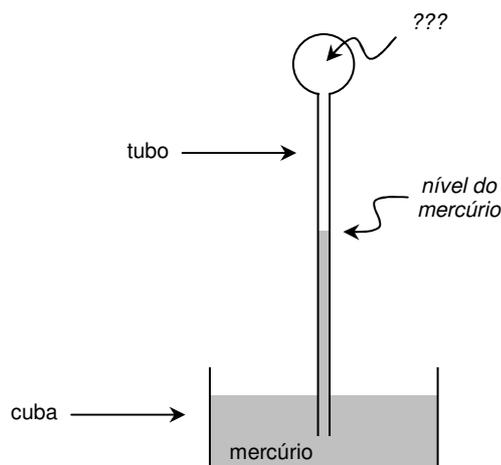
*Evangelista Torricelli*  
(1608 – 1647)



*Vincenzo Viviani*  
(1622 – 1703)

Eles utilizaram um tubo de vidro com um comprimento da ordem de um metro, fechado em uma extremidade e aberto na outra. O tubo foi preenchido com mercúrio e emborcado em uma cuba, que também armazenava mercúrio.

Veja o resultado:

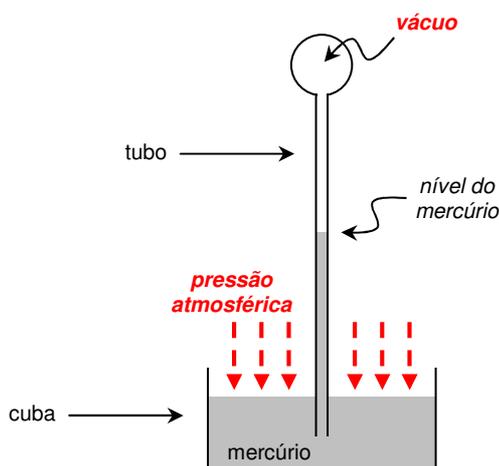


O mercúrio dentro do tubo desceu, mas não totalmente. Uma “coluna de mercúrio” permaneceu estacionada, e agora é preciso explicar o que há no espaço sobre essa coluna dentro do tubo. O que você acha que existe ali?

Além disso, é preciso explicar por que o mercúrio dentro do tubo não desce totalmente. Algumas pessoas podem afirmar que a coluna de mercúrio não desce porque no espaço sobre ela existe um vácuo dentro do tubo, que puxa o mercúrio para cima. A interpretação do vácuo (ou da rarefação do ar) como uma “força que puxa” também costuma ser usada para explicar, por exemplo, por que um líquido sobe por um canudo quando o ar interno ao canudo é aspirado. Também é comum ouvir dizer que em uma corrida automobilística os pilotos tentam usar o “vácuo” produzido pelo adversário à sua frente como um auxílio para a ultrapassagem, já que esse vácuo, puxando o carro para frente, faz ele ganhar uma velocidade adicional. Essas explicações parecem fazer sentido para você?



Torricelli concorda que o espaço vazio dentro do tubo é realmente vácuo. Entretanto, ele argumenta que a explicação para a manutenção da coluna líquida está fora do tubo, não dentro dele. Devemos prestar atenção na ação da atmosfera sobre a superfície livre do mercúrio contido na cuba. Veja na figura abaixo um esquema da interpretação de Torricelli.

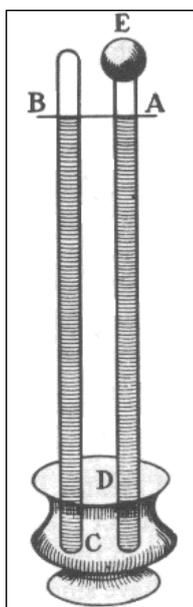


Para esse cientista, a atmosfera “empurra” a superfície do mercúrio na cuba, e é isso que mantém o nível dentro do tubo. O vácuo existe dentro do tubo, mas não está puxando nada. Afinal, o vácuo é um espaço vazio! Sendo assim, a posição de equilíbrio do instrumento pode ser interpretada como sendo resultante de duas ações que se opõem: uma é a pressão interna ao instrumento, que é exercida pelo peso da coluna de mercúrio; a outra é a pressão externa ao instrumento, que é exercida pelo peso do ar atmosférico.

Na época em que Torricelli viveu, muitas pessoas não acreditavam que o vácuo pudesse existir e por isso discordavam radicalmente da interpretação dele sobre o resultado do experimento. Atualmente, o conceito de vácuo é bem difundido, mas muitas pessoas, apesar de acharem a proposta de Torricelli sobre a ação da pressão atmosférica uma boa ideia, discordam desse cientista, pois acham que a melhor explicação para o experimento é a de que o vácuo faz uma força que puxa a coluna de mercúrio para cima dentro do tubo.

E você? O que acha das ideias de Torricelli? Como será que Torricelli explicaria outros acontecimentos, como a situação do uso do canudo ou o caso da ultrapassagem nas corridas? Pense sobre isso.

As ideias de Torricelli talvez possam parecer complicadas ou incomuns, mas ele procurou justificá-las através de alguns argumentos. Em uma carta escrita em 11 de junho de 1644 para seu colega Michelangelo Ricci, Torricelli defende resumidamente suas ideias da seguinte maneira:



Como tem sido acreditado até agora, a força que impede o mercúrio de cair é interna ao tubo e causada pelo vácuo ou por alguma substância extremamente rarefeita. Mas eu afirmo que a causa é externa e que a força vem de fora. Nós fizemos experimentos com tubos diferentes, todos inicialmente cheios de mercúrio. Depois de emborcados, o nível horizontal do mercúrio é o mesmo em todos os tubos. Isso torna quase certo que a ação não vem de dentro, porque como o tamanho dos espaços vazios são diferentes nos tubos, uma força atribuída ao vácuo deveria ser maior onde há mais espaço vazio, e por essa ideia os níveis deveriam ser diferentes, não iguais. Mas como o mercúrio atinge níveis iguais, em todos os tubos o equilíbrio é produzido pela mesma causa. Eu tenho me empenhado em explicar esse e outros resultados pelo mesmo princípio: essa causa comum é a ação da pressão atmosférica.



*Evangelista  
Torricelli  
(1608 – 1647)*

O que você achou dos argumentos apresentados por Torricelli? Eles parecem fazer sentido, não é mesmo? A pressão do ar atmosférico, por ser a mesma causa externa, produz sempre o mesmo efeito observado: a altura que as colunas de mercúrio atingem dentro de diferentes tubos é a mesma. E o mais importante é que o argumento de Torricelli sobre a pressão atmosférica explica por que não importa qual é a forma do tubo ou qual a sua inclinação.



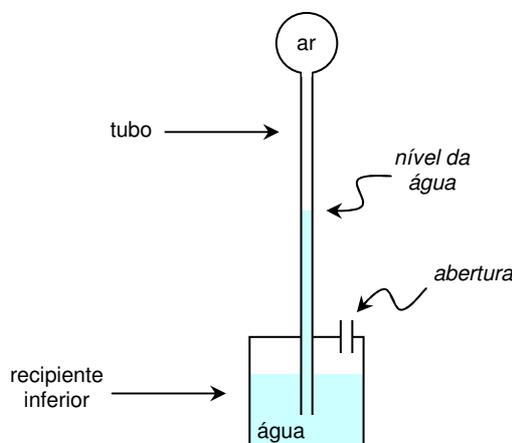
A experiência de Torricelli tem uma grande importância histórica, pois permitiu simultaneamente uma discussão profunda sobre duas coisas: o vácuo e a pressão atmosférica. O resultado do experimento constitui-se como um barômetro, pois o instrumento é capaz de detectar variações na pressão atmosférica através da mudança no nível do mercúrio contido no tubo. Na realidade, podemos dizer que, com sua experiência, Evangelista Torricelli foi o inventor do primeiro barômetro da história, uma vez que também foi o primeiro cientista a interpretar a altura da coluna de mercúrio como uma medida da pressão atmosférica.

Nós vivemos imersos em um oceano de ar, que sem dúvida exerce uma pressão. Essa pressão deve ser maior no “fundo” da atmosfera e menor quanto mais próxima estiver a sua “superfície”.



*Evangelista  
Torricelli*  
(1608 – 1647)

Antes da experiência de Torricelli, existiram outros instrumentos que também eram afetados pela pressão atmosférica. É o caso do termobaroscópio de Galileu, por exemplo (veja a figura abaixo). Entretanto, a medida da pressão atmosférica só foi possível a partir do momento em que surgiu o conceito de pressão atmosférica, e isso só ocorreu com o desenvolvimento das ideias de Torricelli. Além disso, no caso do experimento de Galileu a influência da temperatura é muito evidente, fazendo com que o instrumento seja interpretado como um termoscópio que opera pela dilatação térmica do ar contido no tubo.



## **7 – De volta às marés atmosféricas**

Agora você é capaz de entender melhor a hipótese de Newton para as marés atmosféricas. Segundo ele, a força das marés afeta a água, produzindo as marés oceânicas, mas também deveria afetar o ar atmosférico, causando marés atmosféricas. No caso da maré oceânica, o efeito produzido pela força gravitacional é observado pela alteração no nível da água do mar. Já no caso da maré atmosférica, o efeito deveria ser observado como uma oscilação da pressão, que poderia ser entendida como uma alteração no “nível de ar” da atmosfera.

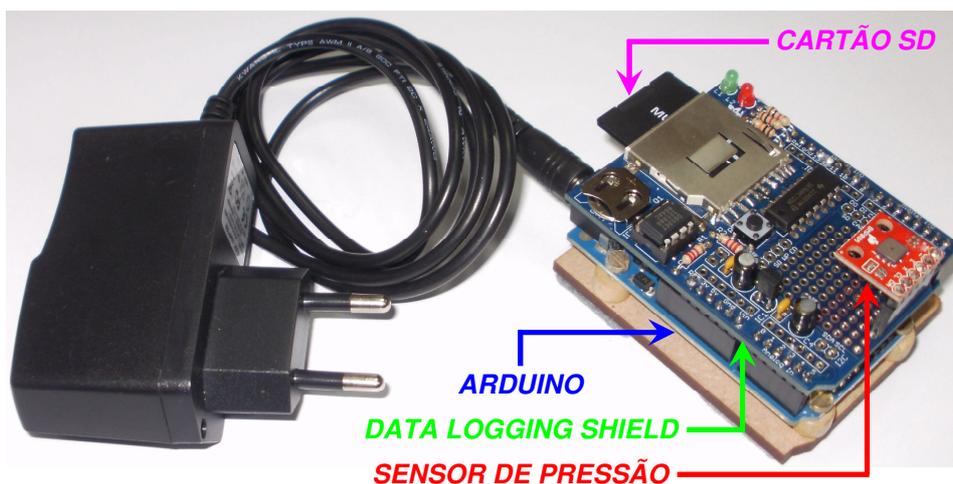
Portanto, no caso das marés oceânicas, o nível da água oscila ao longo do tempo e essas marés podem ser detectadas nos litorais através das variações na altura da água. Já as marés atmosféricas só poderiam ser observadas de forma indireta, pois a atmosfera não possui um “litoral” e tampouco uma “superfície” ou “limite superior” bem definido. Mas como estamos imersos em um “oceano de ar”, podemos medir a pressão exercida pelo ar atmosférico utilizando um barômetro.

## **8 – Projeto de instrumentação de um barômetro digital**

Você viu anteriormente que um gráfico da pressão atmosférica oscilante se parece muito com um maregrama. Newton propôs a hipótese de que a força gravitacional da Lua e do Sol também produziria marés barométricas, além das marés oceânicas. Mas para que você possa investigar as marés atmosféricas, da mesma forma que investigou as marés oceânicas, você deve primeiramente detectá-las através de medições da pressão atmosférica.

Apesar de medir bem a pressão atmosférica, um barômetro de Torricelli (assim como outros tipos de barômetros convencionais) não é adequado para detectar as marés atmosféricas se você quiser fazer um estudo investigativo mais aprofundado sobre esse fenômeno. A proposta é que você, com a ajuda de seu professor de Física, monte um projeto de instrumentação para realizar medidas automatizadas da pressão atmosférica.

A fotografia abaixo mostra uma montagem experimental que utiliza os seguintes componentes: um sensor de pressão (e temperatura), um *shield* que opera como *data logger* e salva as medidas do sensor em um cartão de memória, uma placa controladora Arduino Uno e uma fonte de alimentação de 9 V.

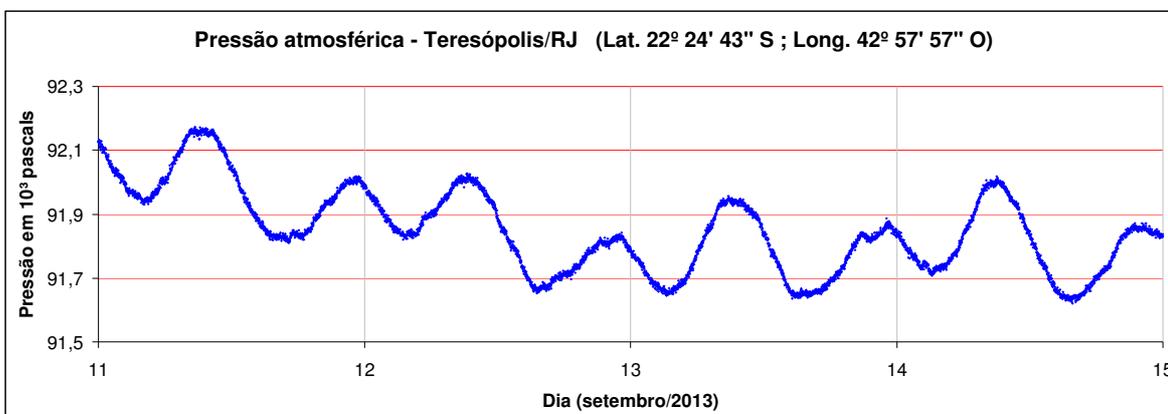
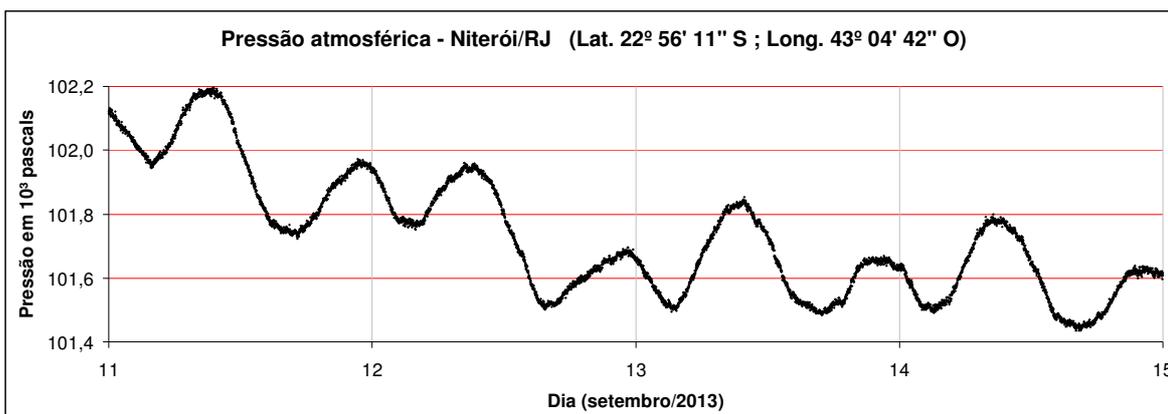


Com uma montagem como essa, você será capaz de aplicar uma atividade experimental investigativa muito interessante sobre o fenômeno das marés atmosféricas. Para investigar esse fenômeno, o primeiro passo é realizar medidas da pressão atmosférica. Que tal montar, com a ajuda do professor de Física, um projeto como esse?

### **9 – Investigações sobre as marés atmosféricas**

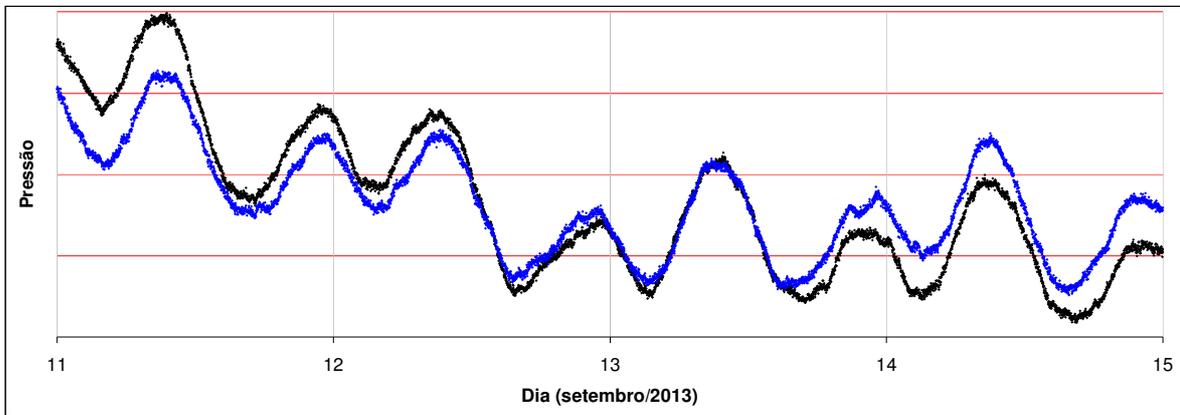
De posse de seus dados sobre a pressão atmosférica, você poderá desenvolver diversas investigações sobre as marés atmosféricas, comparando esse fenômeno com o fenômeno das marés oceânicas. Construa e analise gráficos da pressão em função do tempo. Se você também tiver medidas da temperatura ambiente (e é altamente recomendável que você também tenha medidas da temperatura, além da pressão atmosférica), construa e analise gráficos da temperatura. Proponha hipóteses físicas, avalie conceitos físicos ou aplique modelos matemáticos que expliquem os resultados.

Que tal uma mostra do que se pode tentar fazer em uma atividade experimental investigativa? Observe os gráficos a seguir (eles foram feitos com o *Microsoft Excel 2003*, mas você pode utilizar com seus dados qualquer outro programa adequado para análise de dados e traçado de gráficos). O primeiro mostra a pressão atmosférica na cidade de Niterói (RJ), entre os dias 11 e 14 de setembro de 2013. O segundo mostra a pressão em Teresópolis (RJ), no mesmo período.

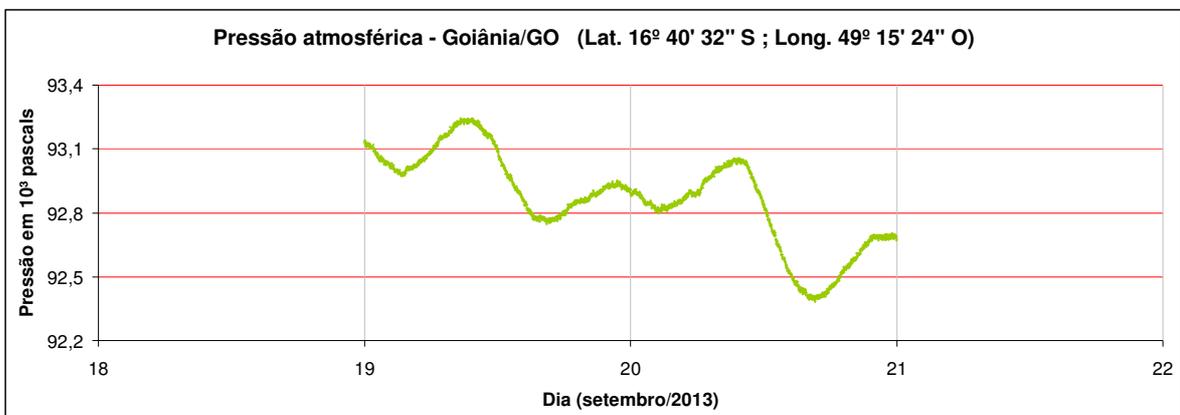
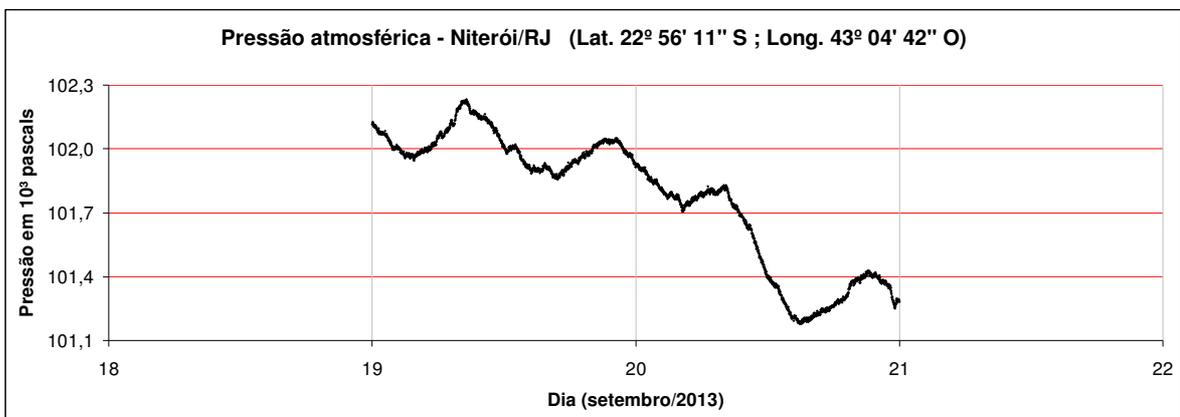


Os gráficos são parecidos, não é mesmo? (Não, eles não são iguais!) Um destaque importante: a pressão média em Niterói, no período considerado, foi de 101.732 Pa ( $\approx 763$  mmHg  $\approx 1$  atm), enquanto que em Teresópolis, foi de 91.850 Pa ( $\approx 689$  mmHg  $\approx 0,9$  atm). Você consegue explicar essa diferença? O que esses valores têm a ver com a interpretação de Torricelli da atmosfera como um “oceano de ar”?

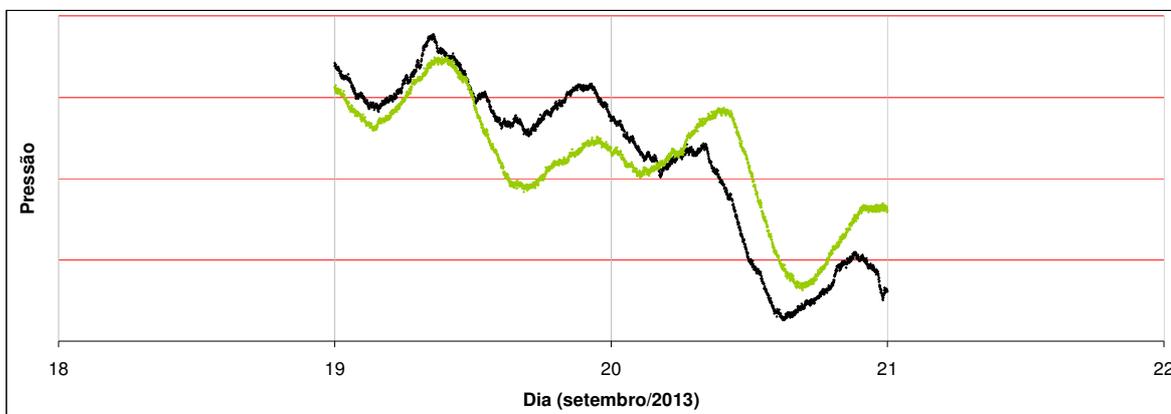
Agora vamos tentar superpor os gráficos. (Mas para isso precisamos apagar as escalas que indicam os valores de pressão. Você saberia explicar por quê?)



Interessante, você concorda? Apesar dos valores absolutos de pressão serem menores em Teresópolis do que em Niterói, as oscilações parecem ser coincidentes. (Será que são mesmo?) Agora veja a comparação entre dados de Niterói (RJ) e Goiânia (GO) nos dias 19 e 20 de setembro de 2013.



Reparou nos valores absolutos da pressão atmosférica nessas duas cidades? Agora veja os gráficos superpostos:



Se você tiver a oportunidade de trocar dados com pessoas de outras localidades e que estejam realizando medidas no mesmo período, diversas investigações interessantes podem ser feitas. (Converse com seu professor de Física sobre essa possibilidade!)

*Algumas propostas de investigação:*

1 Por que a pressão absoluta média é diferente entre algumas localidades? Que fator determina uma maior ou menor pressão absoluta média?

2 Verifique se os máximos e mínimos de pressão em duas localidades ocorrem em instantes próximos. Existe uma explicação para a proximidade desses instantes? (Ou uma explicação do porquê de eles serem diferentes? Nesse caso, que fatores determinam essa diferença?)

3 O comportamento das medidas de temperatura em duas localidades é parecido quando as pressões oscilam de forma similar? Ou a temperatura não tem qualquer relação com as oscilações barométricas?

Mesmo não conseguindo dados de pressão e temperatura de outras localidades, ainda assim você poderá desenvolver uma profunda e extensa investigação sobre as marés atmosféricas utilizando apenas as medições obtidas em seu experimento.

*Algumas propostas de investigação:*

1 Como você deve proceder para encontrar o período das oscilações de pressão?

2 O período das marés atmosféricas coincide com o das marés oceânicas? Que importância isso tem no contexto da hipótese de Newton de que as marés atmosféricas são consequências de uma ação gravitacional?

3 Você sabia que a força das marés que atua sobre um volume  $V$  de água é mais do que 850 vezes maior do que a força sobre um mesmo volume  $V$  de ar? Essa diferença é consistente com os resultados experimentais das marés oceânicas e atmosféricas?

4 As marés atmosféricas, da forma como se apresentam, podem ser explicadas como consequências de uma ação puramente gravitacional? Que papel a temperatura ambiente exerce na evolução desse fenômeno?

5 As oscilações de pressão ocorrem sempre em torno de uma mesma pressão atmosférica média ou existe, com o passar dos dias, alguma alteração no valor da pressão média? Que fator poderia explicar uma continuidade ou uma alteração observada?

6 Existe com o passar dos dias alguma variação na amplitude das marés atmosféricas? Como você poderia justificar o comportamento observado?

7 Você conhece o experimento planejado em 1648 por Blaise Pascal e realizado por seu cunhado, Périer, que mediu, em um mesmo dia, a pressão atmosférica na cidade francesa de Clermont e no topo de um vulcão extinto chamado Puy de Dôme? Você sabe o que Pascal e Périer descobriram? Sabe qual é a importância que esse experimento tem para a História da Ciência?

### **Considerações finais**

Além das propostas de investigação que foram apresentadas até aqui, você e seu professor de Física podem desenvolver muitas outras ideias relacionadas a uma atividade experimental investigativa para o estudo comparativo entre as marés atmosféricas e as marés oceânicas. Esperamos que a proposta deste trabalho não só torne o estudo de Física mais prazeroso, como também que contribua para uma melhor aprendizagem desta ciência.

\* \* \*

***Agradecimento:***

Aos alunos da **Escola Técnica Estadual Henrique Lage** que participaram da implantação do piloto do projeto “*Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino*” em outubro/novembro de 2013.

**TURMA 1231** (Eletrônica);

**TURMA 1232** (Eletrônica), em especial aos alunos

Aeverson Alcântara de Araújo,  
Anderson Guimarães Lopes de Souza,  
Hebert Araujo de Souza &  
Julyana Inácio Silva;

**TURMA 2231** (Eletrônica), em especial aos alunos

Artur Santana Arruda &  
Stephani Marins Rezende

**TURMA 2331** (Eletrotécnica), em especial aos alunos

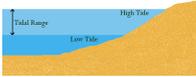
Afonso Lima de Oliveira,  
Alessandra Bento de Souza,  
Aluizio Santos de Andrade Filho,  
Ebert Martins Dutra Amarante,  
Flávia Milone Soares,  
Matheus de Castro Ramos Fialho,  
Matheus Gomes Andrade,  
Murilo Theodoro Araujo,  
Renan Jardim Manarte &  
Vagner Sales Felinto;

**TURMA 2431** (Estruturas Navais), em especial aos alunos

Juliana Freitas Fernandes,  
Nínive dos Santos Moraes de Barros &  
Pablo Salles de Souza Abreu.

\* \* \*

## Fontes das imagens na internet:



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tidal\\_Range.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tidal_Range.jpg)



<http://www.bayoffundytourism.com/>



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Canada\\_Nova\\_Scotia\\_location\\_map\\_2.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Canada_Nova_Scotia_location_map_2.svg)



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bay\\_of\\_Fundy\\_High\\_Tide.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bay_of_Fundy_High_Tide.jpg)



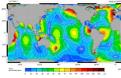
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bay\\_of\\_Fundy\\_Low\\_Tide.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bay_of_Fundy_Low_Tide.jpg)



<http://diatribe-column.blogspot.com.br/2011/02/pytheas-real-odysseus.html>



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kingdom\\_of\\_Great\\_Britain.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kingdom_of_Great_Britain.png)



<http://svs.gsfc.nasa.gov/stories/topex/tides.html>



<http://fineartamerica.com/featured/1-pliny-the-elder-roman-naturalist-sheila-terry.html>



<http://www.memoryprints.com/image/97740/unattributed-roger-bacon-english-philosopher-and-scientist-13th-century>



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo\\_by\\_leoni.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo_by_leoni.jpg)



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg>



<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mareografo.JPG>



<http://www.cosmicrays.unam.mx>



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Libr0367.jpg>



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vincenzo\\_Viviani.jpeg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vincenzo_Viviani.jpeg)



[http://www.iplay.com.br/Imagens/Divertidas/0iTP/Gato\\_Bebendo\\_Suco\\_Em\\_Um\\_Copo\\_De\\_Canudinho](http://www.iplay.com.br/Imagens/Divertidas/0iTP/Gato_Bebendo_Suco_Em_Um_Copo_De_Canudinho)



<http://fanaticoporvelocidade.blogspot.com.br/2013/02/resumo-do-final-de-semana-da-etapa-de.html>



<http://web.lemoyne.edu/~giunta/torr.html>



<http://www.imss.fi.it/vuoto/eesper2.html>