

2493

# Agulhas gyroscopicas

(DESCRIPÇÃO E USO)

E o seu confronto com a agulha magnetica

PELO

CAPITÃO DE FRAGATA E ENGENHEIRO HYDROGRAPHO

*A. RAMOS DA COSTA*

(DE VARIAS ACADEMIAS SCIENTIFICAS)



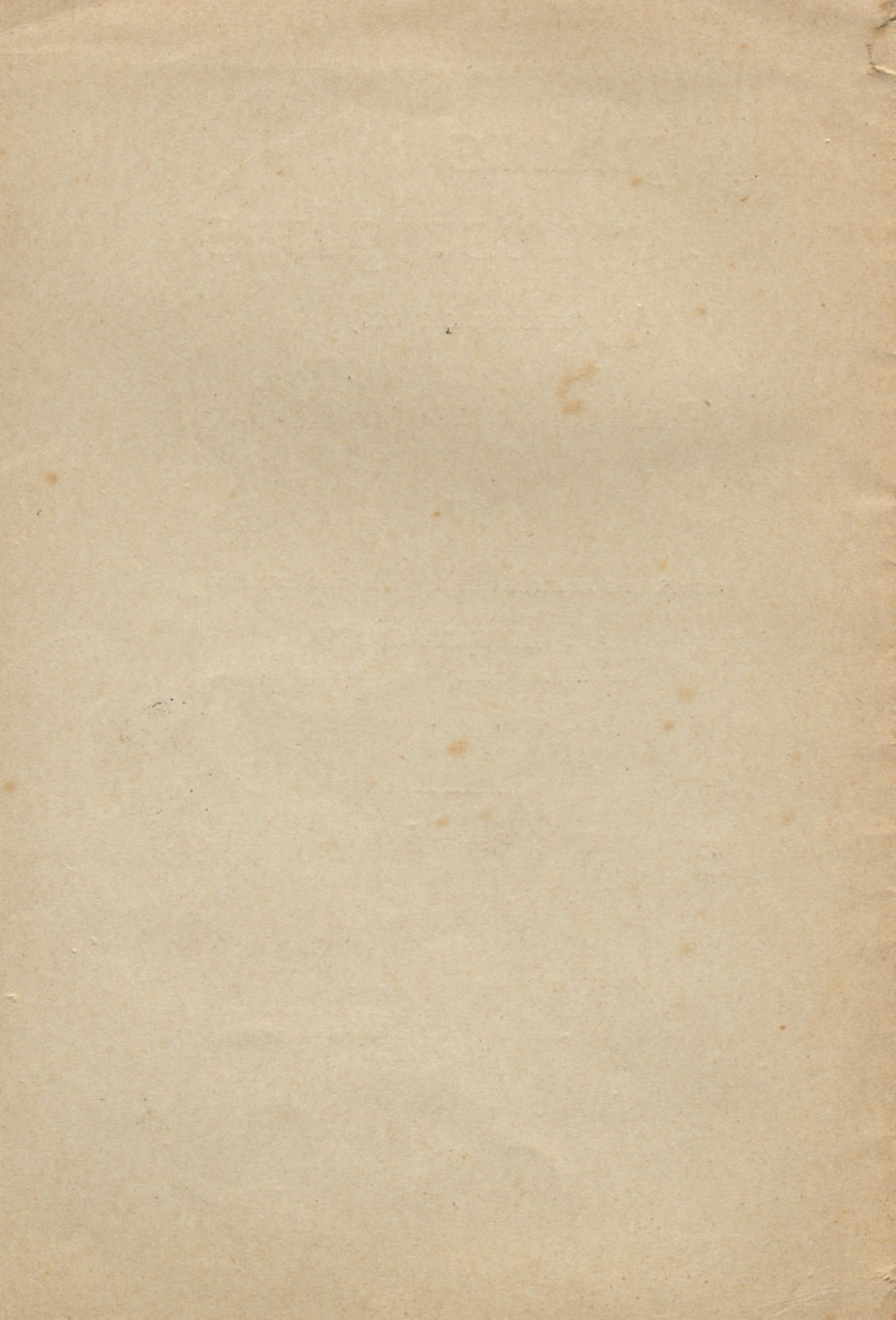
1915

CENTRO TYPOGRAPHICO COLONIAL

L. DA ABEGOARIA, 27 E 28

LISBOA

RC  
MNCT  
55  
COS



# Agulhas gyroscopicas

(DESCRIÇÃO E USO)

E o seu confronto com a agulha magnetica

PELO

Capitão de fragata e engenheiro hydrographo

**A. RAMOS DA COSTA**

(DE VARIAS ACADEMIAS SCIENTIFICAS)



RC  
MNCI  
55  
COS

1915

CENTRO TYPOGRAPHICO COLONIAL

L. DA ABEGOARIA, 27 E 28

LISBOA



*Apesar de, ha pouco tempo, se ter manifestado, entre nós, a conveniencia do uso da agulha gyroscopica, a bordo dos navios da marinha portugueza, entendemos dever dizer algumas palavras sobre este assumpto.*

*N'esta ordem de idéas, descrevemos as duas agulhas gyroscopicas conhecidas — typos: norte-americano e allemão — e o seu confronto com a agulha magnetica, mostrando simultaneamente as vantagens e desvantagens de cada uma d'ellas.*

*Pelo summario, se deprehende que, na nossa humilima opinião, a agulha gyroscopica deve, por ora, ser, exclusivamente, usada nos submarinos e nas grandes unidades navaes de combate, o que não obsta a que se dê a maxima vulgarisação ao ensino theorico e pratico, adquirindo-se uma para modelo, visto o interesse que, de futuro, deve despertar.*

*Nos pequenos navios de guerra, o custo actual da agulha e a delicadeza do manejo não compensariam, por certo, as vantagens que da sua applicação poderiam advir.*

*Na marinha mercante, tal emprego seria improficuo, não só por ser um instrumento complexo, e para o manejo do qual exigiria da parte do piloto uma preparação electrotechnica que o nosso official mercante, ao presente, não possui, como ainda pelo seu elevado preço, que é de cerca de 10.000 escudos.*

## Obras do mesmo auctor

<i>Roteiro da barra e do porto de Lisboa</i> , 1898, 1 vol.....	1\$00 Esc.
<i>Instrucções para o uso da agulha magne- tica</i> (mandadas approvar e adoptar official- mente a bordo dos navios de guerra e mercantes, por portaria de 30 de julho de 1898) 1898. 1 vol. com mappas.....	1\$00 »
<i>Algumas palavras sobre o eclipse do Sol em 1900 e sua influencia no magnetismo terrestre</i> , 1900, 1 folheto.....	\$30 »
<i>Instrucções para o uso do taximetro por- tuguez e do prumo de sir W. Thomson</i> , 1903, 1 folheto.....	\$20 »
<i>O Sol. E a influencia solar na Agricultura, Hygiene e Navegação</i> , 1912, 1 vol....	\$30 »
<i>Analyse harmonica applicada ás marés</i> , 1913, 1 folheto.....	\$25 »
<i>O serviço metereologico e a sciencia da me- tereologia</i> , 1914, 1 folheto.....	\$10 »
<b>Para o ensino superior:</b>	
<i>Manual elementar da regulação e compen- sação da agulha magnetica</i> , 1899, 1 vol. com grav.....	1\$00 »
<i>Étude sur les défecteurs</i> (edição franceza), 1905, 1 vol. com grav.....	\$60 »
<i>Tratado elementar de Chronometria</i> , 1902, 1 vol. com mappas.....	\$50 »
<i>Tratado elementar de Trigonometria es- pherica</i> , 1907, 1 vol. com grav.....	\$50 »
<i>Noções geraes de Oceanographia</i> , 1910, 1 vol. com grav.....	\$50 »
<b>Para o ensino secundario:</b>	
<i>Tratado elementar de Trigonometria re- ctilínea</i> (conforme o programma do en- sino secundario) 1907, 1 vol. com grav.	\$50 »
<i>Noções geraes de Geographia mathemati- ca</i> , 1908, 1 vol. com grav.....	\$35 »
<i>Exercicios relativos aos problemas de Tri- gonometria rectilínea</i> , 1914, 1 vol.....	\$65 »

Alguns d'estes livros foram premiados com a MEDALHA DE OURO, na Exposição do Rio de Janeiro, em 1908.

## Theoria do gyroscopio

A theoria analytica do movimento do gyroscopio, apesar de ser um dos problemas mais delicados da mechanica racional, é dos que mais interessam.

O gyroscopio <sup>(1)</sup> funda-se no principio da *invariabilidade do eixo de rotação d'um corpo livre*, que é assim definido: «Quando um corpo homogeneo livre se encontra animado d'um rapido movimento de rotação, em torno d'um eixo passando pelo centro de gravidade, este eixo conserva sempre a mesma direcção; e a estabilidade do movimento de rotação será tanto maior quanto maior fôr a sua massa e o seu momento de inercia». Assim, conservando o eixo uma direcção absolutamente fixa, o que quer dizer que, se o eixo fôr apontado para uma estrella, elle seguirá a mesma estrella, no seu movimento diurno, para um observador collocado sobre a Terra.

Mais tarde, o notavel physico francez, Leão Foucault, mostrou que, quando um corpo homogeneo gira

---

(1) O *gyroscopio de Foucault* consta d'um toro pesado, de bronze ou cobre, montado sobre um eixo, cujas extremidades se apoiam na circumferencia d'um anel; o qual pôde girar em torno d'um segundo eixo, perpendicular ao primeiro, e cujos extremos se apoiam na circumferencia d'um segundo anel; o qual, por sua vez, pôde ainda girar em torno d'um terceiro eixo perpendicular ao segundo, e cujos extremos se apoiam na circumferencia d'um anel exterior. Este systema de suspensão dá lugar, a que o toro possa ter tres movimentos de rotação em torno dos tres eixos rectangulares, bem como tomar toda e qualquer posição.

em torno de um eixo horizontal, e uma segunda rotação é applicada ao mesmo corpo, segundo um eixo perpendicular ao primeiro, o corpo toma um movimento lento, em torno do eixo vertical que passa pelo cruzamento dos dois eixos de rotação; movimento este denominado de *precessão gyroskopica*.

Na applicação d'este principio está o emprego do gyroscoPIO na gyro-agulha.

Imaginemos, agora, o toro do gyroscoPIO girando n'um meridiano, isto é, n'um plano que passa pelos polos da Terra, e seja a posição *A*. Depois d'um certo lapso de tempo, o gyroscoPIO toma a nova posição *A'*—devida ao movimento diurno—ficando o eixo de rotação paralelo; e, conservando, se elle fôr livre para se mover em qualquer direcção, a invariabilidade do eixo de rotação, como succede ao plano das oscillações do pendulo de Foucault, que é mantido sempre na mesma direcção; e isto, assim, indefinidamente para as demais posições.

Deprehende-se, pois, que por effeito da Terra se mover do Occidente para o Oriente, a extremidade Oeste do eixo apparecerá abaixo do horizonte. Mas, como, no gyroscoPIO, actua mais a força ou binario da *gravidade*, elle não mantém o seu plano de rotação; porquanto, a gravidade, forçando o eixo, fal-o voltar á posição horizontal.

O gyroscoPIO participa de dois movimentos de rotação: o que lhe é proprio; e o da Terra (movimento diurno), sendo este ultimo insignificante relativamente ao primeiro.



## *Agulhas gyroskopicas*

### Gyro-agulha (typo norte-americano)

A agulha gyroskopica ou, mais abreviadamente, a *gyro-agulha* é assim chamada por o seu funcionamento depender da applicação do gyroscoPIO.

Na agulha gyroskopica, o eixo do gyroscoPIO, orientando-se segundo o meridiano verdadeiro ou geographico, procede d'uma fórma semelhante á que se comportam, na agulha magnetica, as barras da rosa, orientando-a segundo o meridiano magnetico.

Em virtude da theoria acima exposta, o centro de gravidade do systema da agulha gyroskopica fica abaixo do centro de suspensão, de modo a não ser annullada a acção do peso, e por conseguinte a poder o eixo retomar a sua posição horizontal. Se o gyroscoPIO ficasse suspenso pelo centro de gravidade, e não fosse submettido a força alguma exterior, a não ser o proprio peso, elle manter-se-ia sempre na sua posição inicial, após algumas oscillações.

Effectivamente, a acção da gravidade, agindo com uma força proporcional á distancia que separa os dois centros, tende a manter o eixo do gyroscoPIO paralelo ao horizonte, quando este se encontra em repouso, e por consequencia a rosa dos ventos, horizontal—attenta a sua ligação—e acompanhando sempre a posição do eixo do gyroscoPIO.

Entre as agulhas gyroskopicas, conhecemos dois typos: o typo allemão (1908) inventado pelo dr. Ans-

chütz Kaempfe, de Kiel, e que tem dado logar a controversias importantes; e o typo norte-americano (1912) pelo engenheiro Sperry, de New-York.

E' d'esta ultima agulha, a mais moderna e a que offerece maior garantia, que vamos descrever mais detalhadamente.

A agulha norte-americana compõe-se de duas partes perfeitamente distinctas: *Elemento gyroscopico*; e *annel-motor*, correspondente ao mórteiro, na agulha magnetica.

O elemento consta de: o *gyroscopio*, e o *supporte-annelar-vertical*.

**Gyroscopio.**—Apparelho, solidamente construido d'aço nickelado e preparado para as grandes velocidades, é-lhe adaptado um motor triphasico para o fazer mover. O toro possui uma mola, em espiral, que faz parte do dispositivo indicador da velocidade de rotação. O eixo do gyroscopio, fabricado d'aço especial, é bastante forte, e os seus munhões assentam sobre chumaceiras que, tambem, são d'uma construcção cuidadosa.

Ora, como o toro tende a girar em torno do seu centro de gravidade, o qual póde não coincidir com o eixo geometrico, torna-se necessario, por causa das irregularidades que d'ahi possam advir, que os munhões sejam construidos com esmerado cuidado, de molde a não offerecer desgasto ou deterioração com o serviço prolongado. Os munhões do toro são apoiados nas chumaceiras, por meio d'um systema de pequenas espheras, a fim de obviar o mais possivel a fricção, e egualmente tornar immune o instrumento contra os choques e as vibrações externas.

O gyroscopio move-se dentro d'uma caixa metallica, onde ha vacuo perfeito. N'esta caixa existem: um instrumento para medir o vacuo; um dispositivo para a collocação de pesos a fim de assegurar o equilibrio; dois niveis de bolha d'ar; e, finalmente, uma fresta para observar a velocidade de rotação do toro.

**Supporte-annelar-vertical.** — Este annel, verticalizado, que supporta a caixa gyroscopica, em equilibrio estavel sobre o seu eixo horizontal, é directamente sus-

penso ao *annel-motor*, por uma serie de fios de arame, corda de piano, por offerecer maior resistencia.

**Annel-motor.** — Este annel consta d'um aro metallico, exterior ao suporte-vertical e ligado a um tubo central vertical, por onde passam os fios da suspensão do elemento gyroscopico, fixos no topo superior. O tubo serve, ainda, de eixo para a rotação em azimuth da *base superior*. No *annel-motor* se fixam: a rosa dos ventos; uma roda dentada, engrenando no pequeno motor azimuthal; e o eixo do *annel-corrector* do coseno do rumo, que coopera com o *apparelho corrector automatico*, para introduzir a correcção do rumo que o navio faça a cada instante.

As funcções do annel-motor são portanto: transportar a rosa dos ventos e parte do corrector automatico; promover a transmissão, no *Transmissor*, do rumo para as agulhas *auxiliares*; e servir as guias verticaes do suporte-annelar.

O pequeno motor azimuthal é ligado, por intermedio de fios e resistencias, a dois *trolleys*, de que o annel vertical está munido, e que giram sobre uns contactos de prata, para estarem isentos da oxydação, contactos montados sobre o annel-motor; assim, o pequeno motor faz dar a este annel um movimento em azimuth, tão suave e ligeiro quanto possivel, e independente dos balanços do navio.

Ainda, o annel-motor é provido de molas, em espiral, metallicas, identicas ás usadas na suspensão do morteiro da agulha Thomson, para dar rapidamente a orientação positiva ao gyroscopio e, simultaneamente, impedir que a acceleração do navio, durante qualquer mudança de rumo ou velocidade, a possa influenciar. De facto, o annel-motor, supprimindo a origem principal das oscillações, desempenha o verdadeiro papel de *amortecedor*, dispensando o amortecimento artificial que emprega a agulha, typo allemão.

**Corrector automatico.** — Este apparelho possui dois mostradores, sendo: um, graduado em milhas, para corrigir a velocidade do navio; e o outro, graduado em

graus, para corrigir as latitudes Norte ou Sul, de sorte que as correcções apontadas são automaticamente introduzidas e as leituras da rosa, referentes á linha de fé, são absolutamente exactas. Além d'isso, ainda opéra no transmissor, a fim de que as indicações, transmittidas da padrão para as agulhas auxiliares, distribuidas pelo navio, sejam lidas com exactidão.

**Base superior.** — No topo, superior ao vidro que cobre a rosa, ha uma peça metallica, em fôrma de cruz, fixa a um aro horizontal e que supporta o anel-motor e o pequeno motor azimuthal, que engrena na roda dentada d'este anel e o faz mover azimuthalmente, no sentido do movimento sensibilissimo do elemento gyroskopico. Este anel, pelos dois *trolleys* e contactos fixos, fecha o circuito electrico atravez do pequeno motor azimuthal. A' base superior estão ligados, ainda, o aro que contém a linha de fé e o corrector automatico.

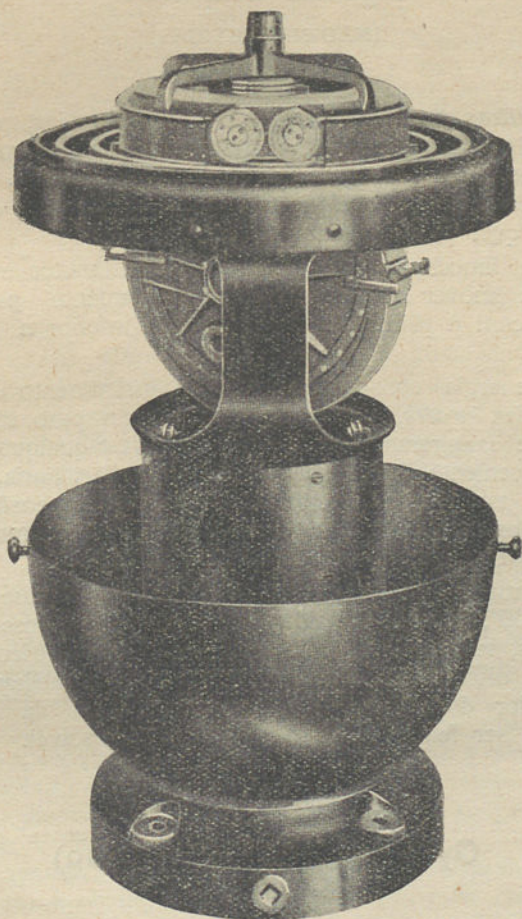
**Bitacula.** — Todo o systema, acima descripto, é montado, pela suspensão usual de Cardan, n'uma bitacula semelhante á da agulha magnetica.

**Transmissor.** — No caso de haver outras agulhas auxiliares, não-magneticas, distribuidas pelo navio, emprega-se então o transmissor, o qual é operado, com a maxima precisão, pelo pequeno motor azimuthal do anel-motor da agulha padrão.

O transmissor está ligado e montado electricamente n'esta agulha; e, servido pelo corrector automatico, faz com que todos os angulos, em azimuth, sejam transmitidos ás agulhas auxiliares, depois de recebida a devida correcção, por fôrma que as rosas d'essas agulhas deem, em absoluto, as mesmas indicações que a padrão.

**Synchronizador.** — Este aparelho, que faz parte do quadro electrico da synchronização, situado proximo da agulha padrão, tem por fim receber d'uma ou mais agulhas auxiliares, mettidas no circuito electrico d'aquella, as indicações fornecidas por estas. No quadro existem os indicadores, um por cada agulha auxiliar, que mos-

tram ao official da pilotagem, quando junto da padrão, se as agulhas auxiliares estão perfeitamente synchronizadas com ella.



**Gyro-agulha (typo norte-americano)**

*(Tem a bacia collocada interiormente, para melhor observação da caixa gyroskopica.)*

## Agulhas auxiliares

(NÃO-MAGNETICAS)

**Agulhas para governo.**—A agulha auxiliar, que tem a configuração da agulha magnetica de governo, e a substitue, dá o rumo verdadeiro da agulha padrão, e póde ser installada em qualquer parte do navio, quer em bitacula, quer ligada á antepara.

Ella funciona por intermedio d'um motor especial que faz mover a rosa, synchronizadamente, passo a passo, com a padrão, e com um erro inferior a  $\frac{1}{12}$  do grau.

A energia consumida por cada instrumento é inferior a dez *watts*, apesar da rosa ter um peso excessivamente exaggerado, com o fim de evitar qualquer avaria, proveniente de choque ou do fogo d'artilheria, para o que, tambem, os munhões do aro da suspensão são fabricados especialmente e assentes sobre chumaceiras atravez d'um systema de pequenas espheras.

As rosas, em todas estas agulhas, são graduadas de 0° a 360°, de maneira identica ás modernas rosas magneticas, tendo além d'isso um annel concentrico *integrante*, dividido em 100 partes eguaes e semelhante ao mostrador do synchronizador, com o fim da leitura da rosa ser feita o mais rigorosamente possivel.

## Gyro-agulha (typo allemão)

Esta agulha gyroscopica data, por assim dizer, de 1908, em que o dr. Anschütz Kaempfe, de Kiel, fez a communicação official da sua invenção, n'uma conferencia prática, realizada na Sociedade dos Engenheiros Na-

vaes de Berlim, á qual se seguiu mais tarde a experiencia a bordo do «Deutschland».

A gyro-agulha allemã differe da moderna norte-americana, em que o gyroscoPIO é supportado por meio d'um tubo ligado ao fluctuador, e este introduzido no banho de mercurio, contido na parte inferior da bacia cylindrica (morteiro); podendo dizer-se, que o morteiro se divide em duas partes: a superior, cheia d'ar que encerra a rosa dos ventos; e a inferior, cheia de mercurio, e de fórma annelar, onde mergulha o fluctuador.

Na agulha americana, como vimos, a suspensão do elemento gyroscoPico é feita mechanicamente por um ou mais fios resistentes de arame; dispensando, por isso, o uso do fluctuador que, em parte, prejudica as qualidades caracteristicas da agulha, resultante da viscosidade do mercurio, afóra outros defeitos.

A agulha allemã é, analogamente, posta em movimento por um motor triphasico, que faz dar 21 mil revoluções por minuto ao toro; e o fluctuador mergulha n'um banho de 40 kilogrammas de mercurio. Esta agulha só póde ser utilizada, pondo o gyroscoPIO em movimento com tres horas de antecedencia.

A linha N-Sul da rosa fica n'uma direcção parallela ao eixo do gyroscoPIO; encostado e sobre a rosa, está um nivel de bolha d'ar na direcção N-Sul, para indicar a horizontalidade do eixo.

A agulha, assim descripta, é assente na bitacula, pela suspensão Cardan, da mesma fórma que a agulha magnetica.

Succede, porém, que, antes do eixo do gyroscoPIO attingir a direcção N-Sul, elle oscilla para um e outro lado do meridiano, durante um certo espaço de tempo que é funcção da resistencia do meio, em que se move o gyroscoPIO, e da sua suspensão.

Na prática, estas oscillações, que são muito morosas, difficultam a obtenção do meridiano (operação facil de conseguir em terra) devido ao balanço do navio e ás vibrações produzidas pelos multiplos choques, a que está sujeito um navio, navegando.

Na primitiva agulha do dr. Anschütz, o *amortecimento* das oscillações é levado a effeito por uma cor-

rente de ar, fornecida pelo proprio gyroscopio que, lançando um jacto a certa distancia do eixo vertical do instrumento, determina-lhe um impulso que o faz inclinar; inclinação esta, opposta áquella motivada pelo movimento diurno. A insuflação do ar é ainda aproveitada para minorar a subida da temperatura.

Na agulha americana, o amortecimento das oscillações foi concebido, pelo constructor, no proprio annel-motor da agulha, dispensando o artificio de que se serve a agulha (typo allemão).

**Instalação electrica.**—A instalação electrica, de que carece a gyro-agulha para funcionar, é a seguinte: Para fazer mover o gyroscopio, em ambas as agulhas, adapta-se-lhe um motor triphasico, o qual trabalha por intermedio da corrente *contínua* de bordo, que é, em geral, a usada; e depois convertida em triphasica, por via de um *transformador*.

A corrente triphasica, que vem do transformador, entra pela parte mais alta e central do morteiro e transmite-se pela suspensão ao motor, que está dentro da caixa do gyroscopio. Na agulha, typo allemão, as caracteristicas do transformador são:

Intensidade.....	1 ampère
Voltagem .....	120 volts
Periodos .....	330 a 360 por segundo
Revoluções.....	2480 a 2500 por minuto

Ligado ao transformador encontra-se um velocimetro para medir a velocidade d'este, que geralmente é menor que a do gyroscopio, que dá 21 mil revoluções por minuto. No *quadro de distribuição*, que faz parte do sistema da agulha, typo allemão, encontram-se assentes um voltmetro e um ampèremetro, para corrente alternada, com os respectivos interruptores, a fim de medir a intensidade de cada phase e a voltagem entre duas phases.

Tem mais duas series de fusiveis, munidos de um comutador bipolar, para, quando um se fundir, poder ser immediatamente substituido, de modo a não deixar de



trabalhar o motor. Além d'isso, possui o quadro mais tres resistencias, sendo: uma, para o arranco do transformador; outra, para regular a voltagem das correntes triphasicas; e, finalmente, a terceira, para regular a velocidade do transformador.

Na agulha norte-americana, o systema de installação electrica é proximamente identico; e o transformador, fabricado de excellente material, contém os ultimos melhoramentos, introduzidos na prática electrotechnica d'aquelle grande centro industrial.

Accresce mais, que o mesmo transformador dispõe d'uma enorme capacidade de carga, a fim de pôr em movimento ou parar, rapidamente, o motor ligado ao gyroscopio. Elle é lubrificado automaticamente.

O quadro de distribuição, a par das lampadas de prova, possui mais um interruptor que faz intervir uma auto-bateria de accumuladores, dado o caso de avaria nos geradores electricos, ou na canalisação.

### Caracteres distinctivos da agulha gyroscopica

**Força directriz.**—A gyro-agulha recebe a força directriz do movimento do gyroscopio, que faz parte integrante da mesma, e da acção simultanea e combinada das forças da gravidade e da impressa pela rotação terrestre.

Na agulha norte-americana, o toro do gyroscopio, trabalhando no vacuo, dá apenas 8.600 revoluções por minuto, ao passo que a agulha, typo allemão, funcionando dentro da caixa d'ar, dá 21 mil revoluções por minuto.

A força directriz, desenvolvida n'aquella agulha, é de cerca de 204 mil dynes, no equador e segundo a direcção E-Oeste, e portanto superior, cerca de 10 vezes mais do que a allemã, que desenvolve apenas 20 mil dynes, approximadamente.

Esta força directriz, com relação á da agulha magnetica, segundo o calculo do commandante Lyons, para uma agulha liquida, typo Ritchie, é de cerca de 290

vezes mais poderosa, porquanto aquella força, na latitude de Washington, é de 548 dynes, emquanto que na gyroscopica é de 159 mil dynes.

Accresce mais, que a força directriz da agulha magnetica tende a diminuir, mais rapidamente, do equador para os polos do que a gyroscopica, sendo este decrescimo favoravel em 55 por cento sobre a magnetica. Todavia, crêmos que, ao presente, a agulha magnetica, modernamente construida, deve ter uma força directriz superior á que tinha a agulha Ritchie.

**Carencia de correcção.** — A gyro-agulha não está isenta de erros; carece de ser correcta, porquanto esta agulha, installada a bordo d'um navio, navegando, não aponta para o Norte, como acontece em terra, exigindo tres correcções, para se orientar segundo o meridiano verdadeiro, a saber: a da velocidade do navio; a do rumo; e a da latitude.

A fórmula da correcção total é:

$$D = \frac{a V \cos R}{\cos L} - b \operatorname{tg} L \\ = \delta + \delta'$$

sendo:

*a*, constante;

*V*, a velocidade do navio em milhas;

*R*, o rumo do navio em graus, contados a partir do Norte verdadeiro ou geographico;

*b*, constante;

*L*, a latitude.

As constantes *a* e *b* são funcções das unidades empregadas e das dimensões da agulha.

O constructor norte-americano Sperry introduziu n'essa agulha um aperfeiçoamento notavel, que é o de corrigir automaticamente os tres factores acima mencionados. Este aperfeiçoamento tem a vantagem de corrigir a agulha padrão, em que se encontra disposto, a par de todas

as outras agulhas auxiliares, distribuidas pelo navio e ligadas electricamente com aquella.

A formula, acima exposta, compõe-se de dois termos. O primeiro é funcção de: a velocidade do navio, o rumo, e a latitude; e o segundo depende exclusivamente da latitude.

*Primeiro termo.* Suppondo o navio, movendo-se com uma velocidade de 18 milhas e ao rumo Norte verdadeiro, elle marcha portanto  $9^m,26$  por segundo, para o Norte, e como se encontra igualmente animado do movimento diurno, anda tambem para Éste—with uma velocidade igual á da Terra—465 metros por segundo, no equador, o que revela que o movimento do navio é insignificante relativamente ao da Terra. Porém, como a agulha não está subordinada, apenas, ao movimento da Terra, mas á resultante dos movimentos combinados da Terra e do navio, segue-se que, para o rigor da navegação, essa influencia não deve ser desprezada.

Quando a marcha fôr ao rumo Éste ou Oeste, o afastamento é nullo; comtudo, em qualquer outro rumo, a correcção não será nulla, mas dependente d'uma relação geometrica entre o rumo, a latitude e a velocidade do navio, e independente da construcção, e do local da installação do instrumento. Assim, por exemplo, na latitude de  $70^\circ$  e navegando o navio com a velocidade de 24 milhas, ou seja  $12^m,3$  por segundo, este erro chega a attingir o valor de  $4^\circ,5$  graus.

Qualquer alteração no rumo ou na velocidade, igualmente influe na orientação da agulha, visto que o eixo do gyroscopio, inclinando-se, faz intervir a acção da gravidade, para fazer o eixo retomar a posição horizontal. Esta inclinação accidental determina-lhe um novo movimento, que redundo no afastamento da extremidade do eixo do Norte verdadeiro; afastamento conhecido por *desvio balístico*.

Convém notar que o desvio balístico depende da construcção do instrumento, visto ser funcção da distancia que separa os dois centros de gravidade e de suspensão.

O primeiro termo  $\delta$  da correcção, que o auctor denominou *angulo*, póde ser deduzido facilmente por inter-

medio de uma táboa numerica, construida de antemão e que deve acompanhar a agulha.

*Segundo termo.* A mudança de latitude induz tambem a uma nova causa de erro. Como a força directriz diminue do equador, onde é maxima, para os polos, onde é nulla, e a força que produz o amortecimento é constante para a mesma latitude, comprehende-se que o eixo do gyroscopio deslocar-se-ha ligeiramente da sua posição de repouso, quando se mude de latitude. Adeante apresentamos uma pequena tabella, que nos dá a correcção  $\delta'$  a effectuar, a qual, como se vê, é insignificante. De mais, o constructor allemão dispoz a agulha, de molde a poder realizar mechanicamente esta correcção, para o que tornou movel a *linha de fé*, podendo mover-se para um e outro lado.

### Tabella

Latitude	Correcção
60° Norte	0,6 grau : Éste
50 »	0
40 »	0,5 » : Oeste
20 »	1,1 graus »
0	1,6 » »
20 Sul	2,1 » »
40 »	2,7 » »
60 »	3,8 » »

Como vimos, na gyro-agulha norte-americana, o emprego das correcções é desnecessario, visto que ellas, n'essa agulha, são effectuadas automaticamente.

*Efficiencia e economia.*—Na agulha norte-americana, o toro do gyroscopio gira n'uma caixa, em que é previamente feito o vacuo, de modo a manter effectivas as velocidades, durante um consideravel periodo de tempo depois da cessação da força motriz, causada por qualquer accidente.

Experiencias effectuadas revelaram que, sendo a energia electrica accidentalmente interrompida por periodos de  $\frac{3}{4}$  de hora, a velocidade de rotaçãõ não decresce a ponto de impedir o funcionamento da agulha, ao passo que, girando dentro da caixa contendo ar, como succede na agulha, typo allemão, e especialmente, na occasiãõ de insuflar o ar para amortecer as oscillações e baixar a temperatura, a velocidade diminue por tal fórma que se póde reputar reduzida a eficiencia a 20 % menos do que no vacuo.

**Durabilidade.**—A agulha norte-americana tem, em virtude da moderada velocidade de rotaçãõ (cerca de 8.600 revoluções por minuto) comparativamente com a do typo allemão (cerca de 21 mil revoluções por minuto) excessivas vantagens na duraçãõ, podendo dizer-se que o desgasto dos munhões e das chumaceiras, trabalhando ininterruptamente durante alguns mezes, é bastante menor.

**Conservaçãõ.**—As chumaceiras podem ser facilmente substituidas; e a lubrificaçãõ feita mensalmente, até que o funcionamento do gyroscopio não determine o contrario.

---

**ADVERTENCIA.** — Recentemente, o engenheiro Tanner da casa constructora Sperry introduziu um notavel aperfeiçoamento na gyro-agulha d'este nome, o qual consiste na applicaçãõ de um *estabilizador*, ou *pendulo balistico*, e de *pesos compensadores*, dispostos exteriormente á caixa gyroskopica, no sentido de annular, respectivamente, e com maior efficácia, as forças de acceleraçãõ e centrifuga, resultantes do balanço do navio, no mar.

O resultado da experiencia com a agulha, assim modificada, e realizada a bordo do «Montana», foi coroado do melhor exito possivel.

## *O seu confronto com a agulha magnetica*

### **Uso da gyro-agulha**

A agulha gyroscopica, apesar das vantagens apontadas pelos inventores, não entrará com facilidade no campo da prática, visto o seu elevado custo, cerca de 10 mil escudos, e a sua extrema delicadeza de construção e de manejo. Consequentemente, a agulha magnetica não será posta de lado, não só pela inferioridade de preço relativamente á gyroscopica, como ainda pela simplicidade, e por não carecer d'uma grande preparação electrotechnica o navegante que tenha de se servir d'ella. Não obstante estes predicados e a sua existencia contar centenas de annos, a agulha magnetica, digamos em abono da verdade, não é sufficientemente conhecida d'um grande numero de navegantes, a ponto do seu funcionamento, na maioria dos casos, deixar bastante a desejar.

E' certo que as enormes massas de ferro, que entram na construcção dos navios modernos, assim como as peças de artilheria, machinas, caldeiras, etc., e ainda os dynamos e as installações electricas, originam um

sem numero de forças perturbadoras, cujo resultado é indiscutivelmente o afastamento da linha N-Sul da agulha do meridiano magnetico. D'ahi, a necessidade d'um instrumento tal, que permita ao navegante orientar-se, sem ser sob a influencia do magnetismo terrestre, como succede com a agulha gyroscopica, porquanto esta é indifferente á presença d'acção do magnetismo e da electricidade, visto o seu modo de funcionar estar subordinado a principios exclusivamente dynamicos.

Assim, póde ella ser collocada em qualquer parte do navio, tendo só em mira as necessidades eventuaes da navegação e do combate.

A architectura naval tem egualmente a ganhar, porque não obriga o constructor a empregar, como acontece em muitos casos, materiaes não-magneticos, para peças importantes, situadas perto da agulha.

A agulha gyroscopica não evita o uso das marcações dos objectos terrestres, ou dos astros, nem o emprego das correcções, e exige, d'ordinario, para o seu funcionamento o pôr o gyroscopio em movimento, com algumas horas de antecedencia. Mas está isenta de: a correcção da *declinação* magnetica; a correcção do *desvio*, proveniente das forças perturbadoras de bordo; as variações provocadas pelas *tempestades magneticas*, phenomeno este, cujo conhecimento está bem pouco vulgarisado entre aquelles que teem de trabalhar com ella; os effeitos perturbadores da *attracção local*; as *correntes telluricas*; etc..

Uma das principaes vantagens da gyro-agulha, que a torna indispensavel a bordo dos grandes navios de combate, resulta de que os choques produzidos pelo disparar da artilheria não alteram as indicações da agulha, devido á excellente construcção do gyroscopio e da sua suspensão; o gyroscopio, na sua rapida velocidade, não soffre qualquer pressão instantanea em um unico ponto, mas em todo o seu conjuncto.

Nos submarinos, mui especialmente, o seu emprego impõe-se sobremaneira; pois que admite-se a impossibilidade da agulha magnetica funcionar ahi com rigor. A absorpção do fluxo magnetico da Terra, pelo casco fechado do barco e pela passagem, a pequena distancia,

de fortes correntes de inducção, é condição mais que sufficiente para produzir as falsas indicações exhibidas pela agulha.

Em resumo, confrontando a gyro-agulha com a agulha magnetica ha a impugnar-lhe: a objecção desfavoravel do tempo preciso para a orientar segundo o meridiano geographico, depois de ter sido posto o gyroscoPIO em movimento; as indicações erroneas, na agulha, motivadas pela interrupção da força motriz; e o seu excessivo preço.

### Uso da agulha magnetica

O conhecimento da agulha magnetica, para o nautico, não deve restringir-se ao estudo exclusivo das qualidades caracteristicas d'esta agulha, que são: a *sensibilidade*; a *estabilidade magnetica*; e a *estabilidade dinamica*, sendo esta ultima qualidade, por assim dizer, utilitaria apenas ao constructor da agulha.

Para o maritimo e, peculiarmente, para o piloto não será demasiado saber calcular: o momento de inercia e o momento magnetico da rosa magnetica; o valor da força directriz que orienta a agulha no meridiano magnetico; o campo magnetico natural da agulha, depois de installada no navio; as causas perturbadoras que modificam o campo magnetico natural da agulha; e, por fim, a quantidade e qualidade do material magnetico que a circumda.

No entanto, um quesito, ainda, bem essencial, para o estudo da agulha, é o conhecimento prévio do *caracter magnetico do navio*, em que ella tem de ser estabelecida.

A maneira de determinar o caracter magnetico do navio consiste em investigar, com a agulha de *declinação* e com a agulha de *inclinação*, os desvios produzidos nos differentes pontos do navio; e isto, com o fim de preferir o local que apresentar menor desvio. Melhor



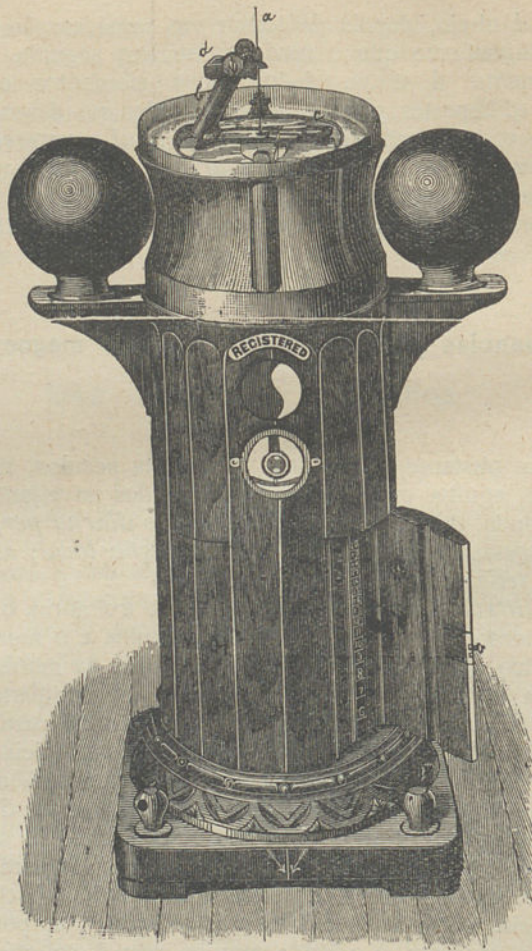
seria, é obvio, depois de tomar em consideração a perda do magnetismo que o navio soffre, em seguida, ao seu lançamento á agua, deduzir dos elementos colhidos n'esses differentes pontos, discriminados no desenho dos planos e dos perfis, as polaridades *azul* e *vermelha*, de modo a obter-se a linha de *polaridade nulla*, devendo a escolha do local para a installação das agulhas, recahir no plano que passa pela linha de *nulla polaridade*.

### Influencias perturbadoras na agulha magnetica

Não obstante, a prática, de alguns seculos, no manejo da agulha magnetica, á maioria dos navegante passam, ainda, despercebidas: a *oscillação diurna perpetua*; as *tempestades magneticas*; a *atracção local*; as *correntes telluricas*; etc.

**Oscillação diurna perpetua.** Como é notorio, o maior afastamento entre a linha N-Sul da agulha e o meridiano magnetico dá-se a Êste pelas 8 horas da manhã, em que ella se detem, para voltar depois ao meridiano magnetico da epocha—porquanto elle varia de anno para anno. Seguidamente, atravessa-o pelas 10 horas e, iniciando a marcha para Oeste, assignala o seu maximo afastamento a Oeste, pela 1.15 hora, approximadamente; d'onde, volta de novo, para o meridiano magnetico, o qual é alcançado pelas 6 horas da tarde, continuando para Êste, bastante lentamente, a despeito d'uma ligeira oscillação secundaria, entre as 8 e 10 horas da noite; e, por fim, prosegue, durante a noite, a marcha para Êste, até attingir o seu maximo ás 8 horas da manhã.

A amplitude d'esta oscillação diurna varia cada dia, cada mez e cada anno, sendo periodica, conforme a lei do cyclo das manchas solares que é de onze a doze annos; razão mais que sufficiente para se concluir que o globo terrestre está mergulhado n'um campo magnetico d'uma intensidade potentissima, tendo por origem a

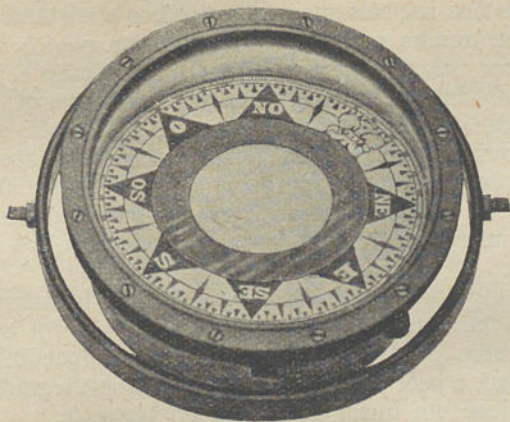


Agulha magnetica, sêcca (typo W. Thomson)

*(Tendo o morteiro montado na bitacula)*

actividade do Sol. Este fóco central do systema solar, embora diste de nós, cerca de 150 milhões de kilometros, está ligado á Terra por um élo magnetico, cuja força, ainda desconhecida e inexplicavel, é assombrosa.

**Tempestades magneticas.**—Outro inconveniente, a que está subordinada a agulha magnetica, é o produzido por effeito das *tempestades magneticas*, phenomeno este que, a despeito da sua importancia, pouco ou nenhum interesse merece aos navegantes.



**Agulha magnetica, liquida (typo portuguez)**

(Só o morteiro)

Foi Humboldt, quem designou as variações anormaes do magnetismo terrestre por *tempestades magneticas*.

N'estes ultimos annos, depois do impulso dado pelo sabio dr. Bauer á sciencia do magnetismo terrestre, ficou verificado que as tempestades magneticas proveem d'uma maneira indirecta das varias manifestações da actividade solar, taes como: manchas, protuberancias, etc.

O mesmo illustre sabio concluiu, depois d'um estudo permenorisado do phenomeno, o seguinte: «Que as tempestades magneticas não começam precisamente, no

mesmo instante, nos diversos pontos da superfície terrestre. O principio abrupto, em que os efeitos são, geralmente, diminutos, dá-se, d'ordinario, no Oriente e, algumas vezes, no Occidente; elles vão progredindo e caminhando com uma velocidade de cerca de 100 a 200 kilometros por segundo, de sorte que o circuito completo, em torno da Terra, é feito, em média, entre 7 e 3 minutos.» Convém advertir que a energia desenvolvida por estas tempestades é tão consideravel que suggeriu a Maxwell o dizer: *Que o magnetismo terrestre é um dos agentes mais poderosos da natureza*; ellas ficam assignaladas nos registos magnetographicos e bastante devem influir na agulha magnetica, a bordo dos navios.

E' por isso que temos sempre preconizado a junção do estudo da agulha magnetica com as observações dos elementos do magnetismo terrestre, para d'ahi se inferir, conscienciosamente, os ensinamentos precisos a dar ao navegante, para o bom manejo da agulha; circumstancia esta, que obriga ao estabelecimento d'um observatorio magnetico annexo aos serviços technicos da navegação.

A tempestade magnetica, que n'estes ultimos annos, mais se fez sentir pela sua impetuosidade, foi a de 25 de Setembro de 1909, celebre pelas perturbações a que deu origem e pela paralysação dos serviços telegraphicos e telephonicos em quasi todo o globo terrestre.

Esta tempestade magnetica foi provocada pela passagem de um importante grupo de manchas pelo meridiano central do Sol, occorrendo 30 horas depois d'essa passagem, e cujas erupções violentas foram accusadas pelo espectroscopio, mostrando bem a simultaneidade existente entre o magnetismo terrestre, a actividade solar e a influencia que domina a agulha magnetica e, sobretudo, a bordo do navio moderno o qual, já, de per si só, constitue um elemento digno de estudo assiduo e observação.

**Attracção local.** — Outro phenomeno, concorrendo igualmente para as indicações erroneas na agulha magnetica, é o que deriva do magnetismo de certas camadas geológicas. O estudo d'este phenomeno implica o reconhecimento magnetico do littoral, ao longo da costa maritima.

**Correntes telluricas.** — Estas correntes, cujo effeito sobre a agulha magnetica não está perfeitamente destrinchado, podem resultar de duas causas, que são: uma, devida á passagem da tempestade magnetica e, portanto, de existencia ephemera; outra, devida á differença do potencial entre dois pontos do campo terrestre. Esta segunda especie de corrente tellurica dá-se por occasião das *auroras polares*.

Outras influencias perturbadoras ha, sem terem precisamente o character metereologico — magnetico, como a da *influencia do rumo*, etc.

**Influencia do rumo.** — Esta influencia perturbadora, proveniente da *inercia do magnetismo do navio*, denominada *erro de Gaussin*, é já bastante mais conhecida dos navegantes, pelos seus effeitos que são o apparecimento de desvios fortuitos, quando o navio aprôa aos rumos Norte ou Sul, depois de ter navegado, por algum tempo, respectivamente, aos rumos Éste ou Oeste. Assim, governando, por algum tempo, nas prôas de Éste: desvios Éste apparecerão, accidentalmente, quando o navio fizer rumo Norte; e desvios Oeste, quando aprôe ao Sul. O contrario se dá, quando o navio navegue, por algum tempo, nas prôas de Oeste.

**Installação da agulha magnetica.** — Do exposto, se depreheende que esta agulha, e mui particularmente servindo de padrão, deve ser installada n'um local previamente escolhido, e em que tenha sido explorado attentamente o campo magnetico que a rodeia.

Apesar da agulha magnetica datar de 2400 annos A. C., só em 1666 foi que o engenheiro hydrographo francez G. Denys notificou que, em duas agulhas situadas em logares diversos do navio, as suas indicações não eram concordes. Mais tarde, em 1839, o eminente mathematico francez Poisson apresentou a notavel theoria dos desvios, não se fazendo sentir muito a falta da compensação, n'aquella epocha, pela pequena quantidade de material magnetico empregado no navio.

Mas, hoje, a collocação d'uma agulha n'um navio de

combate é das operações mais delicadas e que importa maior attenção; pois, as circumstancias determinantes das causas de erros são innumeradas.

Verdade seja, que a sciencia tem vindo acompanhando todos os transes, porque tem passado a moderna construcção naval.

Por ultimo, convém accentuar que a obtenção dos desvios (regulação da agulha) é operação facil; mas a compensação, isto é, a operação para anniquilar as forças perturbadoras do navio moderno, que alteram o campo magnetico natural da agulha. é das operações mais intrincadas, e cujo modo de proceder obedece a longa experiencia. Formulando este juizo, somos de parecer que, no mar, só o navegante, bastante experimentado e com os conhecimentos technicos necessarios, póde com vantagem modificar a compensação, realizada no porto de armamento.

E, a navegar, o funcionamento da agulha deve ser o objectivo principal do piloto, determinando-lhe, hora a hora, os desvios, bem como submettendo-a, com assiduidade, a exames rigorosos, na sua maneira de funcionar.

## O magnetismo inter-astral; e a nova theoria do magnetismo

*Magnetismo inter-astral.* — Não obstante o estudo do magnetismo terrestre estar bastante longe do seu cabal conhecimento, já largos horizontes se desenvolvem para o novo ramo de sciencia: *O magnetismo inter-astral.*

A descoberta, pelo celebre physico hollandez Zeeman, conforme as idéas anteriormente expendidas por Lorentz, do phenomeno produzido pelos imans e campo magnetico sobre a luz, e cuja existencia foi notada pelo astronomico americano Hale, no espectro solar, fez reco-

nhecer que: as manchas solares constituem campos magneticos intensissimos e cujo valor excede seis mil vezes a força do magnetismo terrestre que orienta a aguiha no meridiano magnetico; e o Sol, no conjuncto, é um magnete, tendo os polos magneticos proximos dos polos de rotação.

Como facto curioso, citou o distincto astronomo Deslandres. do observatorio astrophysico de Meudon, que a massa de hydrogenio solar é attrahida e aspirada bruscamente por uma mancha, com uma velocidade de 350 mil kilometros por hora.

***Nova theoria do magnetismo.***—Depois da descoberta do *magneton* como elemento constituinte, commum a um grande numero de atomos magneticos, e, talvez, mesmo, constituinte universal da materia. como succedeu com o *electron*, na recente theoria da electricidade, depois da investigação dos corpusculos cathodicos, pelo notavel physico J. J. Thomson, a sciencia do magnetismo offerece-nos uma nova phase de observação e estudo.



## Conclusão

Resumindo, julgamos ter ficado evidenciado, que a gyro-agulha deve ser empregada nos grandes navios de combate e, sobretudo, nos submarinos, cuja agulha tem de obedecer a enormes influencias perturbadoras e, mais á variação d'essas influencias que adveem, naturalmente, da passagem do barco, de navegar á superficie para a de navegar submergido, na preocupação do ataque.

Nas grandes unidades navaes, quer manobrando para iniciar o combate, quer durante a acção — em que o commandante, pelo telephone ou porta-voz, dá o rumo com a firme certeza de que, nem o disparar dos canhões, nem a mudança dos mesmos, nem, ainda, as massas do material devido aos projecteis do inimigo, o faz alterar — quer no final do combate, o seu emprego deve ser, a todo o transe, aconselhado.

Na marinha mercante, o uso d'esta agulha não tem razão de ser, visto: o seu custo; a delicadeza da construcção e manejo; e a exigencia de conhecimentos muito superiores á habilitação adquirida pela maioria dos officiaes mercantes.

Relativamente á agulha magnetica, julgamos igualmente dever ficar demonstrado, que o seu emprego é sempre vantajosissimo, quando: o navegante tenha a preparação necessaria para a estudar, nas suas mais pequenas minudencias; o local tenha sido antecipadamente seleccionado; e, por fim, a regulação obtida, após uma perfeita e conscienciosa compensação.



## INDICE

	Pag.
Theoria do gyroscopio.....	5
Gyro-agulha (typo norte americano) .....	7
Agulhas auxiliares.....	12
Gyro-agulha (typo allemão).....	12
Caracteres distinctivos da agulha gyroskopica.....	15
Uso da gyro-agulha.....	20
Uso da agulha magnetica.....	22
Influencias perturbadoras na agulha magnetica....	23
O magnetismo inter-astral; e a nova theoria do magnetismo.....	28
Conclusão ... ..	30



## Errata mais importante

---

PAGINA	LINHA	ONDE SE LÊ	LEIA-SE
11	5	interiormente	inferiormente



RÓ  
MU  
LO



\*132965139X\*

CENTRO CIÊNCIA VIVA  
UNIVERSIDADE COIMBRA

200

Obras do mesmo auctor

<i>Roteiro da barra e do porto de Lisboa,</i> 1898, 1 vol,.....	1\$00 Esc.
<i>Instrucções para o uso da agulha magnética</i> (mandadas approvar e adoptar officialmente a bordo dos navios de guerra e mercantes, por portaria de 30 de julho de 1898) 1898. 1 vol. com mappas.....	1\$00 »
<i>Algumas palavras sobre o eclipse do Sol em 1900 e sua influencia no magnetismo terrestre,</i> 1900, 1 folheto.....	\$30 »
<i>Instrucções para o uso do taximetro portuguez e do prumo de sir W. Thomson,</i> 1903, 1 folheto.....	\$20 »
<i>O Sol. E a influencia solar na Agricultura, Hygiene e Navegação,</i> 1912, 1 vol....	\$30 »
<i>Analyse harmonica applicada ás marés,</i> 1913, 1 folheto.....	\$25 »
<i>O serviço metereologico e a sciencia da metereologia,</i> 1914, 1 folheto.....	\$10 »

**Para o ensino superior:**

<i>Mãnuel elementar da regulação e compensação da agulha magnetica,</i> 1899, 1 vol. com grav.....	1\$00 »
<i>Étude sur les déflecteurs</i> (edição franceza), 1905, 1 vol. com grav.....	\$60 »
<i>Tratado elementar de Chronometria,</i> 1902, 1 vol. com mappas.....	\$50 »
<i>Tratado elementar de Trigonometria espherica,</i> 1907, 1 vol. com grav.....	\$50 »
<i>Noções geraes de Oceanographia,</i> 1910, 1 vol. com grav.....	\$50 »

**Para o ensino secundario:**

<i>Tratado elementar de Trigonometria rectilinea</i> (conforme o programma do ensino secundario) 1907, 1 vol. com grav.	\$50 »
<i>Noções geraes de Geographia mathematica,</i> 1908, 1 vol. com grav.....	\$35 »
<i>Exercícios relativos aos problemas de Trigonometria rectilinea,</i> 1914, 1 vol.....	\$65 »

Alguns d'estes livros foram premiados com a MEDALHA DE OURO, na Exposição do Rio de Janeiro, em 1908.