

Uma nova heurística no ensino do manuseio do paquímetro e do micrômetro

Sebastião Simionatto
IFUSP - 2007

Resumo: O ensino do manuseio do paquímetro e do micrômetro, em geral, é um dos primeiros temas abordados nas aulas de laboratório nos cursos técnicos ou de ciências exatas. Estes textos tem maior ou menor ênfase dependendo do professor responsável pelo curso entretanto, mesmo em verbetes enciclopédicos, o assunto não é apresentado de forma satisfatória na maioria dos casos. Atualmente a internet e em especial seus buscadores tem posto à disposição do educador e do aluno uma grande variedade de textos sobre este assunto. Dependendo do site visitado, podemos encontrar os elementos históricos, a evolução ou a forma final do nônio ou vernier nas mais variadas combinações que pode ou não ajudar ao consulente. Mesmo com o advento de instrumentos com escala digital, o bom ensino na manipulação de instrumentos com nônio ou vernier ainda é de suma importância para o estudante da área de exatas ou técnica. Neste artigo apresentamos, de um modo original, os elementos heurísticos necessários para o ensino da prática e operação com instrumentos dotados de nônio ou vernier partindo de uma concepção geométrica para uma concepção numérica de escala auxiliar para a medida da fração da menor divisão de uma escala principal ou em outras palavras, o 'nônio ou vernier'.

Já faz muito tempo que o assunto 'Nônio ou Vernier' é tratado quase sempre nos seguintes termos:

Nônio ou Vernier.

Escala auxiliar móvel para medida de frações da menor divisão de uma escala principal. O nônio ou vernier é construído dividindo-se uma escala auxiliar de comprimento igual a n divisões da escala principal em $n+1$ divisões. Se a menor medida fornecida pela escala principal for D a fornecida pelo nônio ou vernier será $nD/(n+1)$. A precisão fornecida ou a característica do nônio será igual a $D - nD/(n+1) = D/(n+1)$. Para um nônio ou vernier for dividido em 10 partes temos uma precisão de 0,1 da menor divisão da escala principal. Nestes textos as vezes é inserido um desenho simplificado de um paquímetro com nônio ou vernier¹.

As deficiências deste modo formal de apresentar este assunto ao estudante são evidentes. Primeiro, a idéia de divisão da escala auxiliar em relação a principal é destituída de maiores justificativas parecendo óbvio que deveria ser assim. Segundo, o procedimento de leitura também não fica evidente ao estudante. Terceiro, como escrever o valor lido e como expressar o erro

na medida. Estas deficiências forçaram os educadores a apresentar este assunto de diferentes ângulos visando fornecer ao aluno os elementos necessários para compreender porque o instrumento é construído na forma que o vemos atualmente e saber operar instrumentos com nônio ou vernier. Estes textos, em geral, enfatizam o porque lemos o valor da fração desejada na escala auxiliar e no ponto de coincidência com a escala principal. Outra questão é porque a precisão fornecida segue a fórmula apresentada. Dos vários textos disponíveis pelos centros de ensino e na internet podemos ver que alguns são extensos e bem estruturados outros mais sucintos e muitos outros são recomendados.

Para o aluno que vai pesquisar na internet também temos textos biográficos sobre a pessoa de Pierre Vernier(1584-1638)² mas a sua obra máxima, *La construction l'usage et les propriétés du quadrant nouveau de mathématiques*, publicada em Bruxelas no ano de 1631 ainda não pode ser lida no original, o nome de Pedro Nunes(1502-1578)² e inclusive a sua obra, no facsímile do original, é relativamente fácil de ser obtida mas a pessoa do Rabi Levy Ben Gerson(1288-1344)³ e a sua contribuição neste assunto é desconhecida por se tratar de um erudito do século XIV.

O que se conclui é que atualmente a internet só disponibiliza textos na forma de manuais que são, em geral, repetitivos. Não vimos nenhum que unisse os elementos e os personagens históricos bem como os elementos evolutivos da idéia do nônio ou vernier para se construir um texto original e didático sobre o assunto.

Neste trabalho pretendemos fornecer uma nova heurística para o ensino deste tema baseando-nos em apenas dois dos personagens históricos ligados ao nônio ou vernier. Alguns elementos históricos que consideramos pertinentes ao assunto discutido são desenvolvidos na parte final deste texto.

Primeiro vamos apresentar os personagens históricos: A internet mostra que o uso de escalas auxiliares para medidas precisas tem origem longínqua no passado sendo que já em 1243, na pessoa do erudito Rabi Levi Ben Gerson, foi proposto o uso de uma escala auxiliar com linhas transversais para leitura de frações da menor divisão numa escala principal. A pessoa de Pedro Nunes só aparece e de forma independente do conhecimento da obra de Levi Ben Gerson no século XVI com uma concepção de várias escalas auxiliares angulares concêntricas que são frações da escala angular principal (ver parte final).

Finalmente temos o instrumento devido a Pierre de Vernier no século XVII que só começou a ser adotado amplamente a partir do século seguinte.

Neste texto, faremos uso apenas do instrumento de Ben Gerson para se chegar ao instrumento de Pierre Vernier.

A concepção de Pedro Nunes, como veremos na parte final deste texto, é desnecessária e não satisfaz às exigências didáticas por nós propostas.

Primeiro ingrediente: O rabino Ben Gerson foi um erudito que viveu no sul da França no século XIV. Ele escreveu um texto em Hebraico^{2,3} propondo o uso de uma escala auxiliar(fixa) dotada de linhas diagonais para a medida de frações da menor divisão de uma escala principal. Assim, se desejamos saber se a fração da menor divisão em um instrumento de medida qualquer é 0,3 ou 0,4(ver fig.:1) com o uso de uma escala auxiliar fixa,

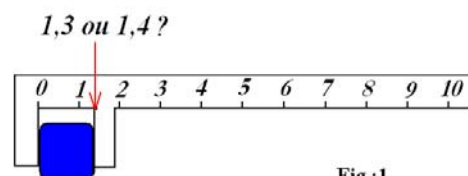


Fig.:1

segundo a recomendação do Rabi Ben Gerson (ver fig.:2) podemos ver que o valor 0,3 é o melhor valor.

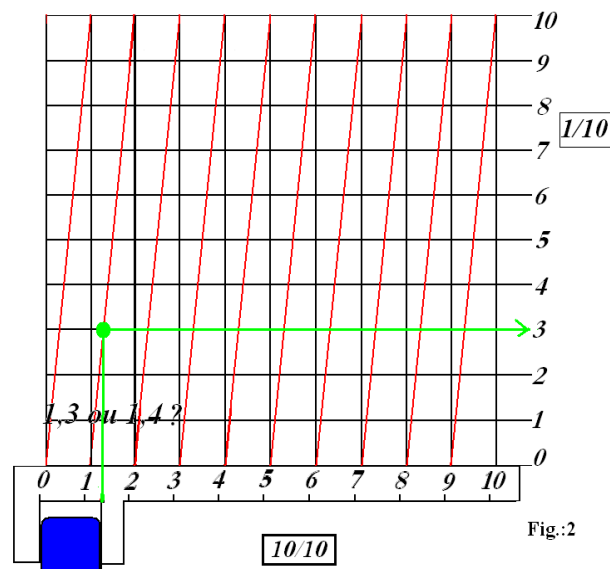


Fig.:2

Entretanto, um instrumento de medida construído desta forma não é muito prático. O que podemos fazer para isso é reduzir as várias escalas diagonais fixas para uma só desta vez móvel em relação ao instrumento de medida(ver fig.:3).

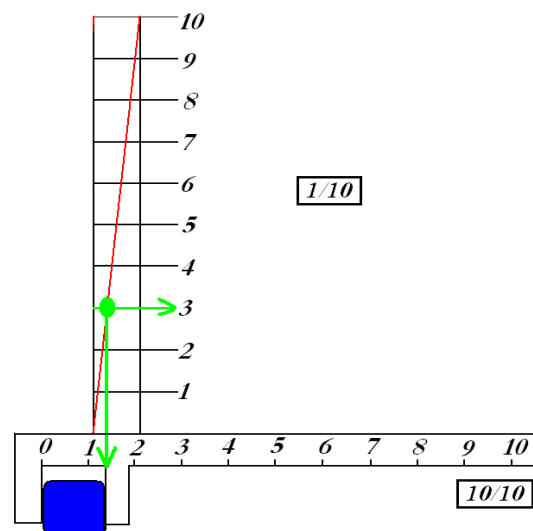


Fig.:3

Neste caso ainda temos um instrumento de medida suficientemente simples para medida de precisão, apenas reduzimos o material usado na sua construção e simplificamos um pouco a sua estrutura.

Segundo ingrediente: Pierre Vernier concebeu um instrumento de medida de frações da menor divisão de uma escala, chamada de principal, de modo simples e prático de modo que podemos fazer uma leitura rápida dos valores da medida desejada.

Vamos mostrar em dois passos que podemos passar do modo proposto pelo Rabi Ben Gerson que é uma abordagem geométrica para o modo proposto por Vernier que é uma abordagem essencialmente de leitura numérica² de se obter as frações da menor divisão de uma escala principal.

Passo-1.

Vamos projetar para baixo as frações do comprimento das unidades na escala móvel auxiliar, definidas pelas linhas A-B, na vertical da escala auxiliar C-D (ver em detalhe na fig.:4).

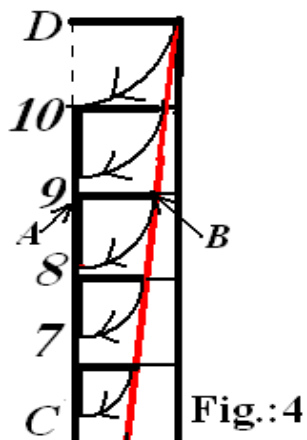


Fig.:4

Passo-2.

Em seguida projetamos esta nova escala auxiliar, que também será móvel, em baixo da escala principal(ver Fig.:5).

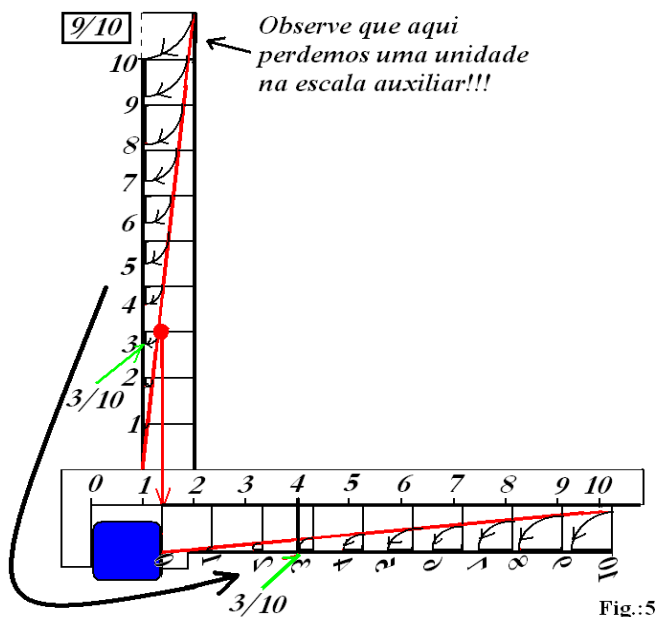


Fig.:5

A primeira coisa que observamos é que a nossa nova escala auxiliar móvel em relação a escala principal passa a ter um

comprimento $n - 1$ unidades mas, esta escala auxiliar continua dividida em n unidades, como anteriormente fora construída. Também observamos que o valor procurado da fração da menor divisão da escala principal agora coincide com algum valor na escala auxiliar que agora é $9/10$ do comprimento da principal. Se desejamos saber o valor do objeto a ser medido (o valor de x na Fig.:6) é fácil ver que este valor pode ser obtido pela relação de proporção entre a escala principal ($10/10$) e escala auxiliar móvel ($9/10$) na forma:

$$4(10/10) = x + 3(9/10) \rightarrow x = 1,3$$

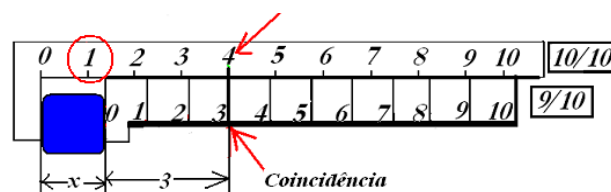


Fig.:6

Conclusão: Partimos da escala auxiliar fixa proposta por Levi Ben Gerson e chegamos ao nônio ou vernier tal como é visto num paquímetro moderno (ver fig.:7).

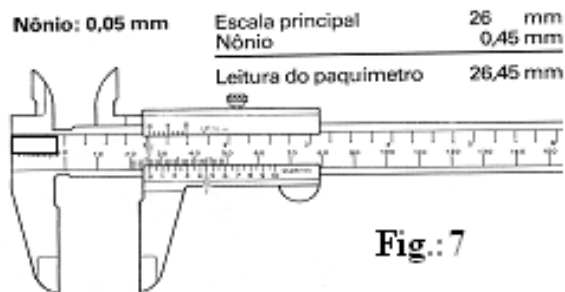


Fig.:7

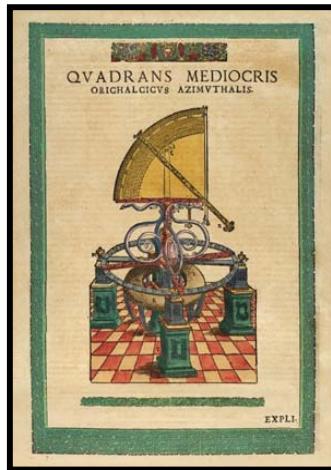
Acreditamos que o uso dos elementos heurísticos aqui propostos são suficientes para o educador fazer o aluno compreender, de modo fácil, como é construído o nônio ou vernier e respondendo a pergunta: Porque a fração procurada deve ser lida no ponto de coincidência das escalas mas o valor relevante fica na escala auxiliar? Estes passos iniciais abrem caminho para o educador passar para a introdução ao aluno do uso e manipulação do paquímetro e do micrômetro segundo as suas prescrições técnicas de uso profissional corrente. O ensino da expressão dos valores lidos segundo as prescrições dos números significativos que um instrumento de medida pode fornecer também fica facilitada.

Parte final:

Se usamos a palavra nônio com frequência então porque a pessoa de Pedro Nunes ficou em segundo plano neste texto?

Pedro Nunes foi um erudito português que viveu no século das navegações ibéricas sendo que a parte mais relevante da sua obra versa sobre navegação astronômica, cartografia e matemática. É creditado a ele a criação da curva loxodrômica e isto já constitui mérito para seu nome ser lembrado junto com Mercator e outros grandes da cartografia. Na sua obra *DE CREPUSCULIS*, Pedro Nunes apresenta um método para se medir as frações do menor ângulo de um instrumento astronômico (p.ex. um astrolábio) com o uso de escalas auxiliares fixas. A sua idéia adveio de um comentário no *Almagesto* de que a distância angular entre os trópicos era uma fração igual a $\frac{11}{83}$ do círculo. O seu método era fazer abaixo da escala angular principal dividida em 90^0 outras 44 escalas auxiliares concêntricas cada uma com um grau a menos, isto é, frações da escala principal.

Se desejássemos medir um ângulo qualquer e este ângulo não caia exatamente numa marca da menor divisão na escala principal então deveríamos verificar em qual das escalas auxiliares o valor procurado coincidia ou mais se aproximava. Usando-se relações de proporção entre o ângulo da escala principal e o valor lido na escala auxiliar, podemos aproximar o ângulo a ser medido com um erro de arco que é em geral muito menor que aquele que se cometeria fazendo uso apenas da escala principal para os instrumentos da época. Instrumentos assim propostos e também com escala auxiliar de linhas transversais, segundo Ben



Gerson, foram usados pelo grande Tycho Brahe⁴ no observatório da ilha de Vren mas não para as suas famosas medidas das posições planetárias pois ele se impôs realizar tais medidas com precisão até $2''$ de arco. Na realidade a proposta de Pedro Nunes apresenta uma distribuição de posições irregular sendo que podemos ter setores com até $30'$ de intervalo. Devido a estes fatos os instrumentos assim construídos

ainda não correspondiam ao desejo de precisão e uniformidade. Entretanto instrumentos de navegação com escala auxiliar, chamados de Backstaff⁴(ver fig.), com linhas transversais estiveram em uso até



a introdução no século XVIII do oitante de John Hadley (1682-1744)⁵ que é o precursor do moderno sextante náutico (ver fig.:)⁶ e este juntamente com a invenção de cronômetro por Harrison (1693-1776) completou-se os elementos mínimos



necessários para um satisfatório posicionamento geográfico até o advento do GPS já na metade do século passado sendo que a atual globalização das relações humanas e comerciais é o seu mais importante produto.

Referências:

- 1) Enciclopaedia Barsa – 1965 vol. 10, verbête - Nônio.
- 2) <http://www.instituto-camoes.pt/cvc/ciencia/e20a.html>
- 3) <http://www.malhatlantica.pt/mathis/Europa/Medieval/Gerson.htm>
- 4) <http://www.kb.dk/elib/lit/dan/brahe/>
- 5) http://www.etesseract.com/Navigation/Navigation1.2_62.html
- 6) <http://landandseacollection.com/id119.html>

Descrição das imagens:

Texto manuscrito descritivo de um instrumento astronômico com as escalas auxiliares segundo a proposição de Pedro Nunes e também com linhas transversais, em forma de zig-zag, para leitura da menor divisão da escala principal.

Parte de um Backstaff construído em madeira datado do século XVII onde se vê linhas transversais para leitura de frações do menor ângulo da escala angular principal.

Página do texto descritivo dos instrumentos construídos por Tycho Brahe onde se vê o Quadrans Mediocres dotado de escalas auxiliares segundo a proposição de Pedro Nunes.

Oitante náutico com Vernier(obs: o oitante é precursor do atual sextante).

Agradecimentos a Paulo Lofredo pela revisão do texto.