

### 5.3. Os instrumentos utilizados no canteiro: concepção e execução

No começo do século XII, a Sicília era o ponto de contacto entre a nova erudição ocidental e o mundo grego. Era o ponto de união entre a cristandade e o Islã.

“O grande representante do interesse do ocidente pela literatura grega e árabe neste período é Adelard de Bath, que não só dá a conhecer Euclides aos ocidentais, mas também muitos elementos das ciências grega e árabe”.  
(BROOKE, op.cit.1972)

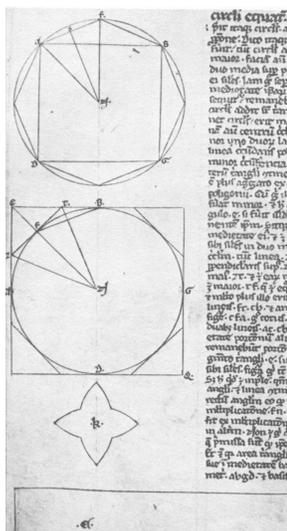


Figura 41 – Geometria de Euclides – manuscrito do século XIII. Extraído de BROOKE, Christopher. op.cit., 1972, p. 38.

Ao contemplarmos diferentes naves de catedrais, podemos nos perguntar se as diferenças entre elas devem ser atribuídas à invenção e à

fantasia ou a um procedimento racional do projeto arquitetônico medieval. Este problema desafia muitos estudiosos, mas podemos ficar com as conclusões do maior pesquisador do século XIX, Viollet-Le-Duc: “Não é possível acreditar que as proporções na arquitetura são governadas pelo instinto. Existem regras absolutas e princípios geométricos...” (BECHMANN, op.cit.,1993).

Com as investigações do século XIX, acreditamos que o projeto medieval era centrado em conceitos geométricos: a arquitetura da Idade Média foi sustentada pela aplicação de preceitos geométricos para propósitos práticos. Kossmann, citado por Paul Frankl (op. cit.,1945) mostrou, por exemplo, que os Cistercienses usavam uma medida para suas plantas que eles chamavam de *Grande Unidade* (*Grosse Einheit* em alemão). Em alguns edifícios ela media sete pés de comprimento (aproximadamente 2,31 m) e em outros cinco pés (aproximadamente 1,65m). É importante frisar que neste cálculo para conversão de pés para metros, foi usada a dimensão moderna para o comprimento do pé, que é de 0,33 m. Durante a Idade Média, as unidades variavam de lugar para lugar.

A geometria é o centro do ofício do pedreiro. Todos os níveis de produção de um edifício de alvenaria com seus complicados e exatos trabalhos com as pedras demandam habilidades geométricas práticas dos envolvidos.

Desde a pedreira, conhecimentos geométricos num nível elementar eram necessários a fim de produzir o suprimento de pedras adequado e o trabalhador poder progredir em seu ofício, passando da pedreira para o assentamento de fiadas e daí para o talhe de pedras. Isto representava

claramente não só um aumento da habilidade manual, mas também um maior aprofundamento no conhecimento da ciência da geometria.

Apesar dos trabalhos de alvenaria dependerem de conhecimentos geométricos, não há indícios de que o mestre construtor fosse interessado na ciência além dos problemas práticos de seu ofício. Assim, consideramos a hipótese de que ele servia-se de algum sistema para ajudá-lo no projeto do edifício.

Estes preceitos geométricos eram aplicados tanto na concepção quanto na execução da obra, com o auxílio de instrumentos que passaremos a relacionar e descrever sucintamente.

Da quantidade de instrumentos que a iconografia medieval nos legou, a maior parte refere-se à execução da obra, revelando-nos indiretamente a importância reservada ao fazer.

Os instrumentos de concepção mostrados na pedra tumular do mestre pedreiro Hugues Libergier (morto em 1263) – esquadro, virga, compasso – aparecem junto com uma maquete na caracterização da profissão do ilustre falecido.

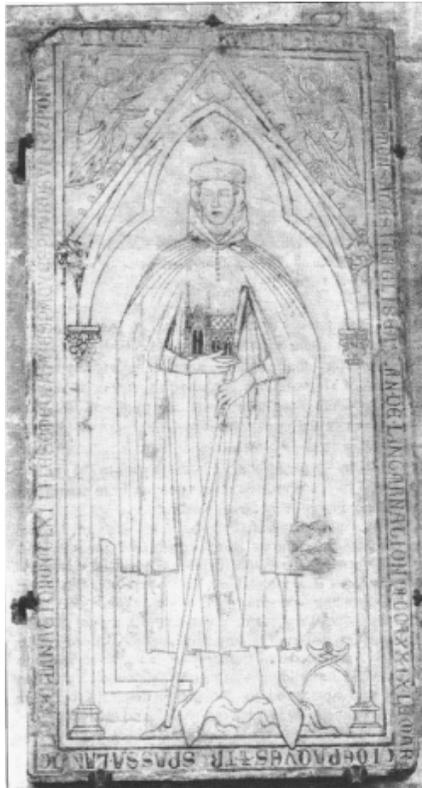


Figura 42 – Pedra Tumular do Mestre Pedreiro Hugues Libergier. Encontra-se hoje na catedral de Reims. Extraído de WU, Nancy. op. cit.,1999.

Podemos notar que diferente da atual caracterização de um arquiteto (foto ao lado de desenhos), a representação medieval desprezava por completo os registros desenhados em qualquer tipo de suporte, privilegiando os instrumentos de concepção e o modelo do futuro edifício.

A escassez de testemunhos de “desenhos-desígnios”na edificação medieval, numa altura em que na sua maioria eram feitos em pergaminho, por si só um material muito mais resistente que o papel, indica o fato de o desenho arquitetônico não ter valor algum para além do instrumental. A não sobrevivência dos desenhos que deram origem aos edifícios quer dizer que

estes, a existir, seriam sempre consumidos no próprio processo de construção (CÔRTE-REAL, op.cit.,2001).

O arquiteto gótico no estágio da concepção trabalha com a solução construtiva escolhida para a parte principal do edifício – geralmente a abóbada que era mais segura contra os temidos incêndios – e que comandará toda a distribuição do programa com as capelas laterais, os contrafortes e os arcobotantes.

Estes elementos, o arquiteto devia desenhar em elevação com os instrumentos disponíveis (BECHMANN, op.cit.,1993).

Alguns desenhos ainda existentes,comprovam a alta qualidade dos projetistas. Isto pode ser observado no famoso “Palimpsesto de Reims”, da metade do século XIII: estes desenhos, apagados e cortados em pedaços estão em forma de páginas de livro e podem ser de autoria do mestre Hugues Libergier.

Em relação aos desenhos é completamente certo que a confusão que permeia entre sua não existência e a execução das obras diretamente sobre o terreno, origina-se da utilização de instrumentos de grandes dimensões (como os compassos) para o desenho de épuras em escala natural (1:1) de componentes arquitetônicos sobre pisos ou paredes e ainda, como afirma Frankl (op.cit.,1945, p.57) *do desenho direto de linhas sobre as superfícies de pedra, para obter o tamanho do próximo volume a ser cortado, como ficou claro nos desenhos dos pináculos de Roriczer*. É de fato possível imaginar que o desaparecimento dos primeiros desenhos de construção ocorreu por terem sido desenhados desta maneira.

## Os instrumentos

Um instrumento é o traço de união entre a experiência e a teoria, entre conhecimento puro e conhecimento aplicado (HALLEUX,2004).

### O Compasso

A figura do compasso, sempre compareceu como indicador da atividade de executor. A Figura 23 mostra o “Grande Arquiteto do Universo” com um compasso de obra nas mãos, enfatizando o caráter de criador.



Figura 43 – O Grande Arquiteto do Universo – Bíblia do século XIV. Extraído de GIMPEL, Jean. op.cit.,1973.

O compasso de braços articulados aparece com várias dimensões, com ou sem um setor curvo que podia ser graduado.

O arquiteto utiliza o compasso pequeno (Figura 44) para desenhar no plano e um compasso bem maior ( Figura 45), o qual reproduz sobre as pedras, em verdadeira grandeza, os traços do projeto (épuras).

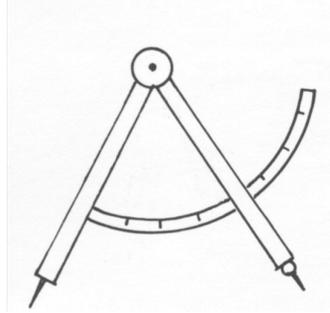


Figura 44 – Compasso de setor do tipo utilizado por Villard de Honnecourt. As marcas sobre o setor curvo permitem obter relações ou ângulos. Extraído de BECHMANN, Roland. op.cit., 1993,p.58.

Os compassos eram manobrados por um só homem, portanto várias formas foram experimentadas para facilitar esse intento.



Figura 45 – Compasso de obra e esquadro de lados afunilados seguros pelo arquiteto.  
Ilustração do século XIII. Extraído de GIMPEL, Jean. op.cit., 1973, p. 105.

O compasso que aparece na pedra tumular do mestre pedreiro Hugues Libergier (Figura 46) é do tipo de redução: é aplicado sobre o plano do suporte e risca-se no arco formado por suas pernas – com ele é possível traçar-se vários arcos de mesmo raio.

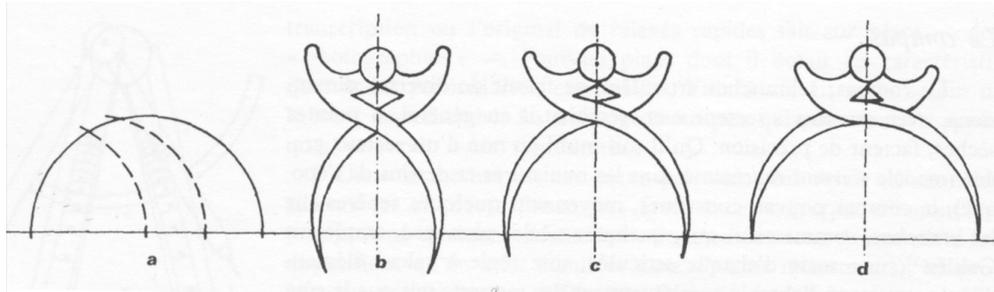


Figura 46 – Este curioso compasso aparece na pedra tumular de Hugues Libergier . Destina-se provavelmente a traçar rapidamente no estágio de projeto, arcos de diferentes proporções, com o mesmo raio. Desenha-se riscando nas pernas do compasso. Extraído de BECHMANN,Roland. op.cit.,1993, p.60.

Para o traçado, utiliza-se uma ponta de metal ou tinta. A ponta de metal é uma das técnicas mais antigas; é precursora do desenho a lápis.

Consiste na utilização de estiletos com ponta de prata, ouro ou chumbo, que deixam um traço cinza ou dourado na superfície do suporte. A ponta de metal sulca a folha, não permitindo raspagem ou retoque. É um desenho muito delicado.

A Figura 47 mostra, segundo Mário Mendonça de Oliveira (op.cit.,2002,p.145) os trabalhos do arquiteto, pois a personagem da prancheta empunha um instrumento de escrita e uma régua; outro trabalha com um compasso que não era comumente usado pelos copistas e um terceiro parece recortar um gabarito. Trata-se do Mosteiro de S.Salvador de Tábara, mostrando uma cena de trabalho na sala de riscos ou na *loggia*.



Figura 47 – Instrumentos de desenho na sala de riscos da obra. 1- pontas de riscar 2- compasso 3- provável recorte de um gabarito. Extraído de GIMPEL, Jean. op.cit.,1973, p. 71.

Esta habilidade do traço perfeitamente controlado é admirada nos desenhos medievais. É importante perceber que na sala de riscos medieval, o desenho tinha outro objetivo, diverso do que vemos a conhecer com o Renascimento. O artista se orientava de forma decisiva pelas tradições e pelos modelos, ficando seu talento determinado pela sua facilidade em dominar o modelo ou fórmula (GOMBRICH,op.cit.,1990).

## **A Corda**

Um outro instrumento de grande simplicidade, mas de imensa utilidade no canteiro é a corda. Em geral, os antigos agrimensores mediam distâncias usando uma corda ou vara de madeira, com unidades variando em cada localidade.

Ela permite o traçado de círculos de quaisquer dimensões. Villard de Honnecourt em seus cadernos indica seu uso para materializar direções, em particular de raios que convergem para um centro, sendo utilizada ainda para obter o centro de um arco, a partir de duas cordas (Proposição 1 de Euclides). O lançamento do ângulo reto era feito sobre cordas esticadas onde se aplicava a relação 3,4,5 (triângulo pitagórico ou egípcio).

## **O Nível**

O nível e o fio de prumo referem-se ao estágio de implantação da obra e seus diversos elementos. O instrumento aqui utilizado apresenta-se sempre com um lado como se fosse uma régua e um fio de prumo que indicará o nível. O nível de água não aparece nos registros. O triângulo retângulo isósceles está sempre presente.

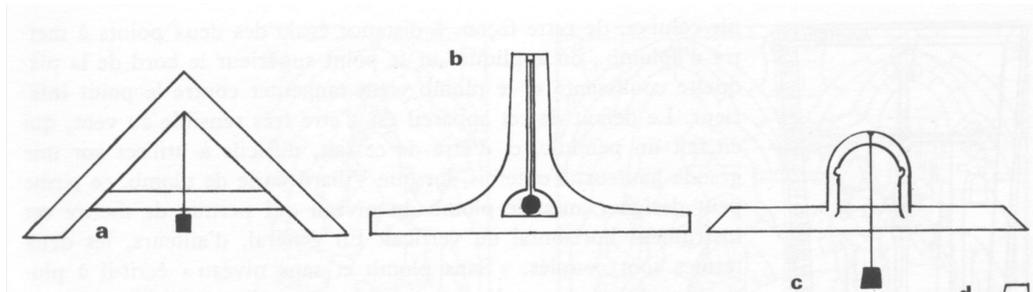


Figura 48 – Tipos de níveis medievais extraídos de miniaturas a- arquipêndulo-instrumento que pode servir de nível e esquadro. Era utilizado para medir ou verificar os declives graças a marcas sobre a travessa b- nível de chumbo, que permite com um fio mais longo, tomar ao mesmo tempo o nível e o prumo de um muro c- nível como aparece representado numa cadeira do coro da catedral de Poitiers. Extraído de BECHMANN,Roland. op.cit.,1993, p. 61.

### **O Fio de Prumo**

O fio de prumo, comumente chamado de prumo, é um instrumento simples, praticamente igual ao usado nos dias de hoje. É composto de um fio que tem em sua extremidade um peso de chumbo e uma plaqueta quadrada de mesmo diâmetro que o peso. Esta plaqueta é furada no centro, de modo a permitir que o fio corra e assim mostre a mesma distância entre os dois pontos prumados. A Figura 49 mostra o aspecto deste instrumento.



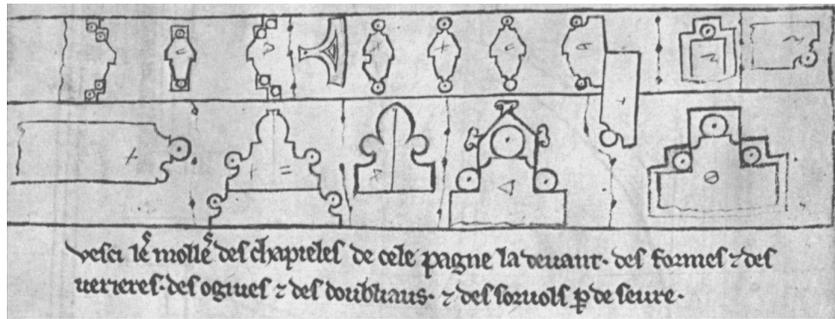


Figura 50 – Gabaritos . Extraído de BECHMANN,Roland. op.cit.,1993, p. 97

## Esquadros

Os esquadros foram para o trabalhador da época mais que qualquer coisa, um gabarito do ângulo reto. Aparecem na iconografia medieval três tipos de esquadros: o esquadro de braços paralelos, o esquadro de braços afunilados e o esquadro com um lado curvo. Os dois últimos tipos são sempre fabricados para cada obra específica, evidenciando o fator projeto.

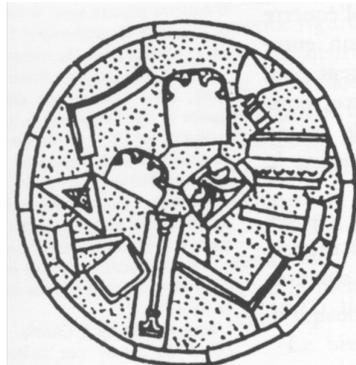


Figura 51 – Desenho de uma rosácea de Chartres mostrando vários instrumentos, entre eles os esquadros. Extraído de BECHMANN,Roland. op.cit., 1993,p. 194.

O comprimento dos braços variava assim como os ângulos formados pelos braços afunilados. Os lados externos e internos dos braços formavam ângulo reto, porém não eram paralelos entre si, daí o afunilamento.

Enquanto é fácil imaginar o uso dos esquadros de braços paralelos para a conferência de ângulos, determinação de pequenas distâncias através do princípio de semelhança entre triângulos, a função(ões) dos esquadros de braços afunilados é muito mais incerta e objeto de intenso debate.

Os esquadros afunilados ou curvos eram fabricados para uso no canteiro, após a escolha do esquema de proporções da obra, que dependiam da referência dimensional – dada pela virga – do Arquiteto Mestre Construtor.

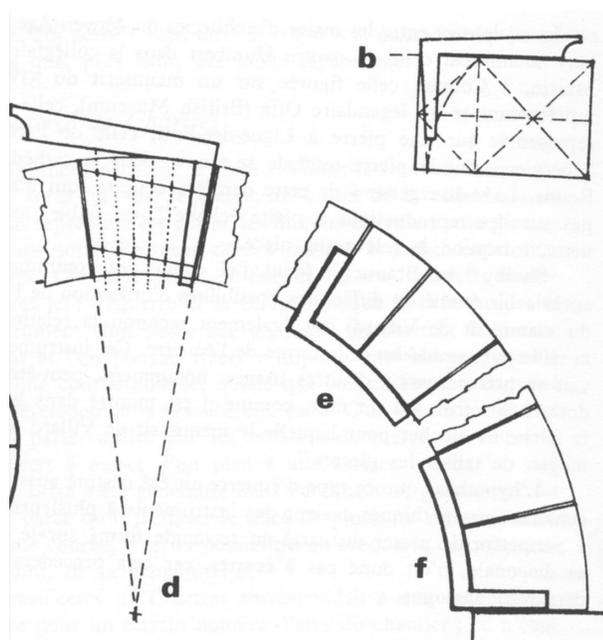


Figura 52 – Modos para fabricar os esquadros afunilados e curvos. Extraído de BECHMANN,Roland. op. cit.,1993,p.194.

A letra **b** da Figura 52 mostra o esquadro de lados afunilados na hipótese de Marie-Thérèse Sarrade (WU,Nancy, op.cit.,1999) usado para traçar

um retângulo de razão  $1: \sqrt{2}$  a partir do retângulo de proporções 2:3 . Na letra **d**, temos o talhe de uma pedra de arco por escala: sobre a pedra modelo, talha-se a curva do arco onde se traçam duas escalas paralelas. O esquadro é fabricado com a convergência dada pelas duas escalas ligadas duas a duas: servirá para traçar todas as outras pedras. Letra **e**- demonstração da utilização do esquadro curvo no traçado de pedras de arcos. Letra **f** :utilização do mesmo esquadro curvo para o traçado do arranque de um arco (extraído de BECHMANN,Roland .op.cit., 1993,p. 194).

### **A Virga**

É um instrumento referencial: é uma régua que constitui o padrão de medidas do canteiro. A denominação latina era *virga geometralis*.

É representada em algumas miniaturas entre as mãos do arquiteto como uma batuta do maestro da orquestra. O padrão de medidas possibilitava composições baseadas nos números incomensuráveis  $\sqrt{2}$  - *ad quadratum* – diagonal do quadrado e  $\sqrt{3}$  - *ad triangulum* – altura do triângulo equilátero, muito utilizadas nos desenhos de elevações.



Figura 53 – A virga nas mãos do arquiteto, que servia como medida de referência e símbolo de sua função de dirigente do canteiro. Desenho de Pierre du Colombier sobre a Pedra Tumular de Hugues Libergier. Extraído de BECHMANN, Roland op.cit., 1993,p.28.

Um exame nos diferentes instrumentos utilizados pelos mestres construtores do século XIII, mostra-nos que alguns são polivalentes, isto é, fazem as vezes de instrumento, gabarito ou ábaco.

Assim, um arquipêndulo podia servir de esquadro ou de nível; uma régua-nível podia ser utilizada como mira; uma corda podia servir como fio de prumo,etc...

O reduzido número de instrumentos utilizados não significa apenas uma economia de material – o metal é muito caro – mas também a uma comodidade de manuseio e a um menor congestionamento da sala de riscos e do próprio canteiro.

## A Groma

De origem entre os egípcios e gregos, a groma era usada pelos agrimensores romanos. Servia para fazer alinhamentos e marcar ângulos retos a partir de um ponto inicial que fornece o prumo, devendo ter sido muito útil no agenciamento das obras no local de construção. Foi um instrumento que preenchia – dentro de suas limitações – as funções do teodolito na locação das obras.

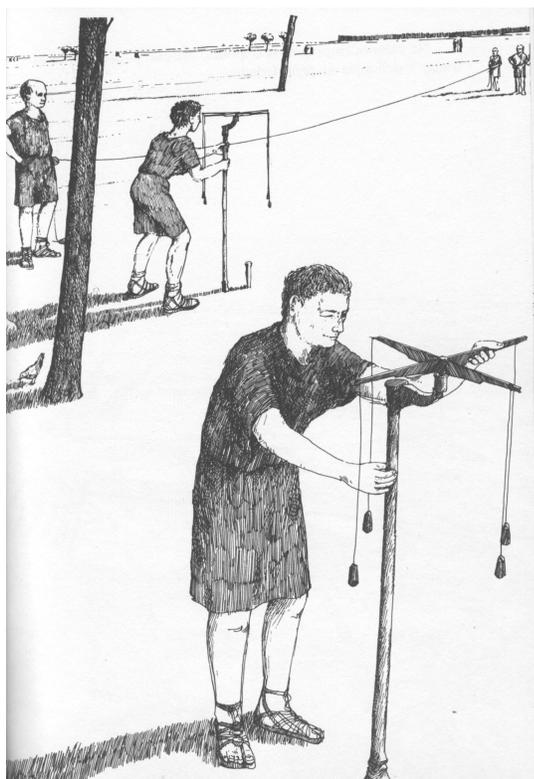


Figura 54 – Agrimensores romanos em seu trabalho com as gromas. Extraído de MACAULAY, David. op. cit.,1989, p. 17

Em algumas pedras tumulares de agrimensores romanos, encontra-se a palavra *ensor*, sempre acompanhada de uma representação da groma. O

termo *ensor* não era muito comum, sendo mais usados os termos *agrimensor* ou *gromaticus* (aquele que usa a groma). Entre os agrimensores da época era comum a groma ser chamada pela palavra *machina* que designava o instrumento composto de duas partes: a *groma* ou *stella* e a *ferramentum* ( a haste de ferro).

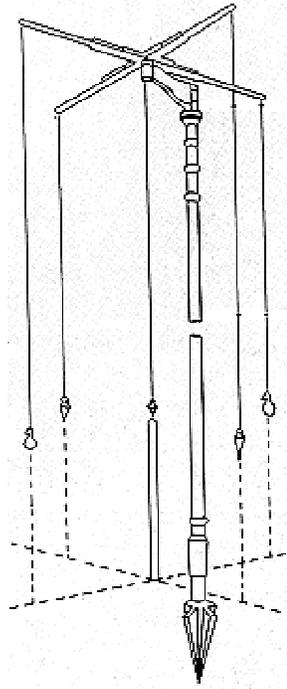


Figura 55 – Representação de uma groma- a *stella* superior em ângulo reto e com cinco prumos, a haste de ferro para sustentação e a estaca que marca o ponto inicial.Extraído de [www.imss.fi.it/pompei/scienza/egroma.html](http://www.imss.fi.it/pompei/scienza/egroma.html) .

## O Chorobate

O *chorobate* é outro instrumento medieval utilizado principalmente nas funções de nivelamento. É o único que utiliza água como um dos componentes para sua utilização. Na Figura 56 podemos verificar seus componentes, que são quatro fios de prumo colocados nos pés de uma espécie de mesa que possui uma concavidade em seu tampo, onde se reserva a água. Com a água em repouso, os quatro fios de prumo deverão estar alinhados com os pés do *chorobate*, garantindo assim a verticalidade da peça arquitetônica.

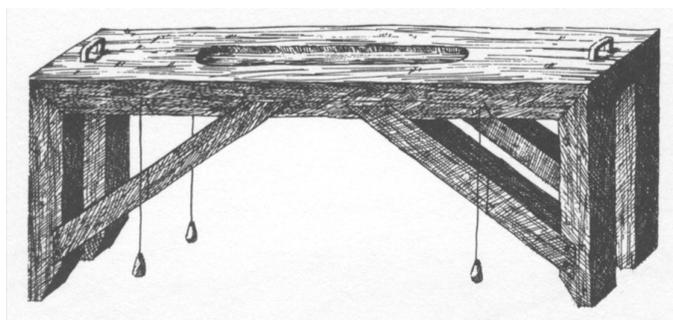


Figura 56 – O *Chorobate*. Extraído de MACAULAY, David. op. cit., 1989, p.28.

Interessante notarmos que o *chorobate* foi descrito por Vitruvius em seu Livro VIII (RUA, op.cit.,1998). Este fato denota que realmente a obra de Vitruvius foi conhecida durante toda a Idade Média, contrariando alguns autores que relatam sua redescoberta na Europa somente em 1415, no século XV. Em abordagem sobre a obra de Vitruvius, feita no Capítulo 2, tratamos da extensão do conhecimento dos medievais sobre seu trabalho.

Podemos então sustentar que o desenvolvimento da arquitetura gótica foi permitido pelo planejamento geométrico, que através de ferramentas e instrumentos do canteiro aprimorou os esquemas desenhados em plantas e

elevações, possibilitou a modulação de elementos para adaptarem-se a formas variadas e garantir a economia das obras e ainda a sua perfeita implantação no solo. As obras medievais eram muito organizadas e hierarquizadas, tendo como condutor principal o arquiteto mestre construtor, servido pelos demais mestres das Corporações de Ofício que tomavam parte na empreitada.

Esta condução fica evidenciada quando três instrumentos importantes no processo de concepção, a virga, o esquadro de lados afunilados e o esquadro com um lado curvo, revelam-se escolhas absolutamente particulares do arquiteto mestre construtor . A arquitetura é mais do que nunca *cosa mentale*, ou seja, está na cabeça do mestre que não se preocupa em lançá-la imediatamente em forma de desenhos.

A Geometria que controla as dimensões, embora sendo dominada apenas praticamente, revelou-se suficiente para permitir com estes instrumentos, o avanço das técnicas que levariam a arquitetura gótica ao seu máximo esplendor e desenvolvimento no século XIII.