

Coordenação Modular na Construção Civil

O QUE É?



Toda construção é feita de partes, que podem ser unidas no canteiro de obras ou numa fábrica, com argamassa, cola, parafuso, encaixe ou qualquer outro processo.



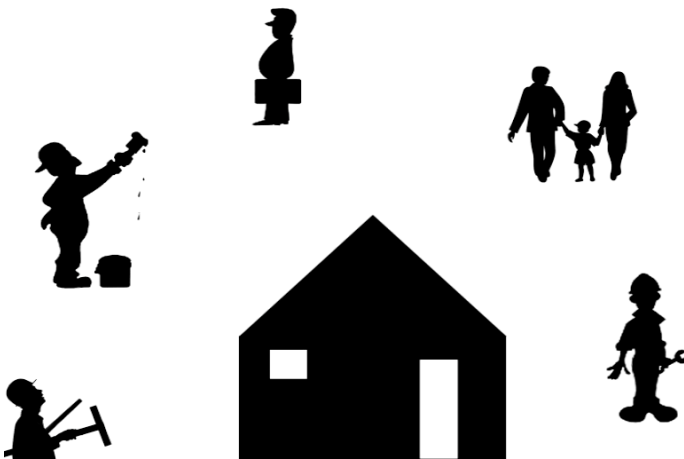
Em alguns casos, a união é muito simples, porque uma ou mais partes são maleáveis e suas medidas podem ser adaptadas com facilidade.



Em outros, as partes são rígidas, com formato e tamanho definidos. Essas partes da construção são os chamados componentes construtivos. Para unir componentes numa construção, é necessário que suas medidas combinem. Uma esquadria de janela deve encaixar no vão da alvenaria, por exemplo.



Para fazer as medidas combinarem, pode-se adaptar as partes no próprio canteiro, cortando, lixando ou quebrando até que se ajustem, mas esse processo é demorado e gera mais sujeira e entulho.

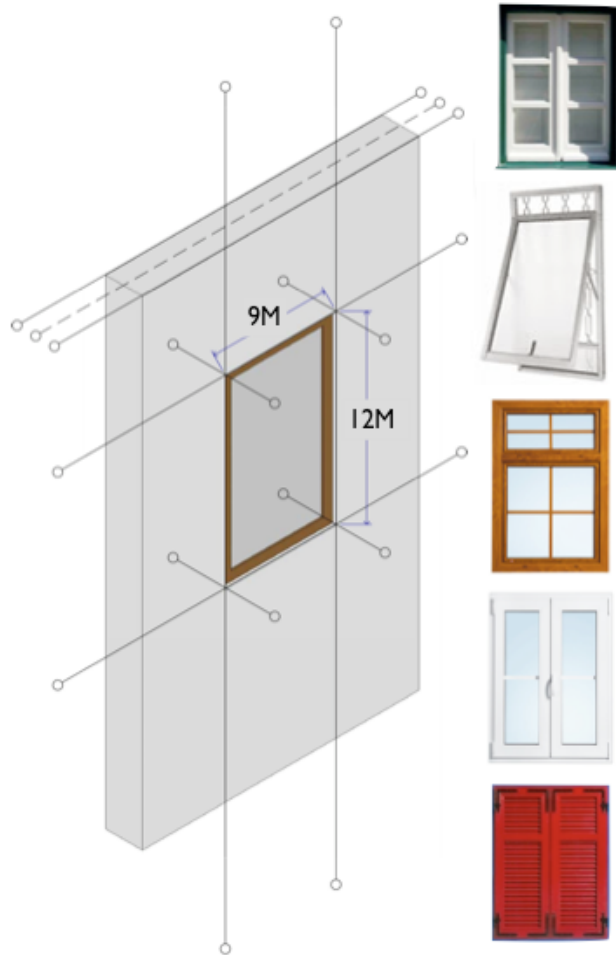


Pode-se fazer a compatibilização de medidas no projeto equacionando componentes caso a caso. Outra opção é um acordo comum entre os agentes para acertar as medidas dos componentes de uma determinada obra.

acordo mais amplo



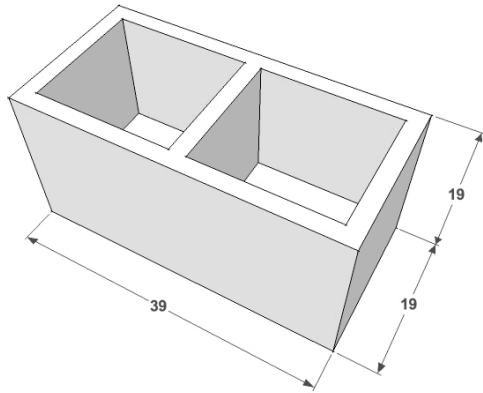
Finalmente, pode ser feito um acordo mais amplo entre os fabricantes, projetistas e construtores, que garanta que componentes construtivos terão medidas que combinem entre si, mesmo quando os diversos agentes do processo são independentes. A coordenação modular é essa regra comum.



Em outras palavras, a coordenação modular é um instrumento para facilitar a compatibilização de medidas na construção civil. Com ela, a combinação de componentes construtivos das mais diversas origens fica automática e flexível.

Coordenação Modular na Construção Civil

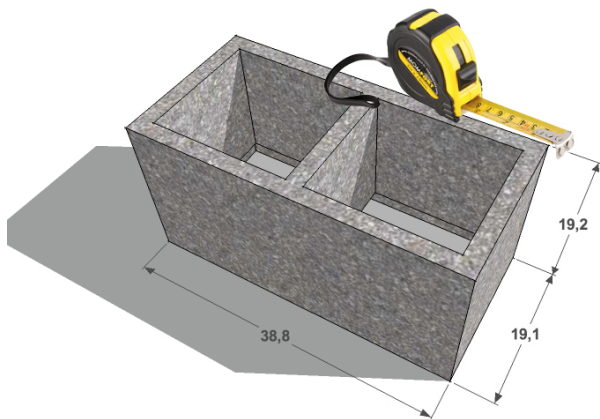
CONCEITOS DE MEDIDAS - EXEMPLO: BLOCO DE CONCRETO



Medidas nominais de fabricação

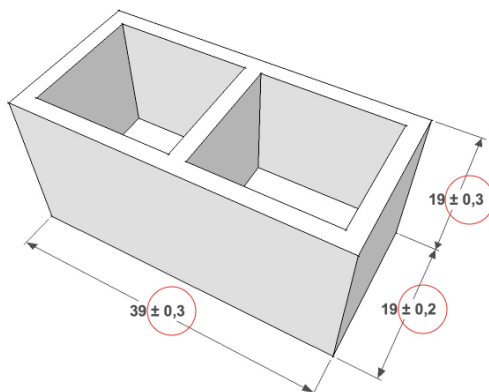
Um ponto-chave da Coordenação Modular são os diferentes tipos de medida dos componentes construtivos.

Tomemos como exemplo o bloco de concreto. Temos, primeiro, as medidas nominais de fabricação: aqui, 19cm x 19cm x 39 cm.



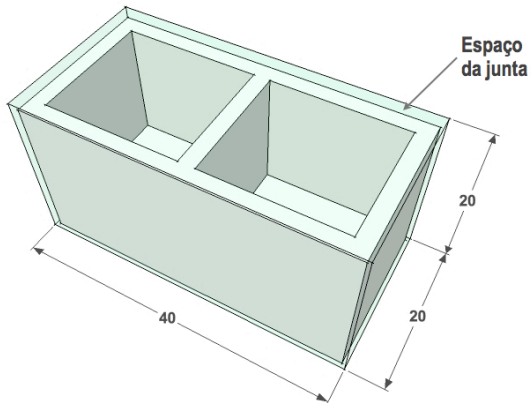
Medidas reais

Quando medimos um componente depois de fabricado, provavelmente encontraremos medidas um pouco diferentes: são as medidas reais. Cada exemplar do bloco varia um pouco em relação à sua medida nominal.



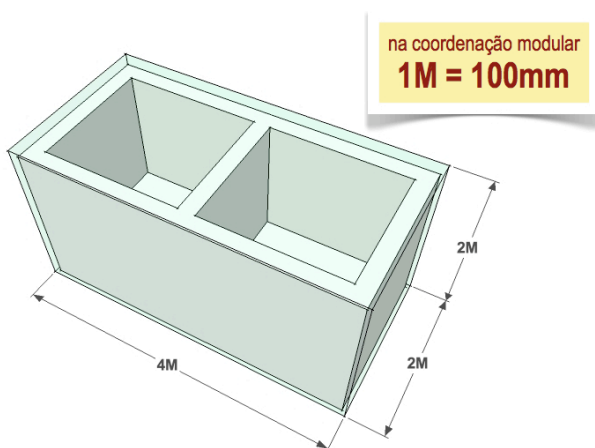
Medidas nominais com tolerâncias

Essa variação não é problema, porque a medida nominal inclui uma tolerância. A NBR 6136 estabelece que a tolerância de blocos de concreto é de 2mm na largura e 3mm no comprimento e na altura. O nosso bloco pode ser usado sem problemas.



Medidas de coordenação

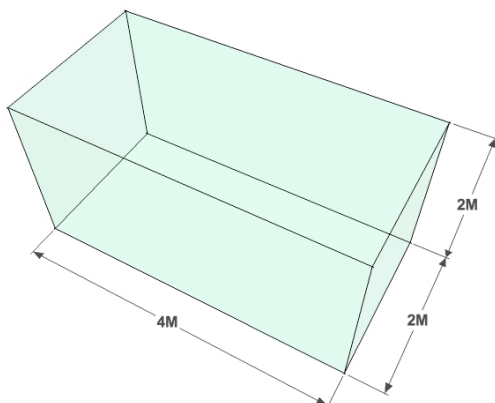
Um terceiro valor é a medida de coordenação. O bloco de concreto é usado com juntas de argamassa de 1cm, em média. Essas juntas também absorvem as tolerâncias de fabricação. Disso decorrem medidas de coordenação de 20cm x 20cm x 40cm.



Medidas modulares

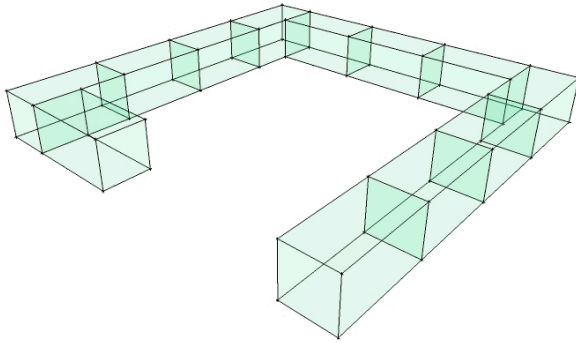
Como esses valores são múltiplos de 10cm, podem ser designados por módulos (M).

O bloco mede 2M x 2M x 4M...

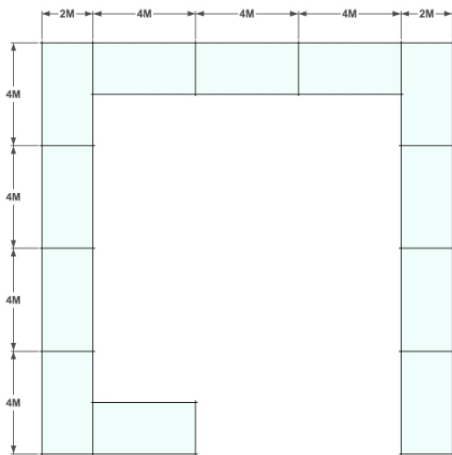


Medidas modulares

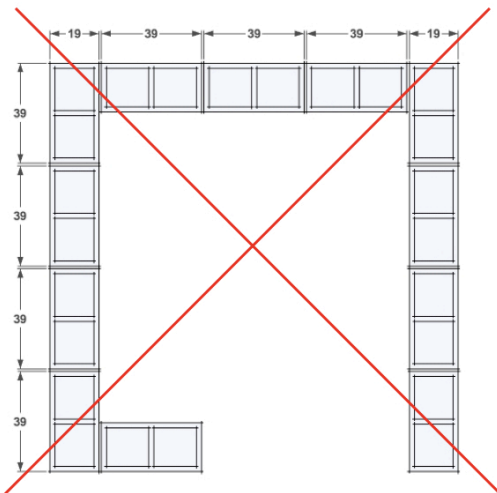
... ou, em suma, ele é modular.



No projeto de alvenaria com esse bloco, todo o desenho pode ser feito diretamente com as medidas modulares.



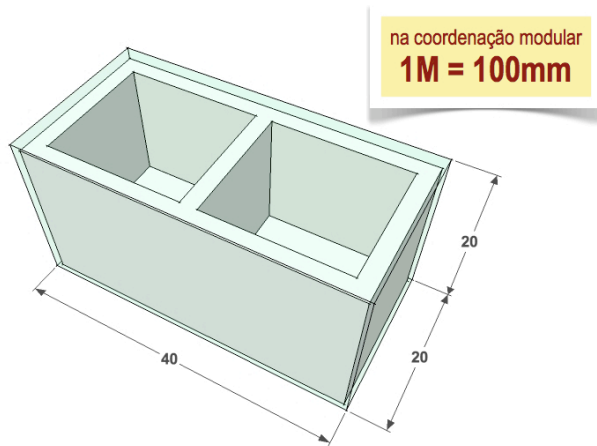
O raciocínio fica mais rápido, porque folgas e juntas já estão incluídas, bastando a justaposição de espaços de coordenação.



Também não é necessário indicar as medidas nominais dos componentes ou dos vãos - as medidas modulares são de leitura bem mais direta.

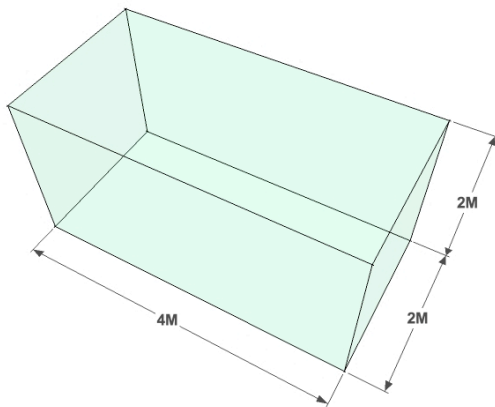
Coordenação Modular na Construção Civil

PROJETO COM MEDIDAS DE COORDENAÇÃO - EXEMPLO: BLOCO DE CONCRETO



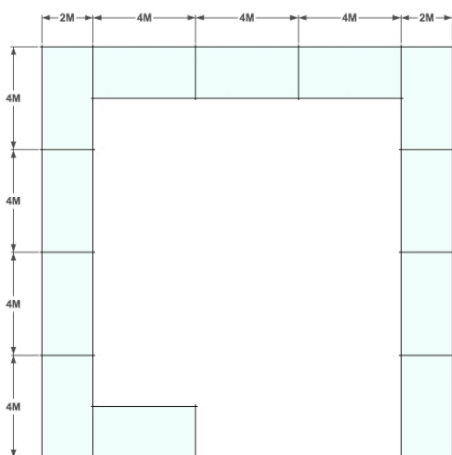
Medidas de coordenação

No vídeo sobre os diferentes tipos de medidas, vimos o exemplo de um bloco de concreto com medidas de coordenação de 20cm x 20cm x 40cm.

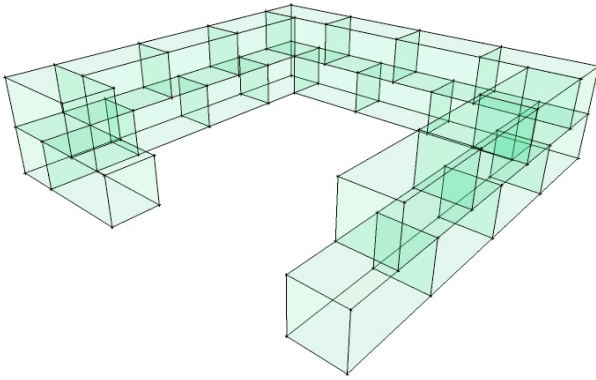


Medidas modulares

Por serem múltiplas de 10cm, também podem ser chamadas de medidas modulares.

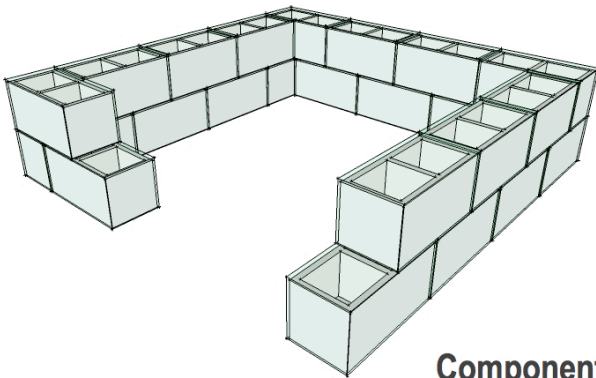


Vejamos mais de perto a possibilidade de um projeto de alvenaria ser desenhado apenas com essas medidas, sem a indicação das medidas nominais dos componentes.



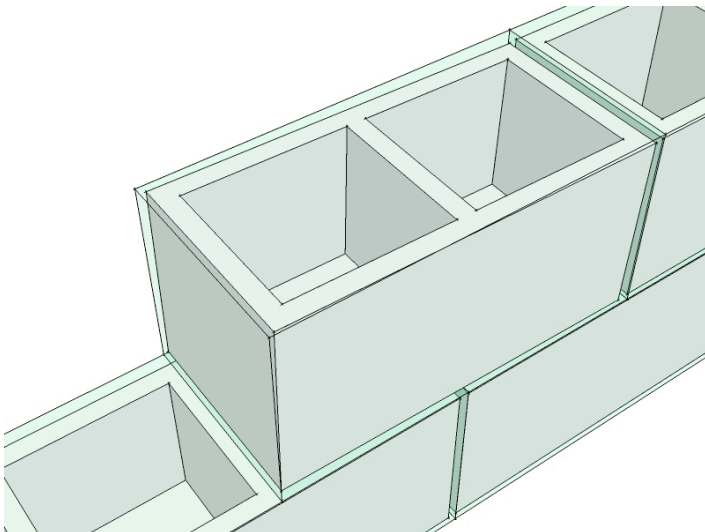
Espaços de coordenação

É claro que o projeto feito a partir dos espaços e das medidas de coordenação...

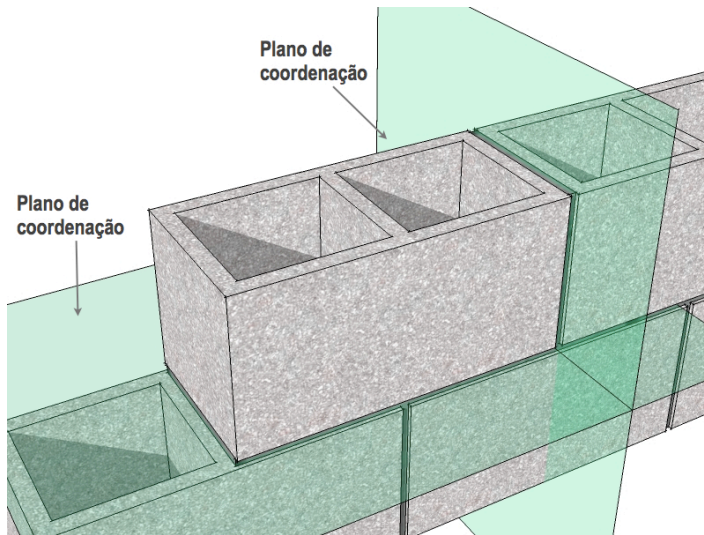


**Componentes
+
Espaços de coordenação**

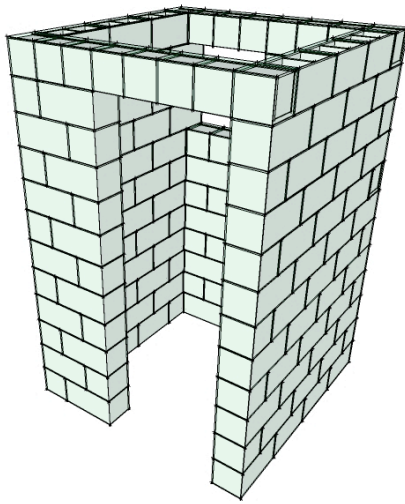
...também define posições de componentes. Mas ele as define dentro de uma margem.



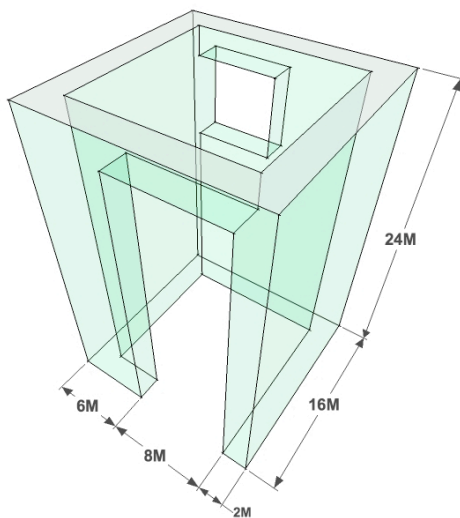
Assim, pequenos desvios nas medidas e na geometria não geram erros para outros componentes. Cada componente tem, por assim dizer, certo jogo de cintura que é compensado pela junta.



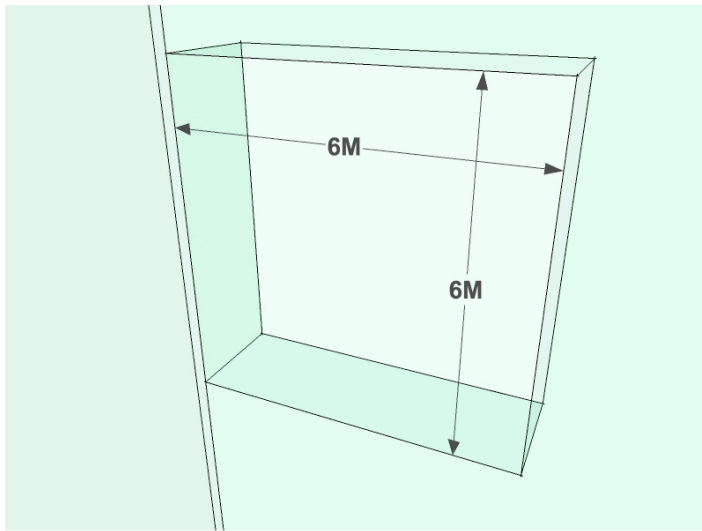
Importa que ele não ultrapassa o plano de coordenação que delimita seu espaço.



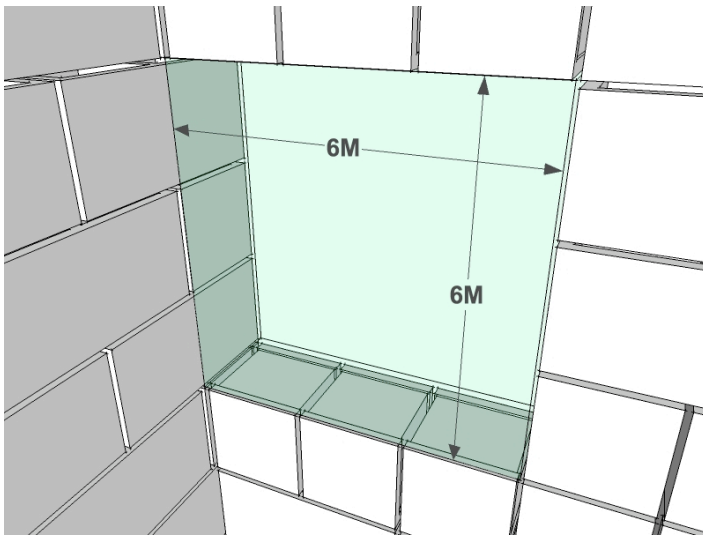
Quando todos os componentes utilizados são modulares...



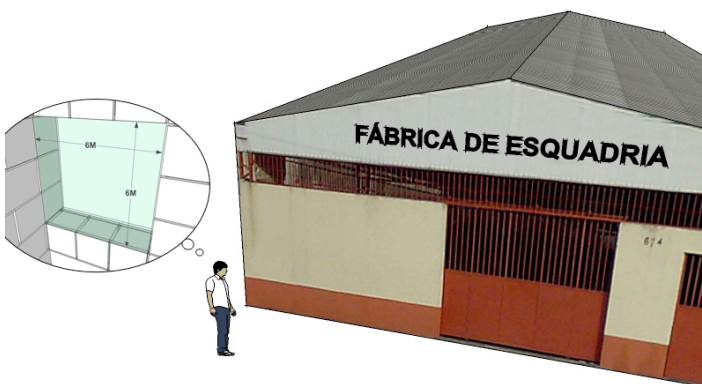
...os vazios resultantes também terão medidas modulares.



Por exemplo, os vãos de janelas.



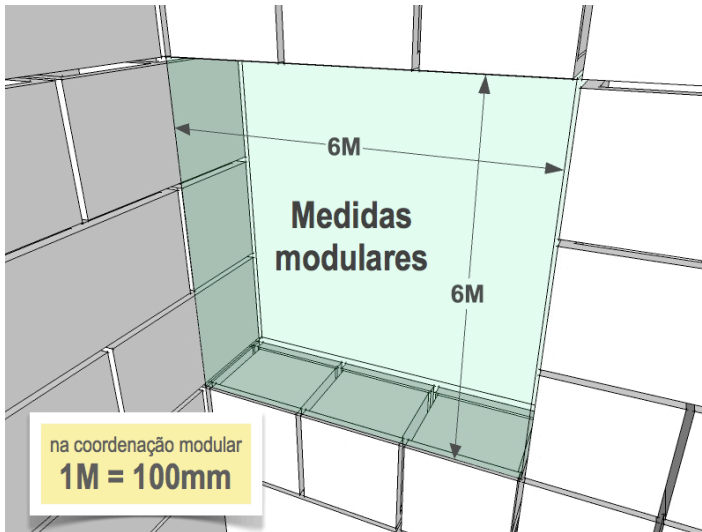
O fabricante da esquadria toma exatamente o mesmo vão modular por referência...



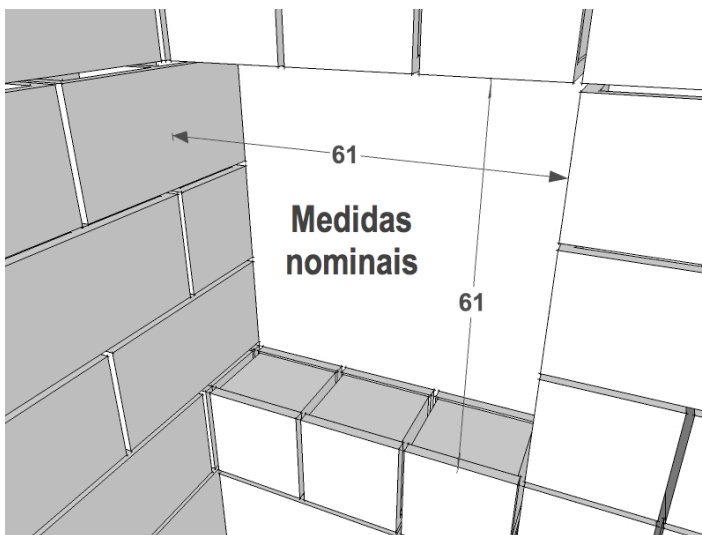
...para definir as medidas nominais do seu produto.

Coordenação Modular na Construção Civil

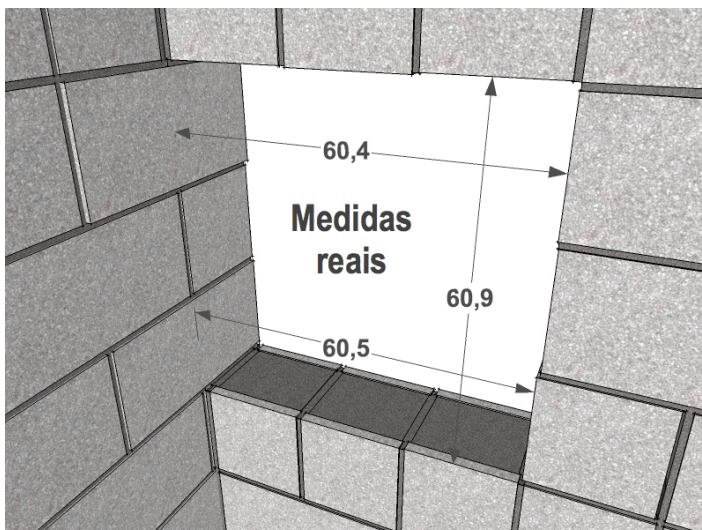
DIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES MODULARES - EXEMPLO: ESQUADRIAS



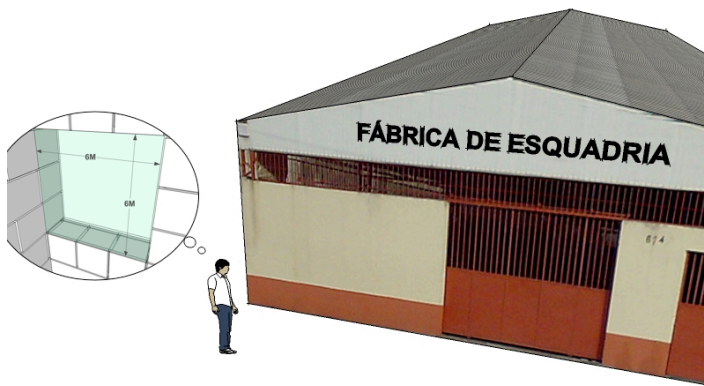
Para dimensionar um componente modular, a primeira coisa a fazer é definir suas medidas de coordenação. Por exemplo: um componente para um vão de janela com medidas de coordenação de 60cm x 60cm, ou seja, 6M x 6M.



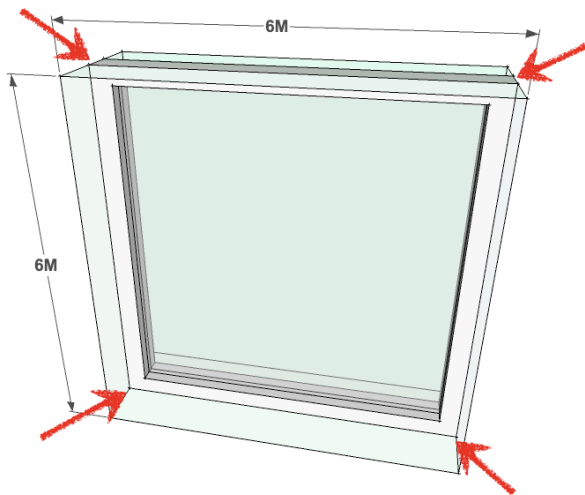
Suponhamos que esse vão esteja numa alvenaria que tem juntas de 1cm em média. Teoricamente, o vão terá 61cm x 61cm: esta é sua medida nominal.



Mas não podemos contar com esse espaço para a esquadria, porque a folga de 1cm faz parte do espaço de coordenação da alvenaria e pode ser usado para absorver suas tolerâncias. O vão real é sempre um pouco maior ou menor do que o vão nominal.

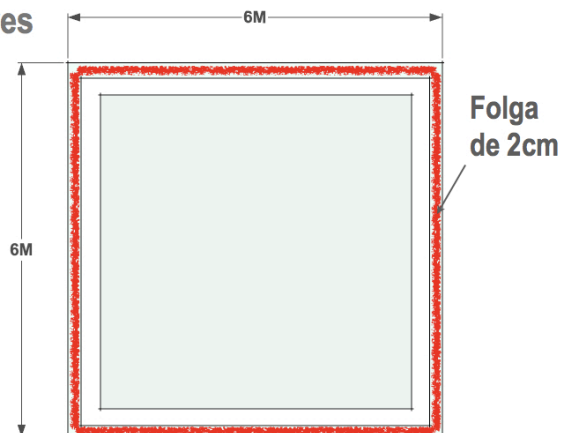


O macete, para o fabricante da esquadria, é raciocinar sempre a partir do vão de coordenação: 6M x 6M.

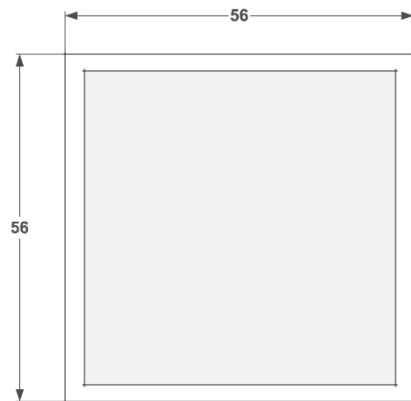


É claro que uma esquadria com as mesmas medidas, não caberia nesse vão.

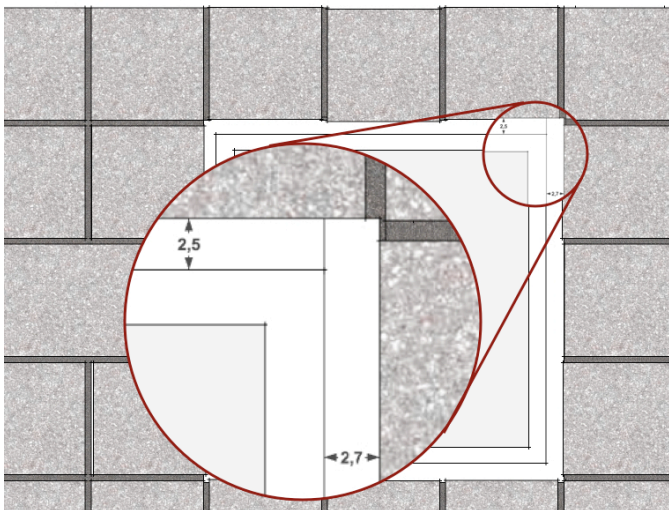
Medidas modulares



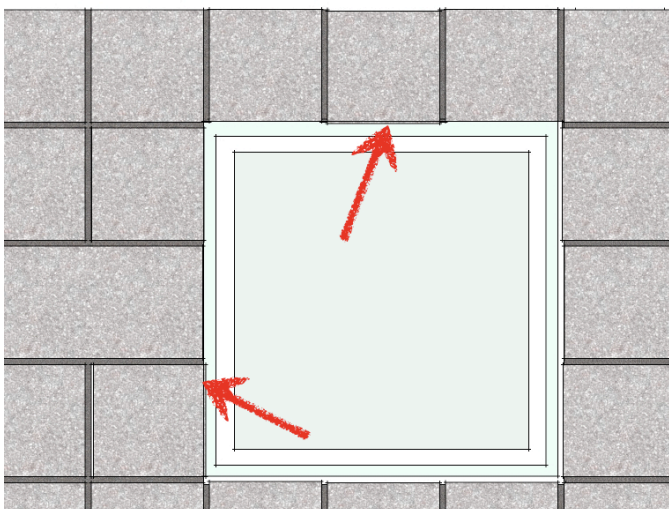
É necessária uma folga perimetral. Suponhamos que, para esta esquadria específica, a folga seja de 2cm de cada lado.

Medidas nominais

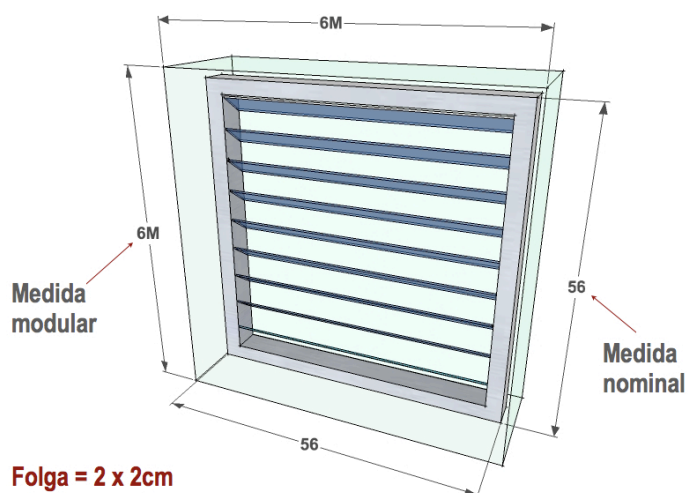
Nesse caso, a medida nominal de fabricação da esquadria seria de 56cm x 56cm.



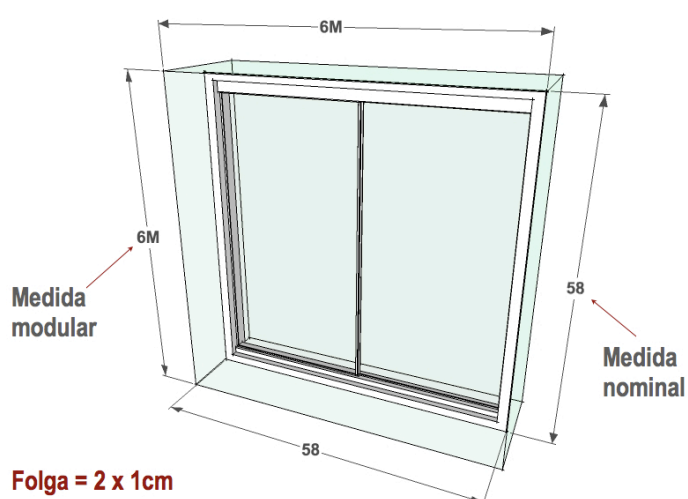
Mesmo que existam variações na alvenaria, os 2cm para a instalação estão garantidos...



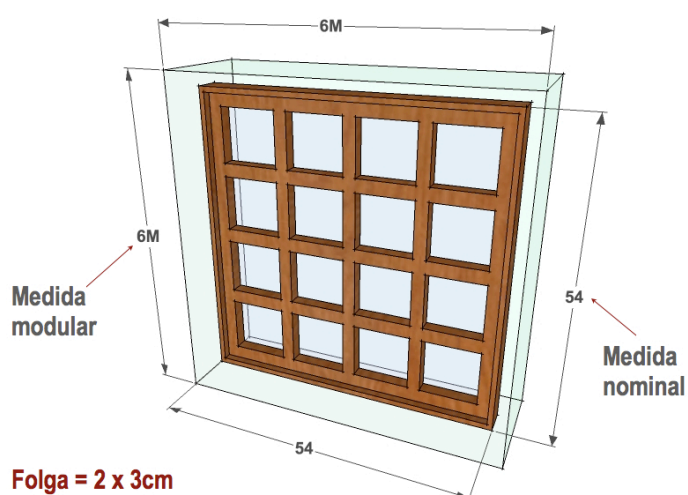
... desde que o construtor também siga a Coordenação Modular e não deixa a alvenaria invadir o vão modular.



Para uma mesma medida modular, podem existir diversas medidas nominais. A esquadria usada como exemplo tinha medidas nominais de 56cm x 56cm.



Outra esquadria, feita com um material mais preciso ou que sofre menos dilatação, pode exigir uma folga perimetral menor, de modo que as medidas nominais sejam, por exemplo, 58cm x 58cm.



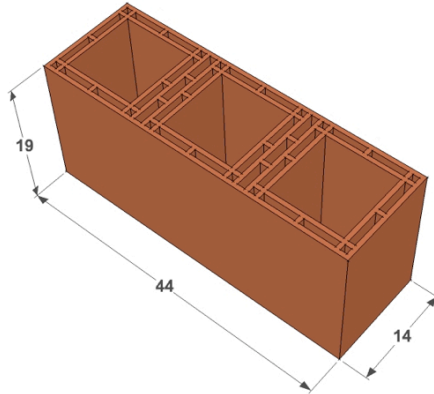
Ou pelo contrário, o material pode exigir uma folga maior, isto é, mais tolerância de fabricação ou mais espaço para a instalação, por exemplo.

Essa folga variável entre a medida modular e a medida nominal é chamada de ajuste de coordenação.

Coordenação Modular na Construção Civil

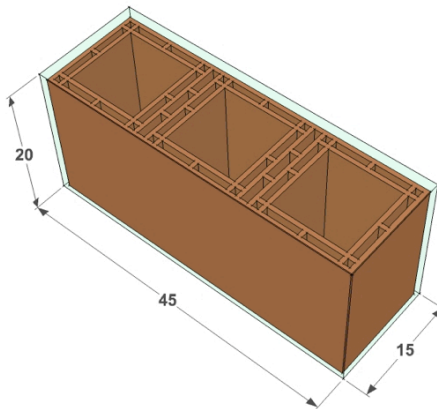
AJUSTE MODULAR - EXEMPLO: BLOCO CERÂMICO E BLOCO DE GESSO

Medidas nominais (cm)



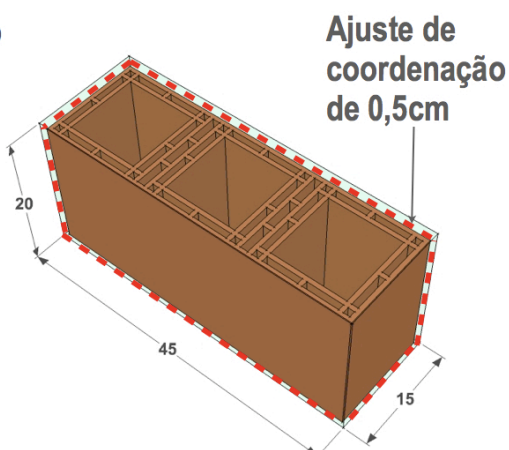
O ajuste de coordenação de um componente construtivo é a diferença entre sua medida nominal de fabricação e a medida de coordenação correspondente. Por exemplo, um bloco cerâmico com medidas nominais de 14cm x 44cm x 19cm...

Medidas de coordenação



... e medidas de coordenação de 15cm x 45cm x 20cm...

Medidas de coordenação

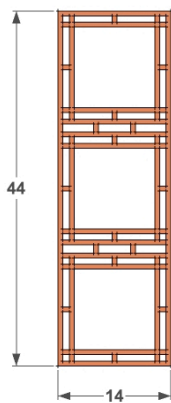


...tem um ajuste de coordenação de 0,5cm de cada lado ou 1cm em cada uma das três dimensões.

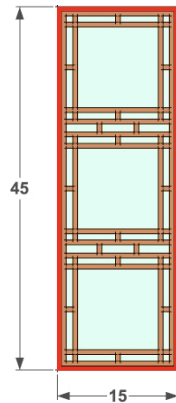


Dependendo das características do componente, esse ajuste deve ser suficiente para absorver tolerâncias de fabricação, de marcação e de assentamento, deformações mecânicas e dilatações térmicas ou por umidade. Além disso, ele é o espaço do material de conexão e, eventualmente, o espaço de manobra das ferramentas usadas na instalação.

Medidas nominais



Medidas de coordenação



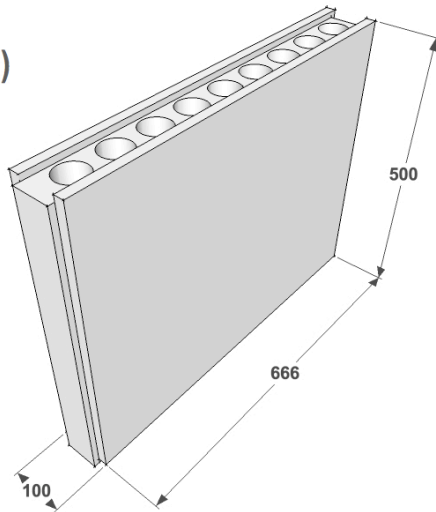
Por isso, a coordenação de um componente com seus vizinhos só é possível quando o ajuste de coordenação é corretamente dimensionado.



Bloco de gesso

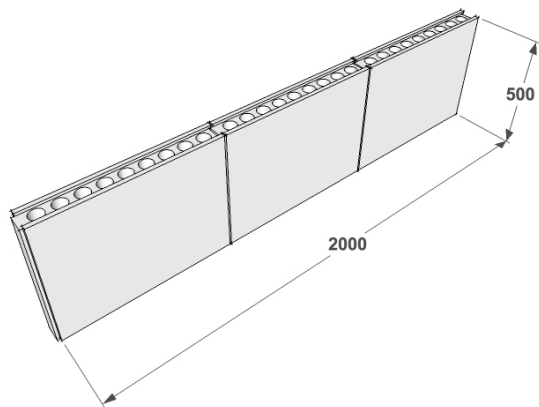
Vejamos um exemplo em que isso não acontece: o bloco de gesso...

Medidas nominais (mm)

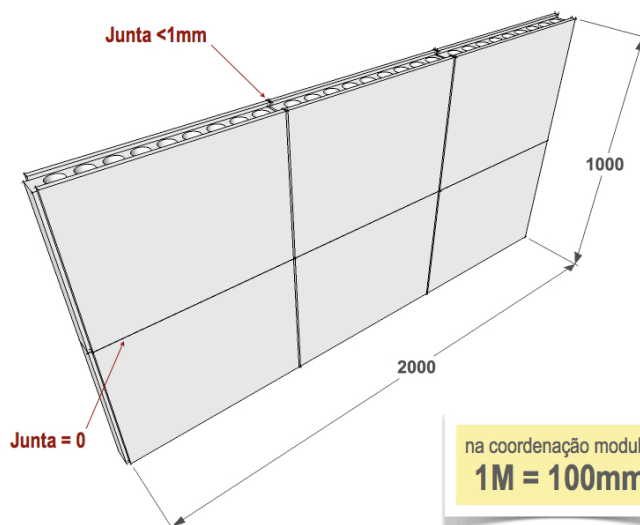


... fabricado com medidas nominais de 666mm x 500mm.

Medidas nominais (mm)

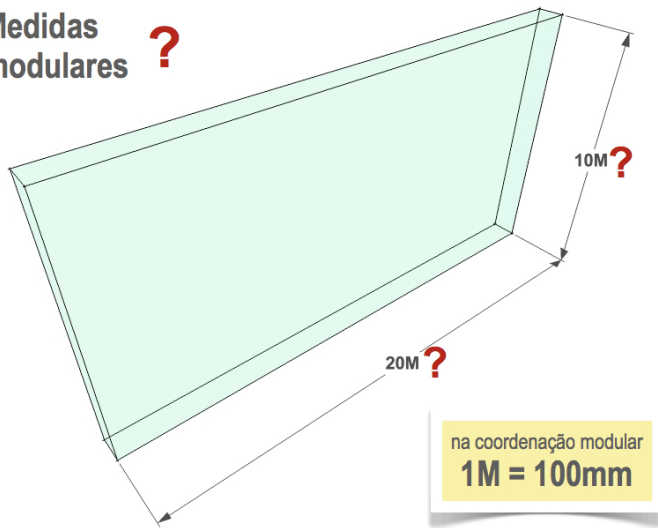


A ideia é que três blocos formem um conjunto modular de 2m x 0,5m...



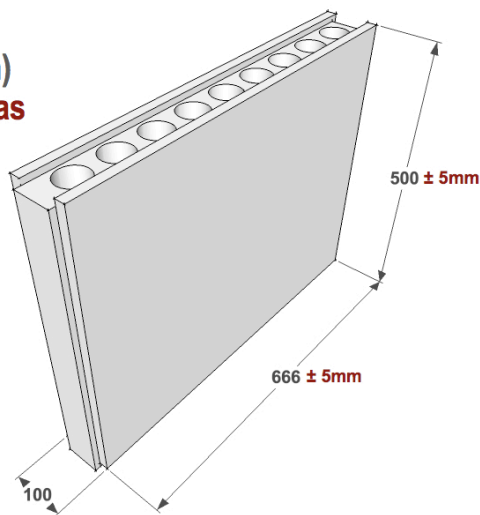
... e seis blocos formem um conjunto de 2m x 1m. Teoricamente, isso deveria funcionar, se considerarmos juntas verticais menores do que 1mm, juntas horizontais nulas e um trabalho de marcação e montagem absolutamente preciso.

Medidas modulares ?



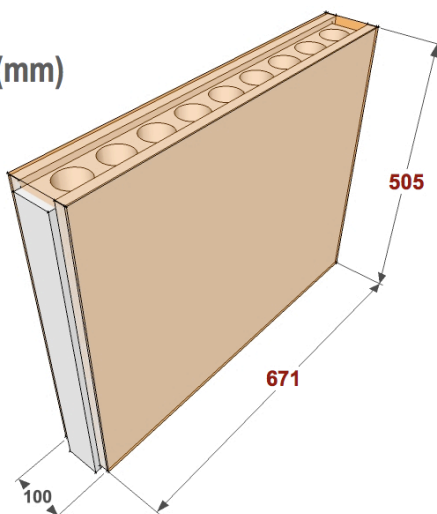
Seis blocos formariam um conjunto de 20 x 10 módulos. Mas, existe outro problema.

Medidas nominais (mm) com tolerâncias



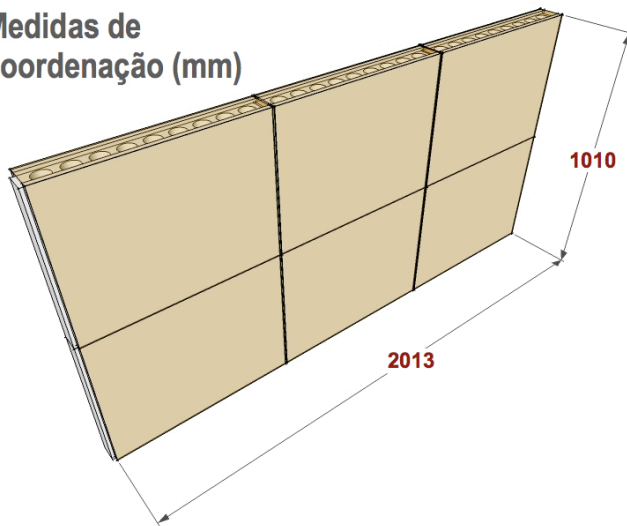
Os blocos têm tolerâncias de fabricação de $\pm 5\text{mm}$

Medidas de coordenação (mm)



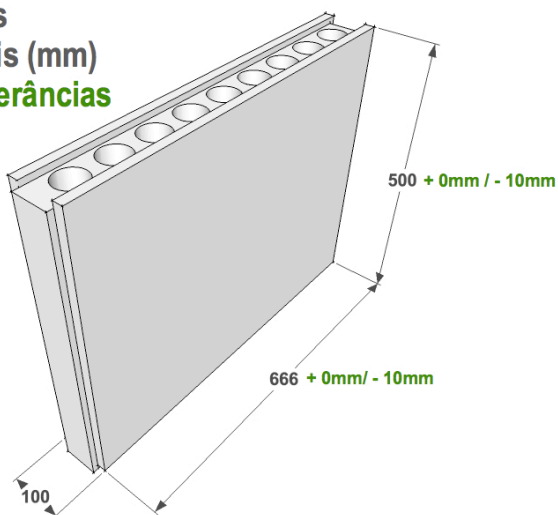
Assim, teríamos que considerar medidas de coordenação equivalentes, pelo menos, ao tamanho máximo de cada bloco, ou seja, 671mm x 505mm.

Medidas de coordenação (mm)



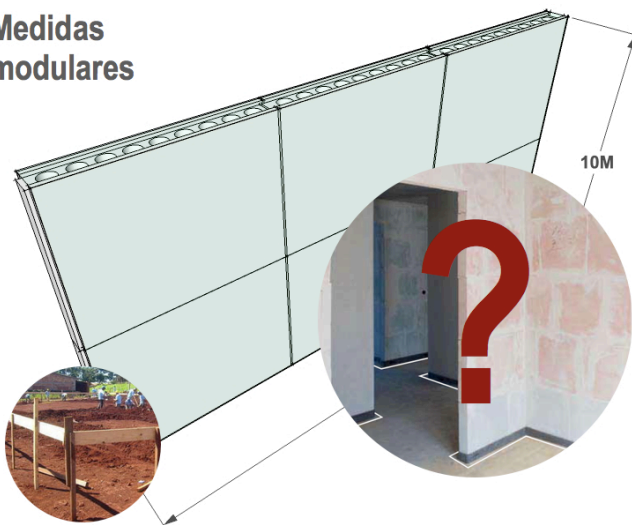
Nesse caso, um conjunto de seis blocos poderia chegar a uma medida de coordenação de 2013mm x 1010mm, e não se encaixaria em nenhum espaço modular.

Medidas nominais (mm) com tolerâncias



Seria mais correto definir uma tolerância assimétrica para esse bloco. Por exemplo: $+0\text{mm} / -10\text{mm}$. Então a Coordenação Modular não seria prejudicada pela tolerância de fabricação.

Medidas modulares



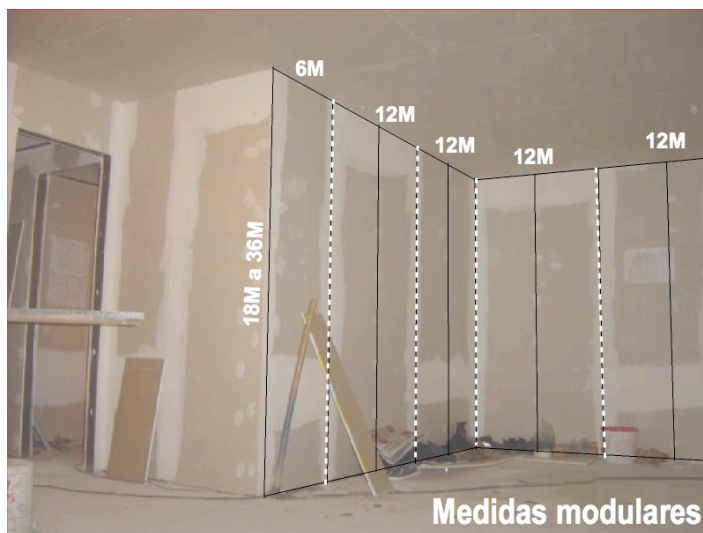
Mas é bom lembrar que, mesmo com essa nova definição, a marcação e o assentamento do bloco continuariam sem nenhuma tolerância. Será que é útil exigir tanta precisão?

Coordenação Modular na Construção Civil

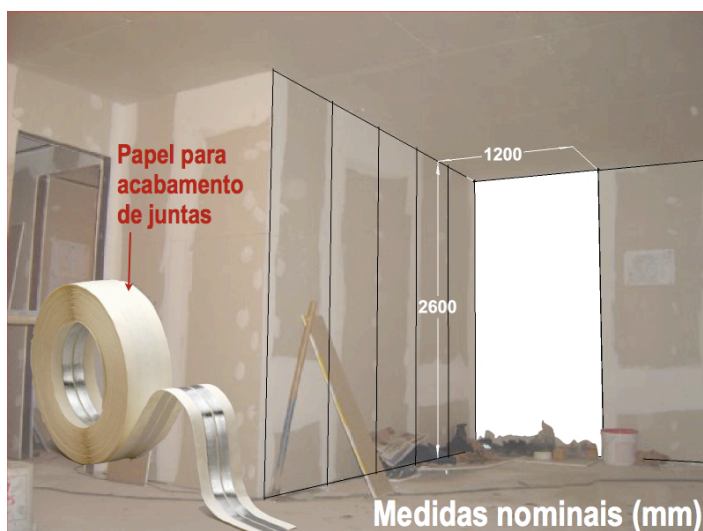
TOLERÂNCIA ASSIMÉTRICA - EXEMPLO: CHAPA DE GESSO ACARTONADO



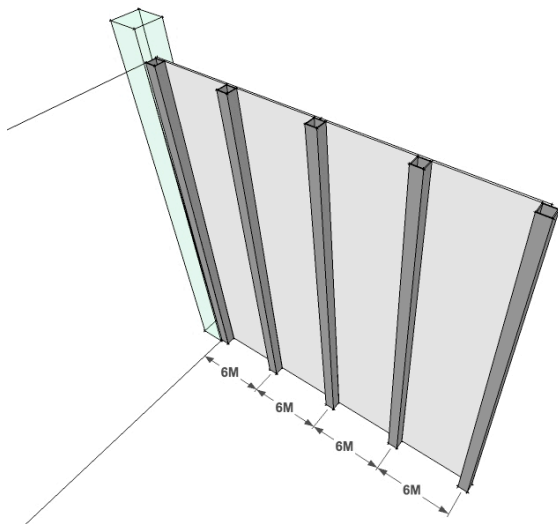
Um exemplo de conformidade com a Coordenação Modular são as chapas de gesso acartonado para paredes e forros.



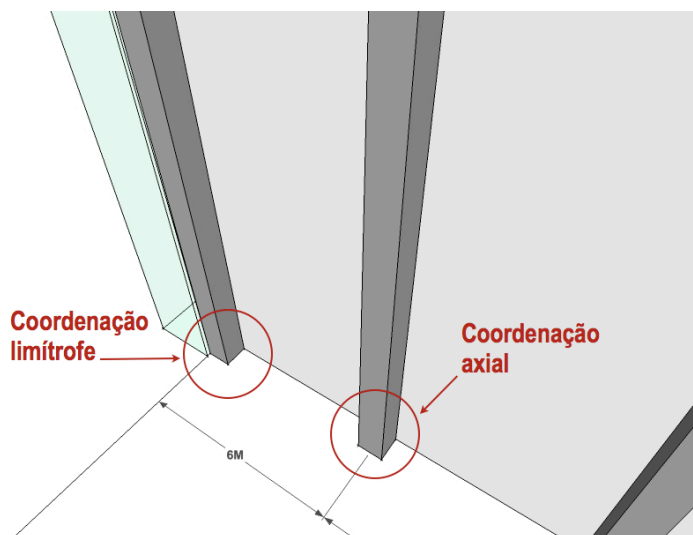
Elas são comercializadas com larguras de 6 e 12 módulos e alturas entre 18 e 36 módulos.



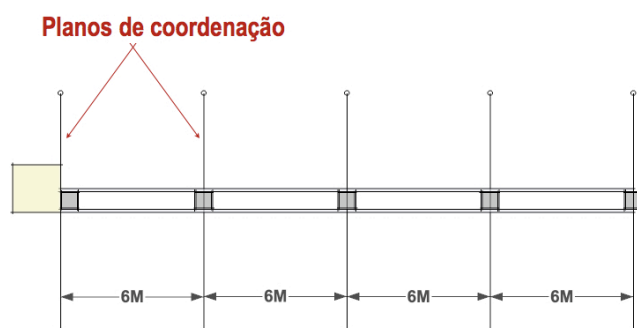
As medidas nominais das chapas têm os mesmos valores. Essa coincidência entre medidas nominais e medidas modulares é possível porque as chapas não precisam de juntas de argamassa.



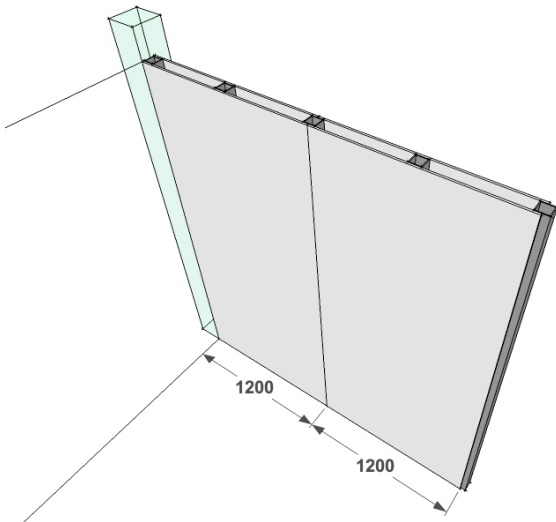
Elas são fixada sobre montantes metálicos a cada 6 ou 4 módulos.



No encontro da parede de gesso com outros elementos da construção, a coordenação dos montantes é limítrofe. No meio da chapa ou entre duas chapas, a coordenação do montante é axial.



Assim, o plano de coordenação está ora na face, ora no eixo do montante.



Outra característica que possibilita igualar medidas nominais e medidas modulares é a forma de definição da tolerância...



...a chapa pode ter, por exemplo, largura de 1200 mais zero menos 4mm. Ou seja, todas as eventuais variações na fabricação preservam a largura máxima de 12 módulos.

Coordenação Modular na Construção Civil

O MÓDULO DE 100mm - EXEMPLO: LAJE PREFABRICADA COMUM



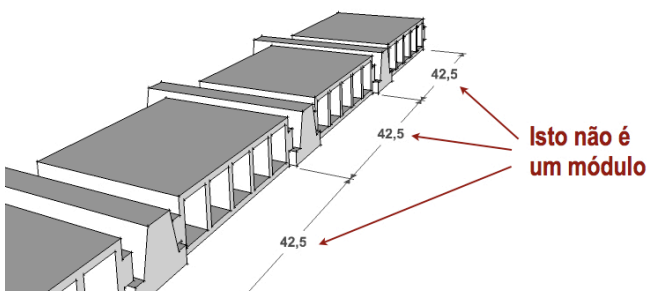
O módulo da Coordenação Modular é sempre de 10cm. É exatamente isso que facilita combinar componentes diversos entre si. Vejamos o exemplo das lajes prefabricadas comuns, com vigotas de concreto e lajotas cerâmicas.

Laje prefabricada comum



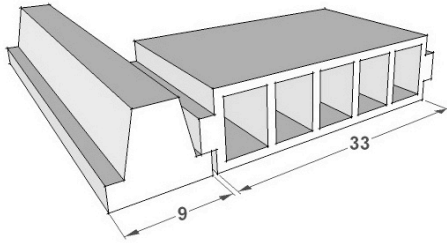
O tipo mais frequente no mercado tem uma medida inteiros de 42,5cm.

Medidas nominais (cm)



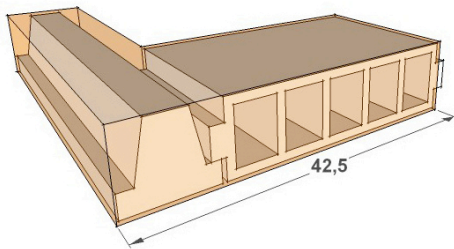
Como essa medida se repete, costuma-se dizer que ela seria o “módulo” da laje. Mas, na realidade, ela não é modular.

Medidas nominais (cm)



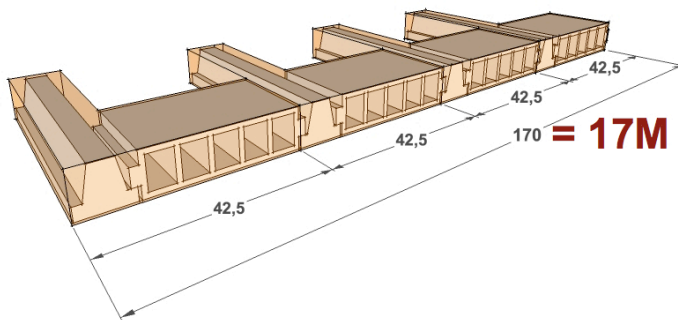
As medidas nominais dos componentes geram uma largura de coordenação...

Medidas de coordenação (cm)



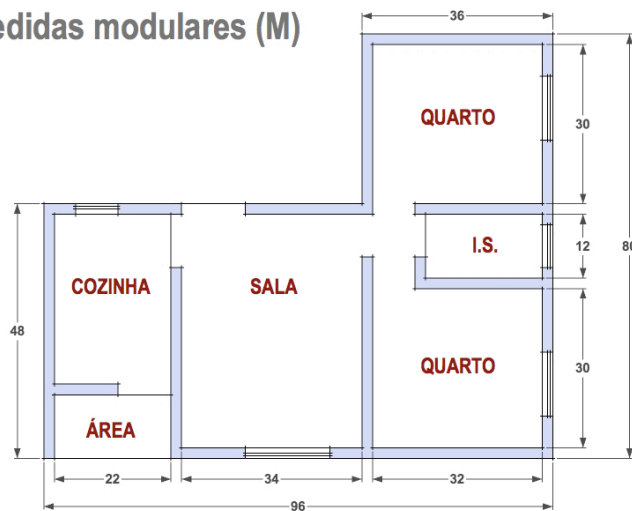
...que não é múltipla de 10cm.

Medidas de coordenação (cm)



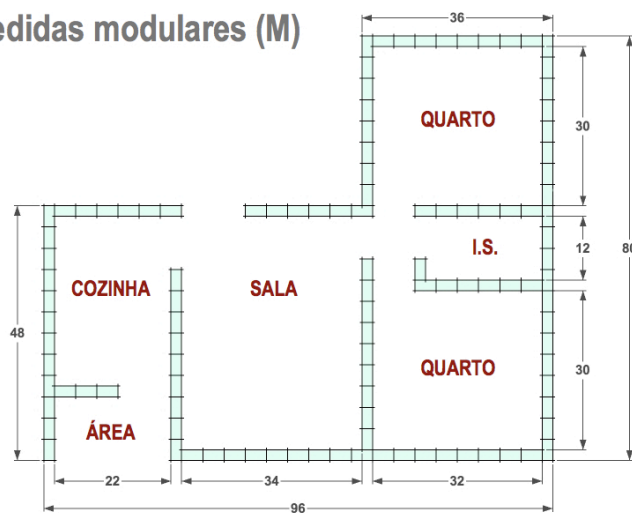
É claro que, se somarmos quatro conjuntos desses, teremos uma largura de coordenação de 1,70m, que equivale a 17M. Mas essa medida é difícil de coordenar com outros componentes da construção. A cada projeto, é preciso fazer ajustes relativamente complexos.

Medidas modulares (M)



Tomemos por exemplo a planta de uma casa coordenada modularmente...

Medidas modulares (M)

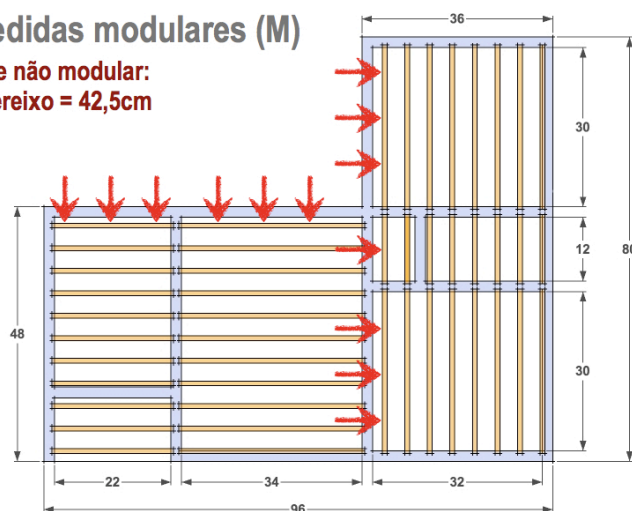


...e projetada para uma alvenaria com um bloco cerâmico cujas medidas modulares são 20cm x 20cm x 40cm.

Na última fiada, a do cintamento, apoia-se a laje prefabricada.

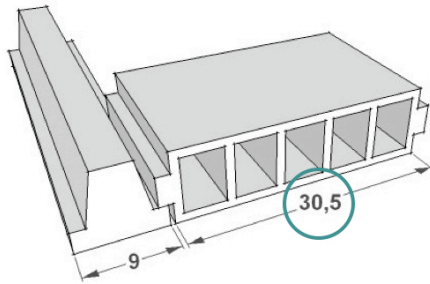
Medidas modulares (M)

Laje não modular:
intereixo = 42,5cm



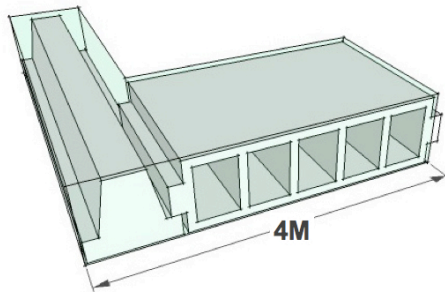
Com o intereixo de 42,5cm, a distribuição das vigotas nesse projeto é truncada. Sempre sobre ou falta um pedaço, e o ajuste teria que ser feito caso a caso.

Novas medidas nominais (cm)



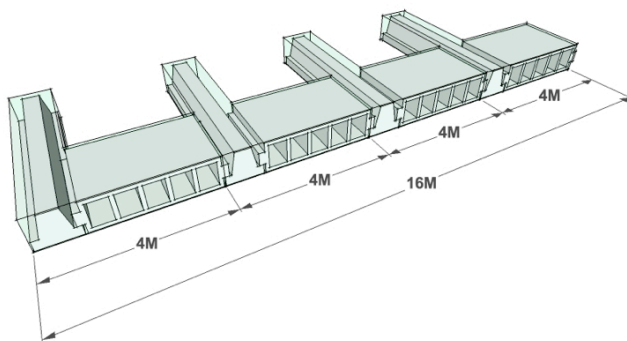
Seria relativamente simples produzir uma laje prefabricada que fosse de fato modular. Bastaria modificar a largura da lajota cerâmica, para que...

Nova medida modular (M)



...somada à largura da vigota e à folga para tolerâncias, a largura de coordenação do conjunto fosse de 40cm ou 4M.

Nova medida modular (M)

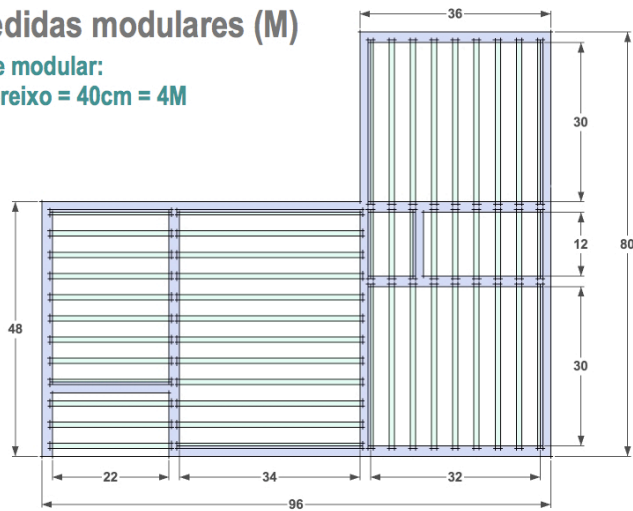


Quatro conjuntos justapostos teriam agora 1,6m.

Numa planta coordenada modularmente, seria fácil distribuir as vigotas sem perdas ou ajustes.

Medidas modulares (M)

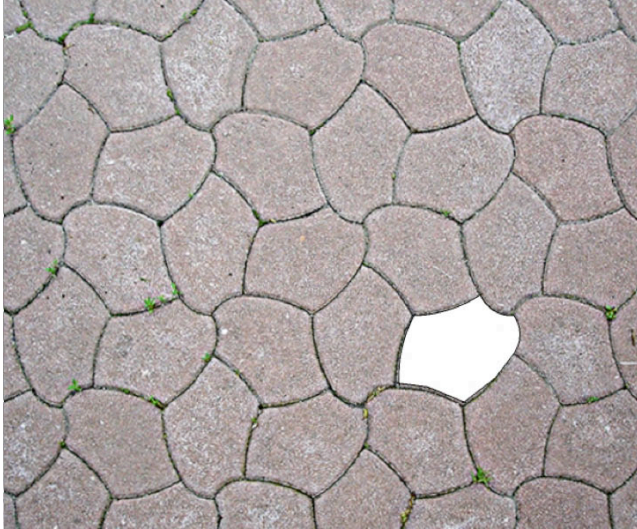
Laje modular:
intereixo = 40cm = 4M



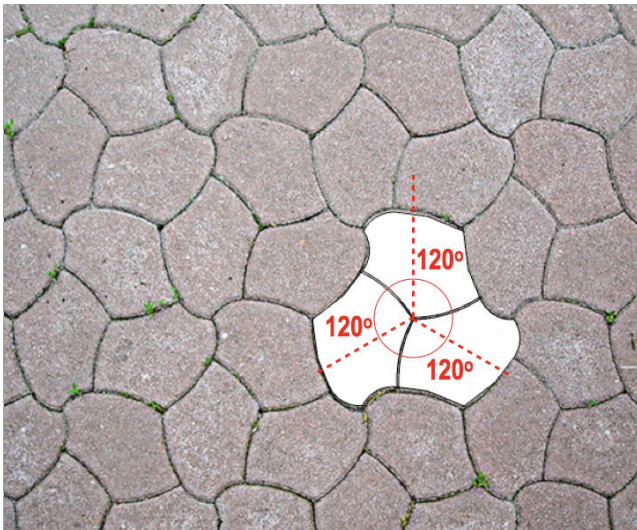
A existência de um módulo básico, compartilhado por todos os agentes, é a chave da Coordenação Modular. Sem ele, existe apenas coordenação dimensional, isto é, uma espécie de malabarismo de medidas resolvidas caso a caso.

Coordenação Modular na Construção Civil

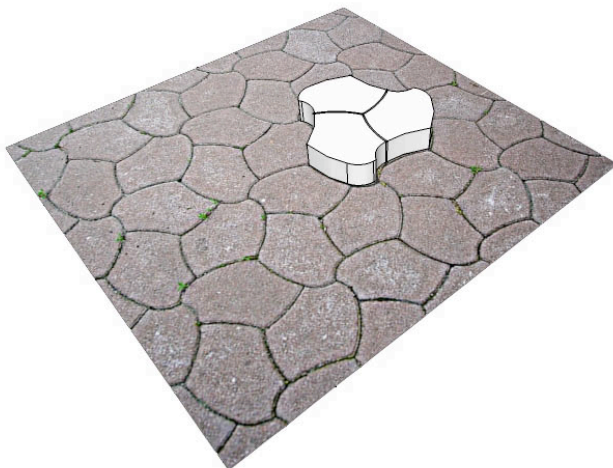
COMPONENTES MODULARES NÃO ORTOGONAIS - EXEMPLO: REVESTIMENTO DE PISO



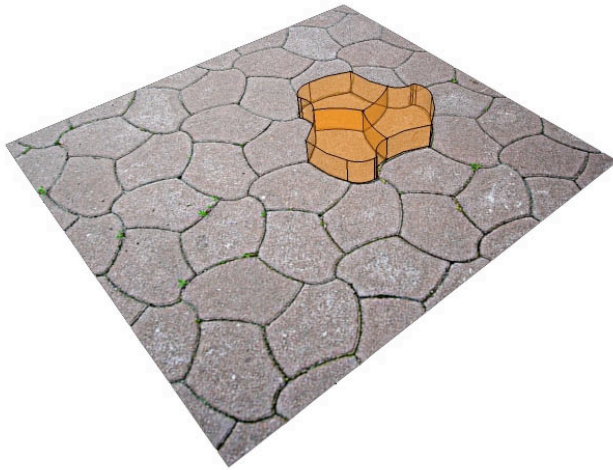
Componentes construtivos coordenados modularmente não precisam ser ortogonais.



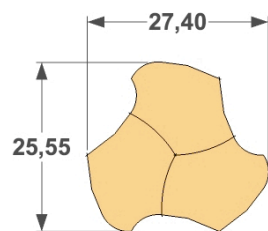
Este revestimento de piso, por exemplo, tem componentes mais complexos, que se coordenam girados em 120 graus.



A cada conjunto de três componentes, o ângulo reto se repete.

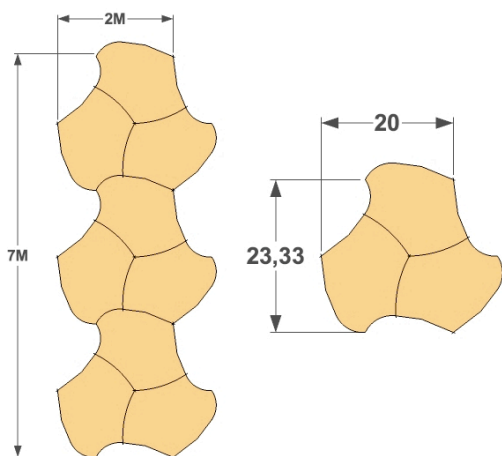


Consideremos o espaço de coordenação destes componentes no conjunto de três.

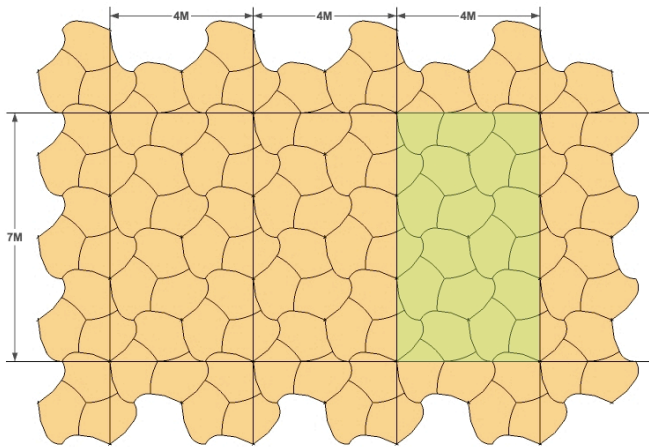


Medidas de coordenação não modulares

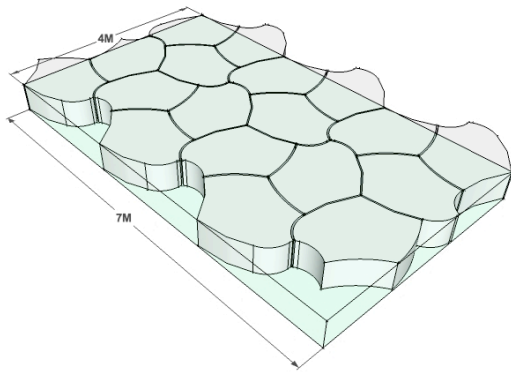
O conjunto ainda não é modular, porque suas medidas de coordenação não são múltiplas de 10cm.



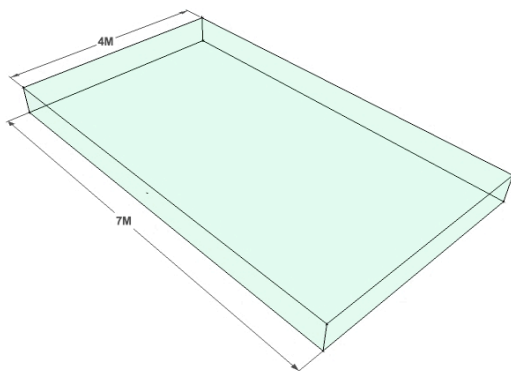
Mas podemos pensar o conjunto em conexão com seus vizinhos. Cada 9 componentes formam um conjunto de medidas modulares.



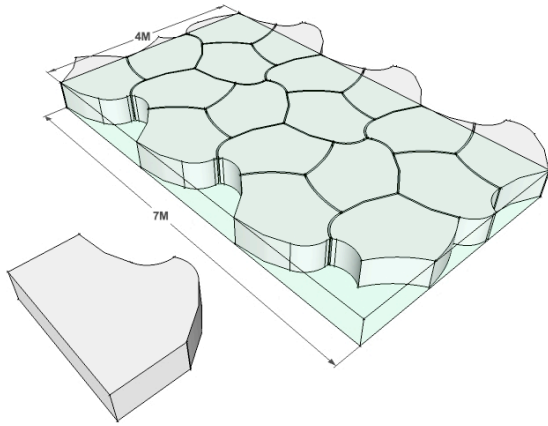
A cada 18 componentes o desenho se repete idêntico...



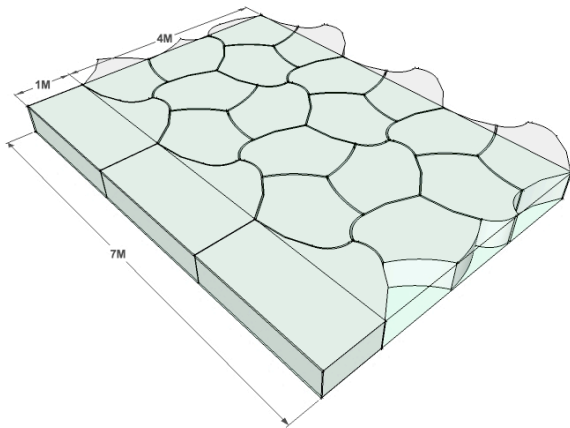
...formando um conjunto modular de 40cm x 70cm ou 4M por 7M.



O espaço de coordenação é novamente ortogonal, ainda que os componentes dentro dele não sejam.



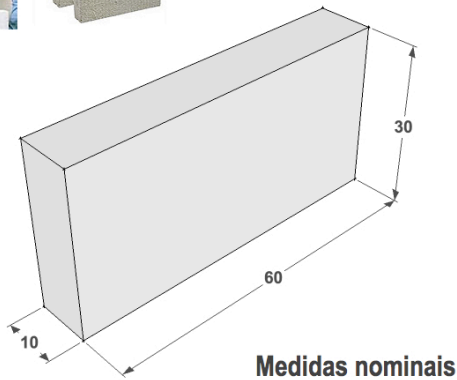
O ideal seria que também fossem fabricadas as peças de borda...



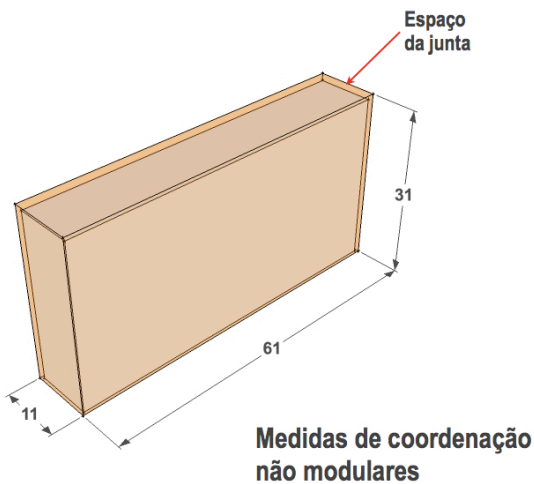
...para fazer um arremate modular e ortogonal quando necessário.

Coordenação Modular na Construção Civil

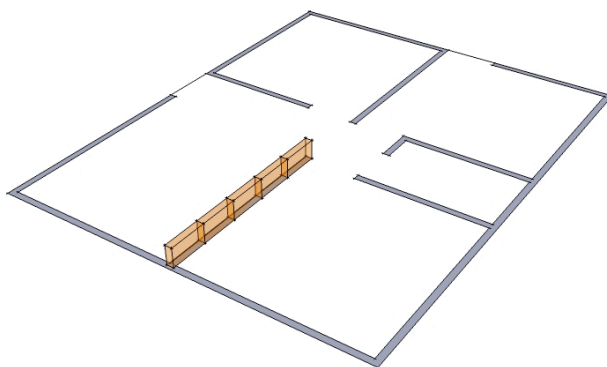
PARECE MODULAR MAS NÃO É - EXEMPLO: BLOCO DE CONCRETO CELULAR



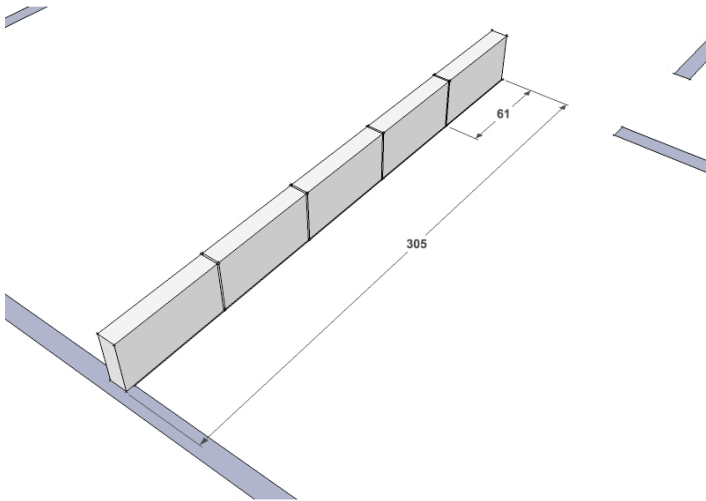
Existem componentes construtivos no mercado, que parecem modulares, mas na verdade não são. Um exemplo é o bloco de concreto celular autoclavado, fabricado com medidas nominais de 60cm x 30cm.



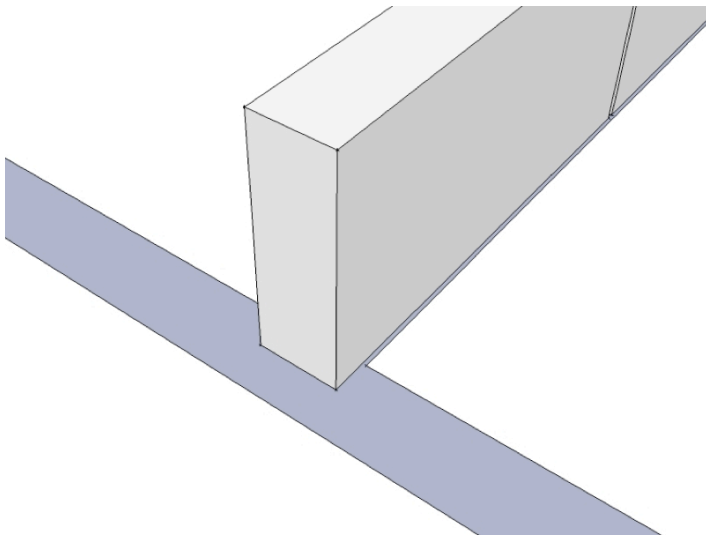
Como o bloco exige juntas de argamassa de 1cm, seu espaço de coordenação acaba somando 61cm por 31cm. Ou seja, é um espaço não modular.



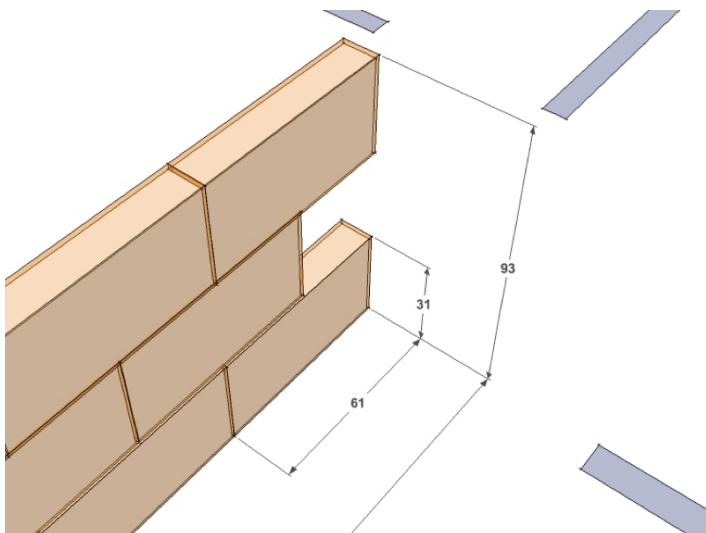
Quando esse bloco é usado numa construção coordenada modularmente, ele não se ajusta.



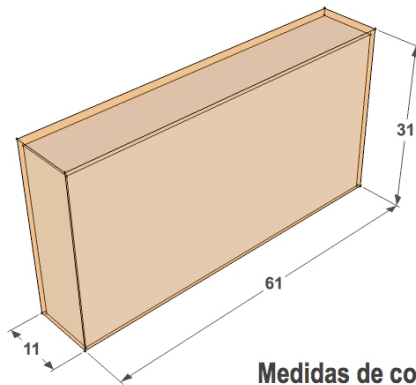
A diferença que parece pequena se soma...



... e os componentes acabam invadindo o espaço de seus vizinhos.

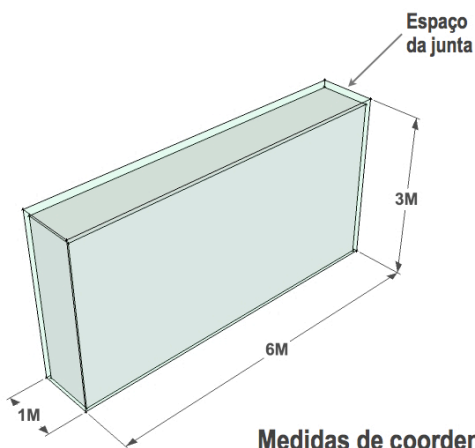


Isso acontece tanto no comprimento, quanto na altura. A cada fiada, o desajuste aumenta.



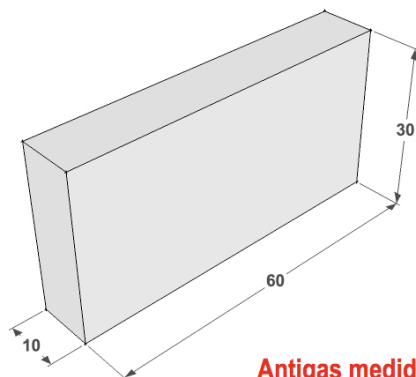
**Medidas de coordenação
não modulares**

Essas incongruências seriam resolvidas
se...



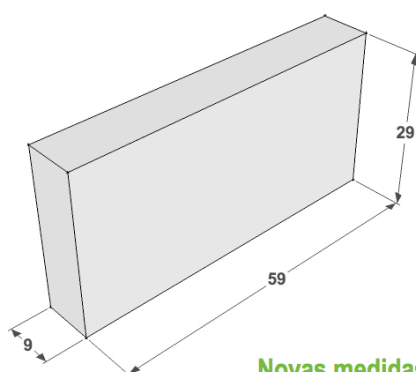
**Medidas de coordenação
modulares**

...o espaço de coordenação do bloco
fosse modular, ou seja, se tivesse 60cm
x 30cm ou 6M x 3M.



**Antigas medidas nominais
de fabricação**

Nesse caso, a medida nominal de
fabricação deve diminuir...



**Novas medidas nominais
de fabricação**

...para 59cm x 29cm, já que o espaço modular inclui a junta de 1cm. Isso mostra que medidas nominais múltiplas de 10cm não significam componentes modulares. O que interessa são as medidas de coordenação.

Produção:

Grupo de Pesquisa MOM

Ana Paula Emídio

Fernando Soares

Luiz Felipe Quintão

Rodrigo Marcandier

Sérgio Leusin (Supervisão)

Silke Kapp (Coordenação)

**Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior**

