

## A utilização da Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC) na construção de Edifícios em Altura

Tânia Silva, Mestre em Arquitetura, Universidade do Minho

Catarina Silva, Aluna de Doutoramento, DECivil, Universidade do Minho

Jorge M Branco, Professor Auxiliar, DECivil, Universidade do Minho

### 1. O Sistema Construtivo: *Urban Timber System*

Com o objetivo de dar resposta aos problemas identificados nas soluções e propostas já conhecidas, e como parte resultante de uma investigação sobre a construção em altura com MLCC a decorrer na Escola de Engenharia da Universidade do Minho (EEUM), encontra-se em desenvolvimento o *Urban Timber System* (*UT System*).<sup>1</sup>

O *UT System* é a proposta inicial para um sistema construtivo capaz de responder às necessidades da sociedade atual, ao mesmo tempo que respeita os princípios da sustentabilidade. É um sistema que pode ser classificado como um sistema híbrido de madeira, já que propõe um sistema composto inteiramente por materiais derivados da madeira evitando assim o uso de outros como o betão armado ou o aço. Contudo, contraria o conceito de construir os edifícios inteiramente em MLCC, como na construção celular. Esta solução propõe um sistema que combina dois tipos distintos de derivados de madeira, a madeira lamelada colada cruzada (MLCC) e a madeira lamelada colada (MLC), resultando num sistema mais leve capaz de conceber edifícios mais económicos e arquitetonicamente mais atrativos (imagens 1 e 2).

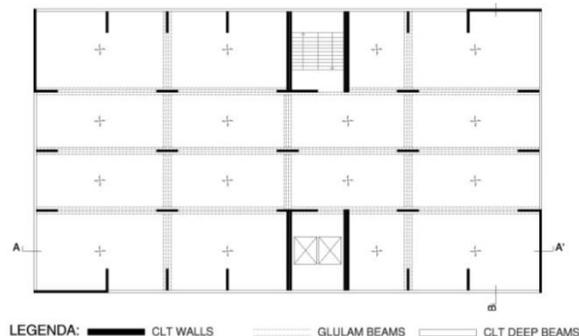


Imagem 1 - Planta do Sistema Estrutural Proposto com o *UT System*

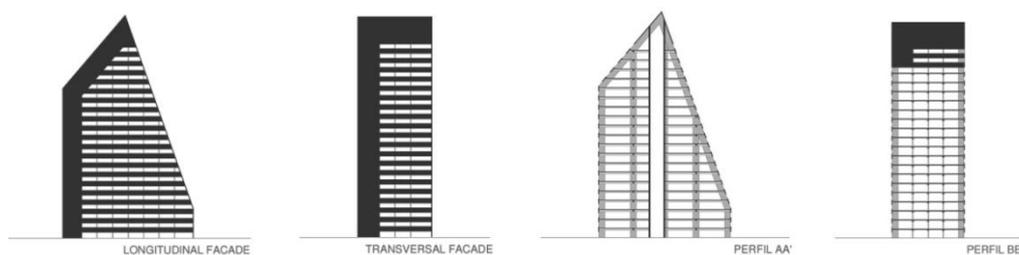


Imagem 2 - Alçados e Cortes de Edifício Construído com o Sistema *UT System*

<sup>1</sup> Silva, C.V, Branco, J.M., Lourenço, P.B. (2013), *A project contribution to the development of sustainable multi- storey timber buildings. Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets*. Bragança, L., Pinheiro, M., Mateus, R. (Eds.), Guimarães, Portugal: IISBE Portugal, University of Minho, Instituto Superior Técnico, pp. 379-386. URL: <http://hdl.handle.net/1822/26947>.

Estruturalmente o *UT System* é baseado no conceito de 'bundled tubes'. Isto é, o sistema estrutural funciona como um conjunto de vários tubos individuais que ao serem ligados entre si vão funcionar como um só. A vantagem da utilização deste conceito prende-se com a resposta tridimensional do edifício.

O sistema apresentado prevê o uso combinado de MLCC e MLC de modo a conseguir uma resposta mais adequada do conjunto estrutural ao tipo de edifícios em questão. Enquanto a MLCC molda todos os pavimentos e paredes, a MLC dá corpo ao vigeamento duplo que abraça e conecta todas as paredes interiores. As paredes são de MLCC e resistem às cargas gravíticas, encaminhando-as às fundações por caminho vertical ou oblíquo. Os pavimentos em MLCC trabalham de forma conjunta com as vigas de MLC na transmissão das cargas para as paredes. A MLCC surge ainda aplicada nas vigas perimetrais que configuram toda a moldura que une os diferentes tubos individuais por que é composto o edifício.

Para responder à vulnerabilidade que os edifícios altos têm às forças laterais, como a ação do vento, o *UT System* propõe um sistema estrutural em que grande parte da resistência a cargas laterais está localizada no perímetro do edifício.

O sistema estrutural agora apresentado está numa fase inicial de desenvolvimento, tendo-se desenvolvido apenas experimentos iniciais no que respeita à aplicação do sistema a um caso prático, na tentativa de apurar a sua qualidade em termos estruturais no que à construção em altura diz respeito (imagem 3).

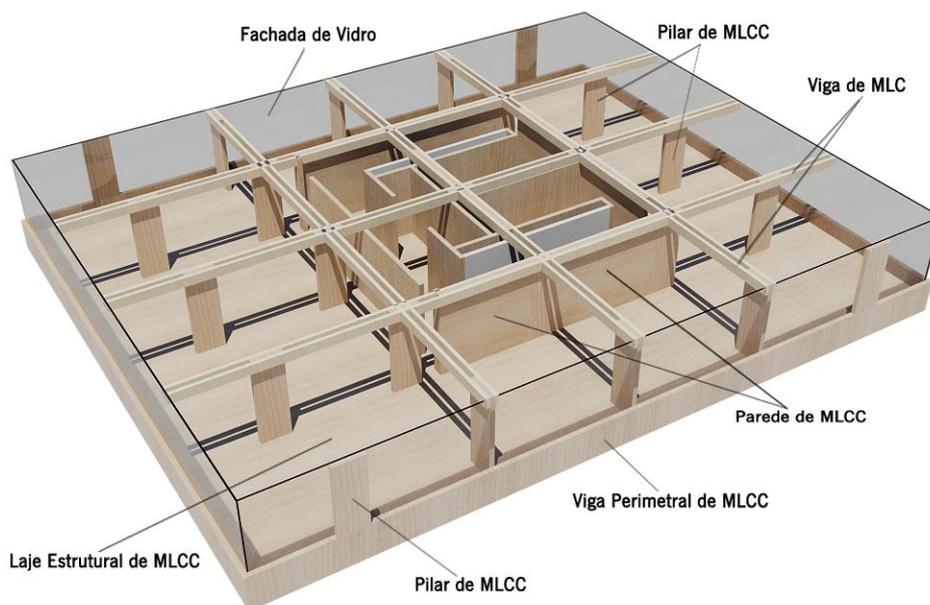


Imagem 3 - Elementos constituintes do Sistema Estrutural num Piso-tipo

## 2. A Proposta: O Edifício em Estudo

Por se tratar de um exercício de experimentação, o conceito volumétrico do edifício surge apenas como um auxílio ao desenho do projeto e da estrutura do mesmo. Com base no conceito de torre desconstruída, caracterizada por uma variabilidade considerável no que respeita ao desenho dos diferentes pisos, é proposto um edifício de volumetria recortada. No total o edifício é composto por seis tipos de pisos, obtidos através da deslocação da laje sobre a malha do sistema estrutural, variando na dimensão e área de espaço útil interior e exterior (imagem 4). Esta particularidade no desenho da torre introduz esforços adicionais a determinados elementos estruturais, nomeadamente àqueles que suportam as lajes em balanço.

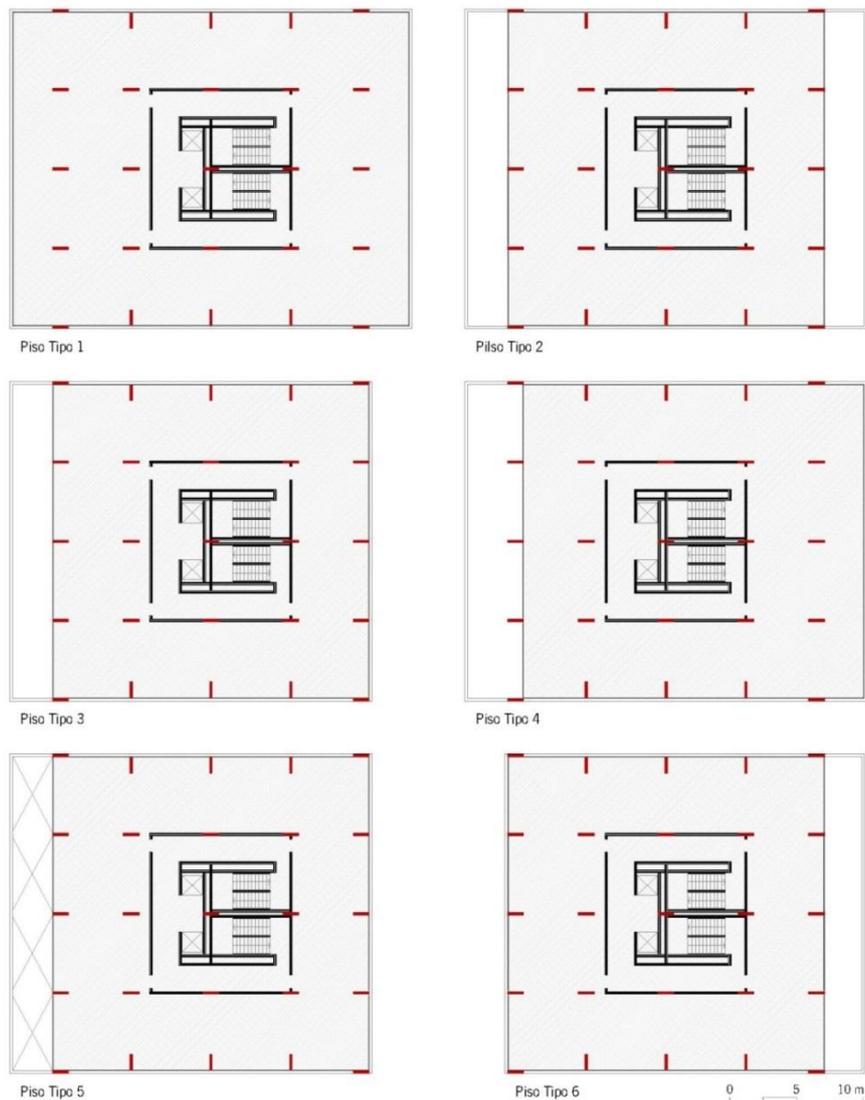


Imagem 4 - Diferentes Tipos de Pisos Propostos

### 3. Análise Estrutural do *UT System*

A fim de perceber as potencialidades do sistema estrutural, foram levadas a cabo algumas análises num programa de análise e cálculo estrutural SAP2000. Numa primeira fase considerou-se uma secção para os pilares de 200 mm de MLCC (200 mm L5s). Contudo, as primeiras simulações esclarecem que esta secção não permite alcançar os desejados 20 pisos de altura. Tal sucede porque, e apesar de a MLCC ser um material muito resistente, os elementos verticais não possuem dimensões adequadas para resistir á soma dos esforços de compressão provenientes dos pesos próprios das lajes, das cargas variáveis de ocupação e do próprio peso das paredes que constituem o sistema. Com a referida espessura de pilares de MLCC é apenas possível obter um edifício com um máximo de 3 andares.

De acordo com o que foi referido anteriormente, e considerando o objetivo inicial dos 20 pisos, foram realizadas simulações com 3 outros valores de secção aplicados aos elementos estruturais. Na primeira tentativa aumentou-se a secção de MLCC para os 320 mm L8s-2 (imagem 5) procurando aumentar a resistência destes elementos à compressão. No entanto, esta solução também não cumpriu os objetivos, permitindo alcançar apenas 9 andares. Na segunda tentativa, e considerando que uma maior secção não é suficiente, foram testados pilares duplos de MLCC com secções individuais de 240mm L7s-2 (imagem 6), revelando-se também esta solução insuficiente, permitindo apenas construir até 14 andares.

Em função dos resultados obtidos, para que o edifício com a dimensão desejada seja viável e recorrendo só a pilares em MLCC, seria necessário que a secção dos pilares nos pisos inferiores possuísse uma espessura efetiva de 760 mm de pilar no que respeita apenas às camadas de lamelas longitudinais dos painéis. Para tal, e fazendo uma proporção relativa às espessuras existentes para um painel de 320 mm, uma secção possível seria  $250-120-250-120-250 = 990$  mm. Com uma solução deste tipo consegue-se de facto construir os 20 pisos (imagem 7).

Procurando encontrar uma solução que consumisse uma menor quantidade de material estrutural foi efetuada uma outra simulação na qual se consideraram pilares resistentes de MLC com 250 mm de espessura (imagem 8). O resultado obtido foi duplamente positivo, revelando a viabilidade da solução para um edifício de 20 andares somando ainda uma maior liberdade e amplitude do desenho do espaço interior.

Depois de efetuadas todas as simulações pode afirmar-se que é possível construir um edifício com 20 andares utilizando apenas madeira. É apenas necessário ter em consideração a secção necessária em função do material que se pretende utilizar, a qual acaba por estar diretamente relacionada com o conceito do projeto e com questões de orçamento. Pode, portanto afirmar-se que o *UT System* pode ser utilizado na construção em altura já que verifica as questões estruturais necessárias. Para além de permitir conceber edifícios mais altos do que os atualmente construídos, são também notáveis as diferenças no desenho do espaço interior.

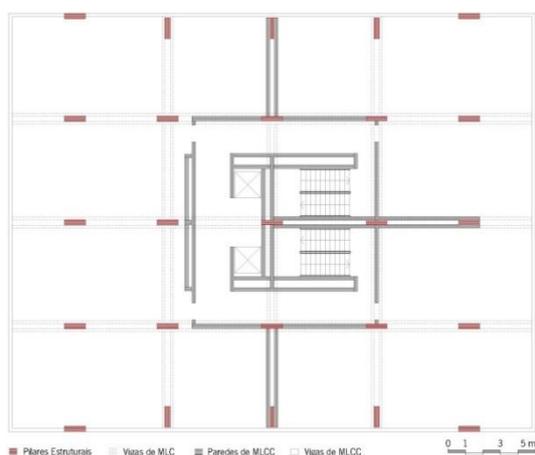


Imagem 5 – Solução MLCC 320mm L8s-2

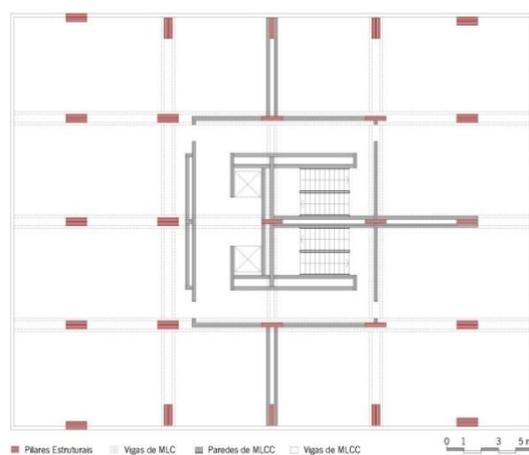


Imagem 6 – Solução 2 x MLCC 240mm L7s-2

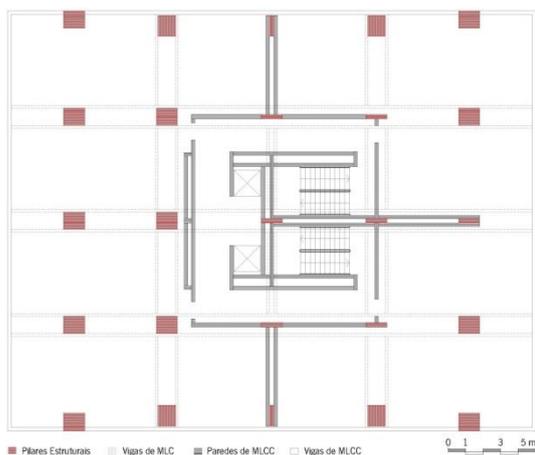


Imagem 7 – Solução MLCC 1000 mm

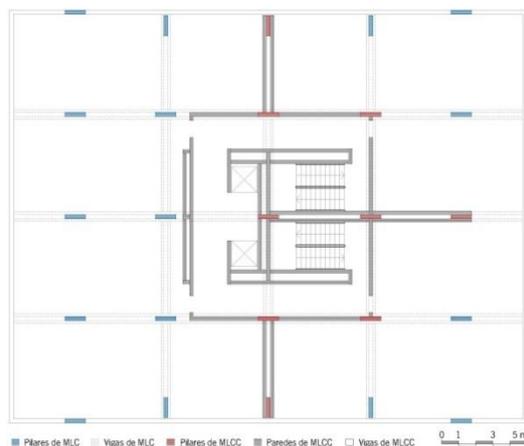


Imagem 8 – Solução MLC 250 mm

#### 4. Organização Espacial Interior

Para além de experimentar a viabilidade do sistema estrutural, importa também perceber de que forma este inova em questões como a compartimentação interior. Ora, este sistema distingue-se dos demais no tipo de elementos estruturais a que recorre, já que ao invés de utilizar paredes resistentes, é constituído por um sistema de pilares e vigas. Só por ser permitida esta mudança, a questão da compartimentação já vê alguns avanços.

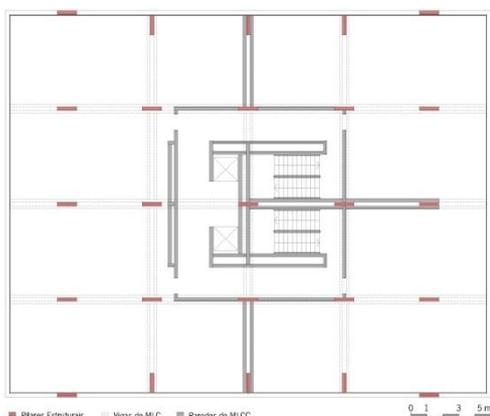


Imagem 9 – Espaço Interior UT System



Imagem 10 – Espaço Interior do Forté, Austrália

Fazendo-se uma comparação entre o espaço interior conseguido com o *UT System* e o de um edifício como o *Forté* na Austrália, percebem-se as diferenças (imagens 9 e 10). Através do sistema viga e pilar é possível desenhar um espaço mais amplo e com um número reduzido de paredes resistentes, o que confere maior liberdade ao arquiteto no momento de compartimentar os pisos. Uma outra particularidade que esta solução confere prende-se com a possibilidade de utilizar uma menor quantidade de painéis de MLCC. Ao reduzir o número de elementos resistentes, todas as paredes divisórias podem ser concretizadas com um material mais económico. Esta alteração permite não só reduzir significativamente o custo final de obra, como introduz uma maior polivalência e facilidade de montagem e desmontagem de paredes interiores, facilitando a adaptação aos diferentes tipos de usos e necessidades reais do espaço.

Diretamente relacionada com o desenho do espaço interior está a função atribuída a este tipo de edifícios. Da análise aos edifícios já construídos percebe-se que na sua maioria

funcionam como habitação, e tal é devido ao sistema estrutural subjacente, a construção celular, que implica um elevado número de paredes resistentes. Com a alteração no tipo de elementos estruturais proposta pelo *UT System*, esta questão é facilmente contornada.

Através do edifício proposto com o estudo, procura-se mostrar a adaptabilidade do sistema aos diferentes usos. São experimentadas duas propostas, uma residencial, para se poder comparar com os edifícios construídos, e outra mais versátil e de uso mais público, como são o caso dos escritórios.

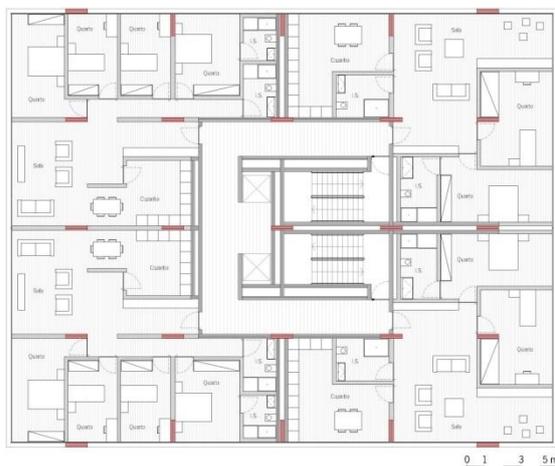


Imagem 11 – Planta de Piso para Uso Residencial

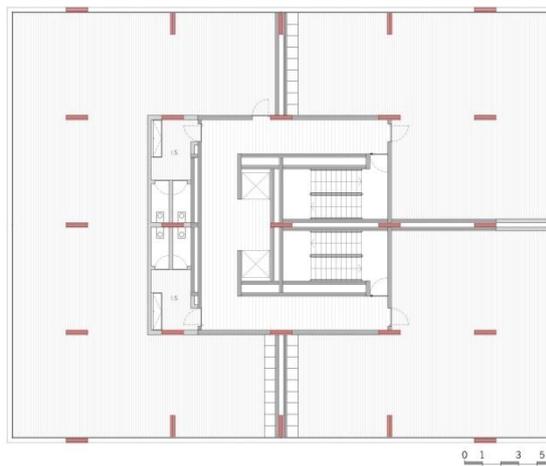


Imagem 12 – Planta de Piso para Uso Laboral: Escritórios

Nas imagens 11 e 12 estão representadas duas opções possíveis de divisão e de função do espaço interior. Contudo, importa salientar que este tipo de organização é apenas uma das muitas possibilidades que o sistema disponibiliza, já que a posição dos pilares permite essa mesma liberdade de desenho.

Em suma, fica claro que o número de elementos estruturais não implica o tipo de utilização que se pretende dar ao piso ou ao edifício, assim como não interfere no facto de o edifício poder assumir diferentes usos em diferentes andares. Isto é, o edifício pode assumir uma utilização mista, no qual existem pisos destinados à habitação e outros preparados para uso laboral como é o caso dos escritórios.

## 5. Conclusões

A utilização dos compostos de madeira (MLCC, MLC) na construção em altura tem de facto muitas vantagens. Para além da questão da sustentabilidade, o tempo de construção e a quantidade de trabalhadores envolvidos são aspetos importantes e a ter em consideração.

Com a elaboração do projeto e respetiva análise estrutural conclui-se que a utilização do *UT System* é viável, no entanto, a problemática não acaba aqui. É possível de facto conceber uma torre em madeira, contudo importa compreender a sua aplicabilidade ao território português, país onde o preconceito de construir com madeira é ainda muito grande.

Esta questão do preconceito ainda existente deve ser esclarecida através da passagem do conhecimento e do desenvolvimento de trabalhos que mostrem a potencialidade e a versatilidade da utilização da madeira na construção a fim de um maior desenvolvimento da problemática.