

Pré-fabricados compõem protótipo da Casa Aqua

Veja como funciona o sistema construtivo de placas de concreto armado e lajes alveolares protendidas

Edição 233 - Agosto/2016

Martin Paul Schwark

Engenheiro da empresa Kronan, mestre em Engenharia e docente da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

martin.s@kronan.com.br

A presença da Casa Aqua (casa com conceito sustentável) em uma recente mostra na cidade de São Paulo suscitou algumas reflexões, além do estilo de vida e da construção de baixo impacto ambiental. A abertura visual para uma pista de corrida de cavalos, o skyline como pano de fundo e a atmosfera escandinava da residência emprestaram à casa um caráter de experimentação social. Mas, para o setor, o grande avanço foi colocar em evidência o papel da engenharia estrutural na construção de residências com avançado grau de inovação.



Vista geral da Casa Aqua montada e exposta na Casa Cor 2016, em São Paulo

Concebida pelo engenheiro Luiz Henrique Ferreira, com projeto arquitetônico desenvolvido pelos arquitetos Rodrigo Mindlin Loeb e Caio Dotto, a Casa Aqua revelou para um grande público um sistema construtivo de placas de concreto armado e lajes alveolares protendidas que combina uma aptidão natural para garantir alta qualidade do ambiente interno unido a unidades de captação de água da chuva e geração de energia solar e eólica da residência. Optar por esse sistema construtivo foi uma das chaves para essa obra ser eficiente porque garantiu prazo curto para fundação, estrutura, fechamento, além de reduzir a quantidade de atividades no canteiro da obra, já que boa parte das instalações e acabamentos chegou pronta da fábrica.

O sistema construtivo adotado representa a versão brasileira da forma de construir que prevalece em obras de edificações na Península Escandinava. Os detalhes técnicos foram desenvolvidos no Brasil, levando em conta as condições, normas e exigências locais. Desenvolvido durante a reconstrução da Europa, logo após a Segunda

Guerra Mundial, esta tecnologia foi aperfeiçoada durante décadas em todo o continente. Alcançou a mais avançada tecnologia nos países nórdicos, onde a alta produtividade de mão de obra e a grande velocidade de construção se mostraram decisivas. A mão de obra, escassa e cara, criou a necessidade de utilização de sistemas racionais.

Devido à dificuldade de construir ao ar livre durante o rigoroso inverno, é comum que todos os componentes da obra sejam produzidos com antecedência em ambientes industriais aquecidos, para poder realizar os trabalhos de campo sem atrasos, nos meses com clima mais ameno, entre o final da primavera e o início do outono. Antes do retorno do inverno, a edificação é vedada e o interior aquecido, para a finalização dos acabamentos. Por essas razões e pela alta exigência de qualidade e desempenho, na Finlândia, por exemplo, mais de 70% das edificações habitacionais, comerciais e industriais são executadas com essa tecnologia.



Vista frontal, com destaque para a fachada ventilada de placas cerâmicas e as cisternas para armazenamento de águas pluviais

O Brasil não tem o clima extremo desses países, mas há algumas motivações que podem levar a optar por esta tecnologia:

- A mão de obra tende a ser cada vez mais valorizada, tornando recomendável a utilização com maior eficiência; As exigências do mercado quanto à qualidade e desempenho das obras são crescentes, tornando conveniente utilizar tecnologias que superem os níveis atuais;
- O alto custo de capital exige obras rápidas, para garantir maior taxa interna de retorno sobre o investimento imobiliário.

Nos países com clima frio, as paredes são fabricadas com uma grossa camada de isolante térmico pelo lado externo da placa estrutural, revestida com camada adicional de concreto para proteger o revestimento e constituir a fachada da edificação. Esses painéis, conhecidos como painéis sanduíche, têm um desempenho térmico elevado, garantindo baixo consumo de energia para aquecimento das edificações, atendendo às normas e leis locais. No Brasil, o custo os torna viáveis para construções do mercado de alto padrão. Considerando a comparação com as obras tradicionais, de alvenaria, o sistema vem sendo aplicado em uma versão simplificada, na qual as paredes são executadas em concreto maciço. O traço, no entanto, é diferente do concreto comum, pois utiliza argila expandida no lugar do agregado graúdo, alcançando um isolamento acústico similar ao do concreto pesado e um isolamento térmico melhor, além de tornar os elementos mais leves para transporte e montagem.



As placas estruturais, embora feitas em concreto maciço, são mais leves devido à incorporação de argila expandida no lugar de agregado graúdo

O sistema se aplica a quase todo tipo de obra, desde residências individuais até grandes empreendimentos habitacionais ou comerciais, podendo chegar até prédios com altura de 40 andares. A flexibilidade permite que o sistema se adapte ao projeto, não o projeto ao sistema. Os componentes são produzidos com equipamentos ajustáveis, de forma muito rápida, por meio de ímãs, para que cada elemento estrutural possa ter a forma exclusiva, sem afetar a produtividade do sistema. Ao contrário das construções pré-fabricadas do pós-guerra, repetitivas, a tendência atual é valorizar a personalização dos projetos.

A capacidade produtiva desse sistema construtivo é replicável e ampliável, de certa forma, ilimitada em termos de velocidade e quantidade. Há aplicações em grande escala dessa tecnologia em diversos países do mundo. A mais impressionante está em execução no Iraque, onde uma cidade nova está sendo construída no deserto, a 10 km de Bagdá. Esta cidade, batizada de Bismayah New City, foi projetada com os mais modernos conceitos de urbanismo por equipes multidisciplinares de diversas nacionalidades, para abrigar 600 mil pessoas, com infraestrutura urbana e 100 mil unidades habitacionais, em diversas configurações, com áreas de 100 m² a 140 m² cada. A cidade será construída em prazo de sete anos, com os mesmos equipamentos finlandeses e a mesma tecnologia, com um maior nível de automatização e adaptada aos detalhes técnicos para aquela região. A produção atual é de 80 unidades habitacionais por dia, resultando em mais de 20 mil unidades por ano, além da produção, em paralelo, de todas as edificações comerciais e técnicas necessárias para a infraestrutura urbana.

No Brasil, a produção das peças desse sistema é feita em indústria situada no extremo sul da Região Metropolitana de São Paulo, utilizando mesas basculantes vibratórias de chapas de aço de alta planicidade, reguláveis por sistemas de ímãs superpotentes, importadas da Finlândia. A capacidade dessa unidade está dimensionada para oito paredes por dia.

Conceitos subjacentes

O sistema construtivo foi desenvolvido à luz de diversos conceitos básicos, entre os quais o conceito de industrialização da obra, uma tendência mundial, que nesse caso foi aplicada a todos os subsistemas da Casa Aqua. As atividades artesanais da construção convencional são substituídas, transferindo a maioria das atividades produtivas do canteiro para o ambiente industrial, com maior ergonomia, eficiência e controle. Com isso, o canteiro é transformado em um pátio de montagem, não de fabricação dos componentes da edificação.

Esse paralelismo entre as atividades industriais simplifica a obra, tornando os prazos mais curtos e previsíveis. Como exemplo, além da estrutura em placas de concreto, também a cozinha e o banheiro da Casa Aqua foram produzidos em indústria como módulos prontos, incluindo todos os acabamentos internos. Durante a montagem, foram posicionados pelo guindaste e fixados por meio de parafusos nas fundações de concreto pré-fabricadas e em elementos de ligação com o corpo da casa. Para serem concluídos, precisaram apenas ser conectados nas redes elétrica, hidráulica e de esgoto e receber uma fachada ventilada sobreposta. Com isso, mais de 400 itens de fabricação foram transferidos do canteiro de obra para a indústria, acelerando e simplificando a execução no canteiro e garantindo a qualidade destes ambientes.



Anexo ao módulo composto de placas de concreto integra-se outro módulo, este para a cozinha, em steel frame, igualmente industrializado

Outro princípio básico tende a valorizar o trabalho mental. Quanto mais evoluído um país, mais faz parte da cultura investir em inteligência, antes da execução, valorizando as fases de concepção, projeto, aquisições e planejamento, mitigando os riscos e antecipando a solução dos problemas. A cultura do jeitinho, de economizar nas fases intelectuais, deixando decisões para serem tomadas no canteiro, gera riscos e é característica de países com baixo grau de desenvolvimento. Profissionais competentes das diversas especialidades da obra, agindo de forma coordenada, com a ajuda de modelagem BIM, recursos avançados de tecnologia da informação e um grau crescente de automatização, fazem com que as obras se tornem cada vez mais eficientes na execução.

Além disso, é necessário que os profissionais envolvidos sejam capazes de raciocinar com pensamento sistêmico, conscientes de que cada decisão isolada reflete na obra. No caso da Casa Aqua, todos os subsistemas foram concebidos, projetados e executados com essa tecnologia, pois faz pouco sentido, por exemplo, executar a estrutura e o fechamento de uma obra nesse sistema e, em seguida, construir paredes divisórias internas com alvenaria convencional de blocos cerâmicos, com a típica demora, geração de entulho, imprecisão, desperdícios e atividades artesanais. São sistemas incompatíveis.



Interior da Casa Aqua: paredes de concreto e lajes dispensam revestimentos; esquadrias de PVC e sistema de gestão predial controlam o conforto dos ambientes

Normatização

O sistema foi desenvolvido em consonância e em paralelo com a novíssima norma brasileira ABNT NBR 16.475 - Painéis de Parede de Concreto Pré-moldado - Requisitos e Procedimentos, em elaboração desde 2012 e submetida a consulta pública de maio a 26 de junho passados. Neste momento, a norma está em fase de revisão para incorporar os últimos ajustes, com base nas manifestações recebidas durante a consulta pública. Está prevista a aprovação em reunião do Comitê de Norma, durante este mês de agosto.

Todos os procedimentos de projeto e execução seguem os preceitos das normas ABNT NBR 6.118 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento e ABNT NBR 9.062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado, além das demais normas correlatas, mencionadas nas referências normativas daquelas.

Desempenho térmico e acústico

O nível de desempenho térmico e acústico esperado de uma obra construída com o sistema deve ser escolhido durante a fase de concepção. Tendo evoluído durante décadas em regiões onde os padrões impostos pelo mercado e pela legislação vêm crescendo, o sistema construtivo oferece soluções adequadas para cada caso. Para clima frio e mercado exigente, os painéis sanduíche, paredes maciças divisórias e as lajes alveolares com maiores espessuras fornecem a resposta certa para atender aos mais elevados níveis de desempenho do mundo.



Canteiro transformado em pátio de montagem da unidade

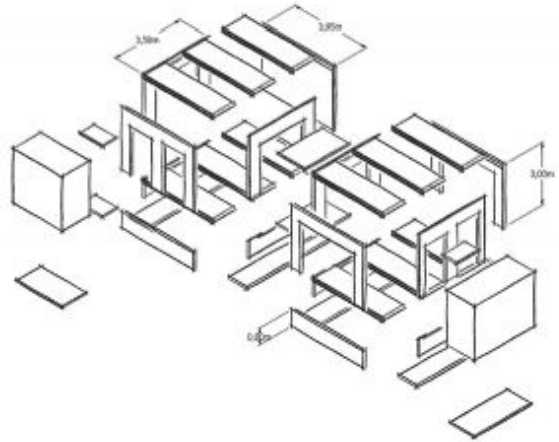
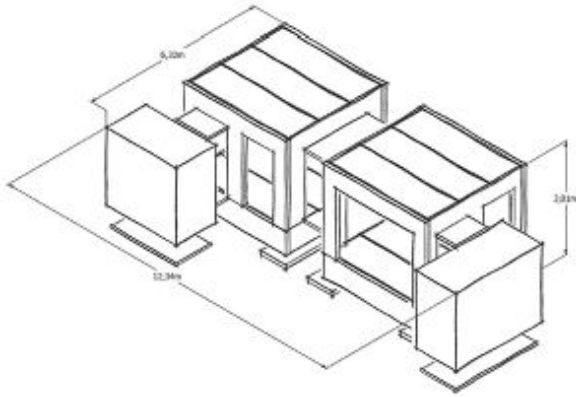
No Brasil, o mercado não apresenta níveis de exigência tão elevados. A construção de paredes maciças de concreto, combinadas com as lajes alveolares com capa estrutural, em um recente estudo apresentaram nível de desempenho térmico e acústico superior no critério da norma ABNT NBR 15.575 - Novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos, com base em dados experimentais obtidos do FIB Bulletin 74 - Planning and design handbook on precast building structures e do BS 8233: 1987 Code of practice for sound insulation and noise reduction for buildings.

Ligações

As ligações entre as peças estruturais são consideradas por muitos o "calcanhar de Aquiles" das construções pré-fabricadas de concreto. Quando se trata de placas, devido à alta rigidez, as ligações assumem uma função ainda mais importante no funcionamento da estrutura como um todo. Se as ligações forem ineficientes, afetam o desempenho de todo o sistema, gerando patologias e consequências para a habitabilidade dos ambientes. Para que uma estrutura desse tipo seja eficiente, as ligações precisam ser estanques, além de cumprir a função estrutural, impedindo deslocamentos relativos entre as peças e resistindo às tensões decorrentes dos esforços sobre a estrutura. Na Europa, desenvolveram-se inúmeros tipos de ligações, surgindo até empresas especializadas em produzir os acessórios necessários para a produção e montagem.

A empresa brasileira produtora desse sistema desenvolveu diversos tipos de ligações estruturais, compatíveis com as normas e exigências técnicas de cada caso, aplicadas com sucesso em dezenas de obras. O detalhamento das ligações precisa ser realizado por especialistas, devido à complexidade dos parâmetros envolvidos.

No caso da Casa Aqua, foram utilizadas ligações



Com a ajuda de um guindaste, as 42 peças industrializadas que compõem o corpo da Casa Aqua, da sapata de fundação ao banheiro pronto, foram entregues no canteiro, montadas e consolidadas em dois dias

aparafusadas, para posterior desmontagem - exigência do conceito de sustentabilidade Aqua, para permitir reaproveitamento de toda a casa após a mostra, sem deixar resíduos.

Custo

O custo de uma obra será sempre consequência do padrão de qualidade e da complexidade, precisando ser calculado caso a caso. Seguem algumas reflexões para orientação:

Materiais. A maioria dos materiais que compõem uma obra construída nesse sistema é similar àqueles utilizados na construção convencional, exceto quanto aos materiais estruturais, que são mais nobres. Cálculos comparativos, no entanto, mostraram que o custo total é igual se considerarmos uma diferença no desperdício de materiais de 4%, em favor da construção industrializada.

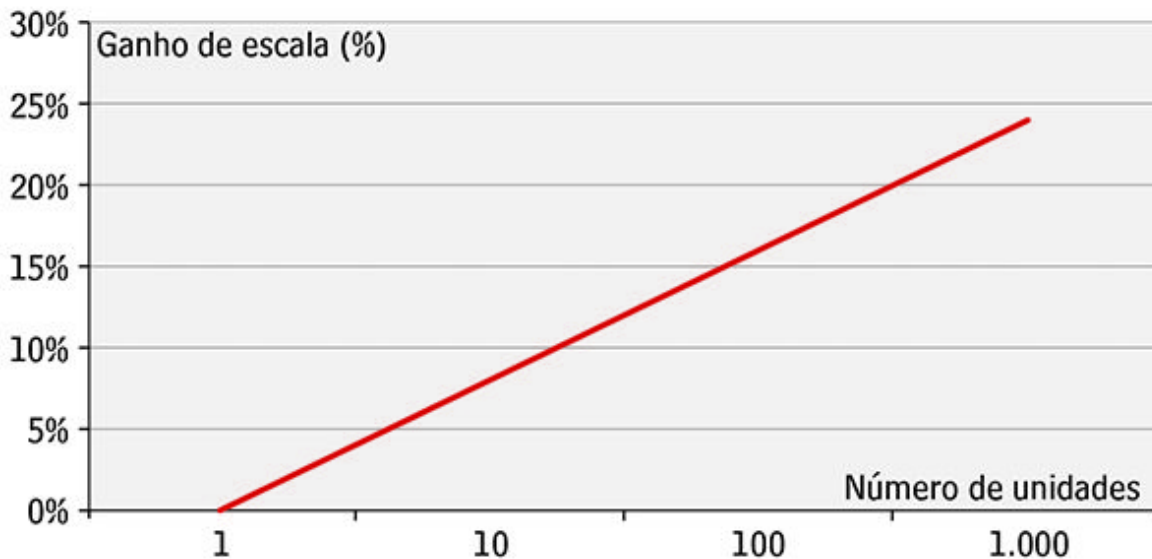
Mão de obra. Segundo levantamento do autor em diversas obras no Brasil, Alemanha e Finlândia, enquanto no Brasil um índice de produtividade no canteiro de 20 a 25 horas-homem por metro quadrado construído é considerado muito bom para construções de padrão médio, na Finlândia o índice usual é de seis horas-homem por metro quadrado construído, para construções do mesmo segmento, que são mais complexas. É razoável considerar que este sistema construtivo permite economia de 50% na mão de obra aqui no Brasil, coerente com as anotações de campo realizadas em diversas obras.

Equipamentos. Para a construção industrializada, cada componente terá embutido no custo um valor correspondente à utilização e amortização de equipamentos industriais e de montagem, o que gera um custo adicional.

Outros custos. Há custos embutidos nas obras de forma menos explícita, como improdutividade, custo de capital, despesas indiretas, riscos e alocação de custos fixos da empresa construtora à obra, entre outros. Em todos, este sistema oferece a oportunidade de redução.

No final, é possível considerar que as construções com o sistema construtivo de placas de concreto armado e lajes alveolares protendidas têm custo equivalente àquelas construídas de forma convencional, mas oferecem a possibilidade de ampliar o resultado devido à simplificação, maior velocidade e previsibilidade.

Cálculo aproximado do ganho de escala do sistema industrializado



Economia de escala

É evidente que em um projeto como Bismayah é possível alcançar um ganho de escala, comparado ao exemplar único da Casa Aqua. Para estimar este ganho, pode-se utilizar a fórmula abaixo, que reflete a economia que se pode obter para quantidades maiores, quando comparado com uma unidade única. A fórmula foi calculada para o custo total de construção de unidades habitacionais de 70 m², distantes até 200 km em torno da fábrica. A economia decorre de ganhos de produtividade da mão de obra e dos equipamentos, rateio mais favorável de custos fixos e amortização, além de melhores negociações na aquisição de materiais e serviços. Como exemplo, a redução de custo aproximada para dez unidades, na comparação com uma, é de 8%, enquanto quantidades da ordem de 1.000 unidades permitem alcançar uma economia total perto de 25%.

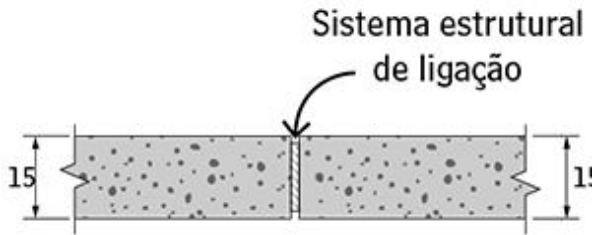
$$\delta (\%) = \text{LOG} (n) \cdot 8$$

Fórmula para cálculo aproximado do ganho de escala, onde:

δ (%) é o ganho de escala em % do custo total do metro quadrado construído da edificação
n é o número de unidades do empreendimento

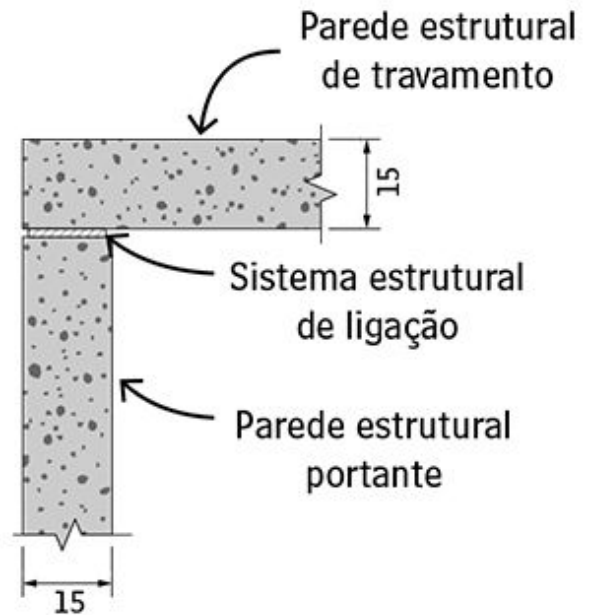
Como conceber

Para
garantir a



Planta esquemática da ligação entre parede tipo topo/topo

racionalização de uma obra, é necessário que os profissionais envolvidos tenham bom conhecimento de todas as tecnologias a serem aplicadas. Uma obra será tão mais eficiente quanto mais a concepção levar em consideração as potencialidades e limitações de cada sistema que a compõe. Isso exige um conhecimento de todo o processo, da fabricação à montagem e consolidação, com o envolvimento de especialistas e das empresas fornecedoras. Isso vale para fundações, divisórias, coberturas, esquadrias, banheiros prontos ou revestimentos, e aplica-se também ao sistema construtivo como um todo.



Planta esquemática da ligação entre parede tipo topo/face

A maioria dos projetos de edificações pode ser construída com esse sistema, sem alterações na arquitetura. No entanto, o resultado será ótimo se as características do sistema forem consideradas desde a fase de concepção da obra. Seguem os principais pontos de atenção com este objetivo, levando em consideração a construção com paredes maciças:

Ponto 1 - As paredes estruturais serão posicionadas no contorno da edificação, deixando as divisórias internas para serem construídas em outro sistema, reduzindo a quantidade de placas de concreto e ligações estruturais, além de aumentar a flexibilidade de uso do espaço interno.

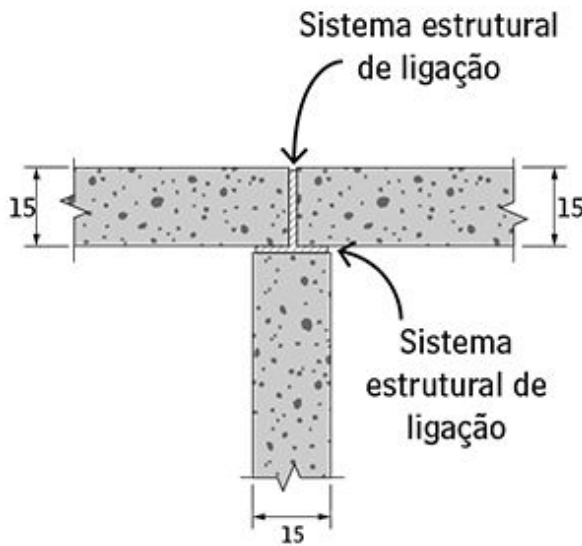
Ponto 2 - Sempre que possível, as lajes serão do tipo alveolar de concreto protendido, sendo as medidas mais usuais com largura de 1,20 m ou 1,25 m (dependendo do fabricante), espessura de 200 mm e vão de até 8,00 m, e devendo ser apoiadas em duas extremidades em paredes estruturais, chamadas de portantes. As lajes podem ter balanços longitudinais de até 1,60 m. Onde não for possível utilizar lajes alveolares protendidas, poderão ser fabricadas peças especiais, flexibilizando a arquitetura. Para vãos maiores, poderá ser necessário utilizar lajes com altura maior.

Ponto 3 - As paredes e as lajes deverão ser posicionadas entre si de forma a garantir mútua estabilização, depois da execução das ligações estruturais.

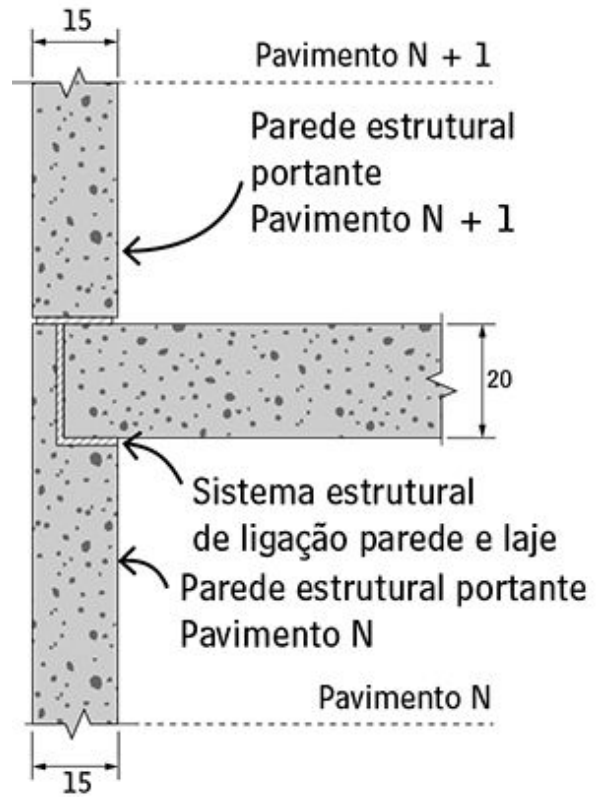
Ponto 4 - O contorno de cada parede poderá ter qualquer formato e medidas, limitadas a 8,00 m de comprimento e 3,50 m de altura, sendo mais comum a altura de 3,00 m, que facilita o transporte. As placas retangulares são as mais econômicas.

Ponto 5 -

As paredes terão as duas superfícies planas, podendo ter baixo relevo em uma das faces, se necessário. Uma superfície será lisa (na face de forma) e a outra, desempenada ou alisada (quarta face).



Planta esquemática da ligação entre parede tipo tripla face



Corte esquemático da ligação entre parede portante e Laje

Ponto 6 - A espessura das paredes deverá ser concebida em 15 cm, podendo variar para mais ou para menos, de acordo com as necessidades estruturais e exigências de desempenho térmico e acústico.

Ponto 7 - As ligações entre paredes, em planta, serão feitas normalmente de topo a face.

Ponto 8 - As placas de pavimentos superiores deverão estar posicionadas no mesmo prumo das placas do pavimento abaixo.

Ponto 9 - Sempre que possível, as aberturas deverão ser concebidas de forma a garantir um contorno mínimo de 30 cm na lateral, sendo ideal ser maior do que 60 cm.

Ponto 10 - Respeitar medidas comerciais nos formatos das aberturas de janelas e portas poderá gerar economia na produção das placas e na aquisição e instalação das esquadrias.

Ponto 11 - Em edifícios multipisos, as lajes receberão graute de chaveteamento e capa estrutural de concreto armado, para facilitar as ligações com as placas e garantir comportamento estrutural conjunto. Os panos de lajes, depois de consolidados e ligados às placas, serão considerados como diafragmas, auxiliando no travamento das paredes estruturais.

Ponto 12 - Quando a fundação puder ser uma laje do tipo radier, convém deixar, sempre que possível, uma faixa de 60 cm de laje no entorno da edificação, para melhor distribuição das tensões sobre o solo.

Como projetar

Uma vez concebida a obra, com uma primeira definição do formato de cada peça estrutural e das interfaces, projetistas estruturais especializados adotarão esta concepção como base para elaborar uma compatibilização mais precisa e o pré-dimensionamento estrutural de cada peça, validando a solução ou sugerindo alterações que possam trazer simplificações ou economia. Um projeto conceitual validado já pode ser utilizado para dar sequência ao projeto executivo das demais especialidades da obra.

A utilização de ferramentas de projeto tridimensionais, se possível plataforma BIM, são decisivas para a eficiência desta fase do processo. A interação rápida entre os envolvidos evita, desde o início, mal-entendidos e problemas de compatibilidade entre os vários sistemas que compõem a obra.

É imperativo executar um trabalho de alta qualidade nesta fase, pois omissões ou erros de projeto acarretam grandes atrasos e prejuízos em obras deste tipo. A industrialização tem como efeito colateral a necessidade de definir todas as características da obra antes do início da produção em indústria. Como exemplo, a definição exata e definitiva das posições de tomadas, interruptores e luminárias, assim como o trajeto da rede de conduítes, é necessária antes da concretagem das paredes, pois alterações posteriores são indesejáveis e podem ser custosas. É comum adotar-se certa flexibilidade nos projetos, colocando-se, por exemplo, pontos adicionais de rede elétrica seca, para facilitar mudanças ao longo da vida útil da obra, sem necessidade de reformas.

CRONOGRAMA MACROCASA AQUA

Atividade	Semana															
Sistema industrializado (real)	1	2	3	4	5	6	7	8								
Projeto	■	■	■	■												
Produção dos subsistemas em indústrias				■	■											
Infraestrutura				■	■	■	■	■								
Montagem e entrega no canteiro						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sistema convencional (estimado)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Projeto	■	■	■	■												
Infraestrutura				■	■	■	■	■								
Construção no canteiro						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Comparação conceitual entre cronogramas de obra no sistema construtivo de placas de concreto armado x sistema convencional, para o caso da Casa Aqua

Como planejar

Em relação à construção convencional, com produção in loco, a principal alteração no cronograma é que diversas atividades podem ser realizadas em paralelo nas indústrias, durante a preparação da infraestrutura no canteiro, em função da disponibilidade de capacidade produtiva dos fabricantes. Depois disso, a montagem da obra é tão mais rápida quanto mais completos forem os componentes industrializados e quanto mais simples for a montagem destes componentes. Por exemplo, este sistema dispensa o escoramento de lajes e o tempo de cura do concreto da segunda fase da laje, o que permite que as atividades subjacentes à montagem possam ser iniciadas de imediato, diferente de obras moldadas in loco.

Em edifícios verticais, o impacto no cronograma é ainda maior. Além de a montagem ser rápida e dispensar o escoramento das lajes e o prazo de cura, parte das atividades, como contrapiso, divisórias, instalações elétricas e hidráulicas, revestimentos internos, podem ser executados na sequência da montagem, andar por andar, de baixo para cima, alterando o ciclo típico das obras verticais em estrutura convencional.

A experiência e a competência da equipe envolvida no planejamento e execução das atividades de obra serão decisivas para garantir o cumprimento dos prazos. O fato de a montagem ter um ritmo diferente daquele observado em obras convencionais exige da equipe maior flexibilidade e capacidade de adaptação a rápidas alterações no caminho crítico da obra.

A estrutura da Casa Aqua, de pavimento único, apesar de ser bastante complexa, foi produzida em uma semana na fábrica e montada em dois dias no canteiro de obra. Os módulos estruturais das paredes, produzidos com precisão milimétrica, com 2,99 m de altura, foram transportados ao canteiro em quatro caminhões. A montagem foi executada por um guindaste de 70 t, sem percalços, pois todas as peças se encaixaram com perfeição. Uma vez colocadas na posição exata, as paredes foram apuradas por dispositivos reguláveis, até a execução das ligações, conferindo estabilidade à estrutura.

CRONOGRAMA CASA AQUA – EDIFICAÇÃO



Cronograma diário no canteiro de obras da Casa Aqua apresentada

Como executar

Uma obra construída nesse sistema terá diversos fornecedores, que terão de ser coordenados para garantir aderência ao planejamento da obra. Os fabricantes podem assumir escopo maior ou menor, de acordo com o desejo do contratante. Quanto mais fragmentada for a contratação dos serviços, tanto mais interfaces terão que ser administradas. Não há uma regra para esta divisão e a própria coordenação das interfaces pode ser contratada.

É comum o fabricante do sistema assumir o escopo desde o projeto estrutural, execução das fundações, produção dos elementos estruturais, transporte e montagem, até a consolidação da estrutura. Como opção, pode agregar a execução do telhado e das esquadrias, garantindo não só o desempenho estrutural mas a estanqueidade da obra.

Numa comparação com obras convencionais, a função da equipe de execução no canteiro, uma vez que grande parte das atividades foi transferida para o ambiente industrial, assume outra dimensão. Em vez de coordenação e supervisão da produção, com esse sistema a atenção passa para o acompanhamento, controle de produção e

montagem junto a terceiros. Para administrar a produção, é necessário diligenciar os serviços que estão ocorrendo fora do canteiro, interagindo com os fabricantes dos componentes da obra, visitando as instalações industriais, para colher as informações reais sobre o que está sendo produzido. Contratos alinhados e gestão competente são as bases para essa fase.

Uma vez no canteiro, é necessário garantir que as empresas envolvidas promovam um contato frequente e uma comunicação entre as diversas equipes, com especial atenção à logística de transporte e movimentação interna na obra. Uma maior velocidade será alcançada com maior quantidade de atividades simultâneas, exigindo rápida reação a imprevistos.

Sequência de montagem dos painéis no canteiro



Içamento de painel de porta-balcão



Posicionamento de painel de porta e janela



Descida dos painéis de fechamento





União dos painéis por aparafusamento

Conclusão

Sempre que estes argumentos forem relevantes para um empreendimento, convém considerar essa solução como uma alternativa. No entanto, é importante que a equipe de gestão de projeto e obra tenham algumas competências adicionais, para garantir o resultado esperado.

O sistema construtivo de placas de concreto armado apresentado neste artigo é produzido no Brasil pela empresa Kronan Sistema Construtivo.