

COMO CONSTRUIR

Paredes de concreto

Por Hugo Misurelli e Clovis Massuda

O sistema construtivo de paredes de concreto é um método de construção racionalizado que oferece produtividade, qualidade e economia de escala quando o desafio é a redução do déficit habitacional. O sistema possibilita a construção de casas térreas, assobradadas, edifícios de até cinco pavimentos padrão, edifícios de oito pavimentos padrão com esforços de compressão, de até 30 pavimentos padrão e com mais de 30 pavimentos - considerados casos especiais e específicos.



Casas térreas construídas com sistemas de paredes de concreto

No sistema construtivo de paredes de concreto, a vedação e a estrutura são compostas por esse único elemento. As paredes são moldadas "in loco", tendo embutidas as instalações elétricas, hidráulicas e as esquadrias.

O método é inspirado em experiências consagradas e bem-sucedidas de construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), que eram mundialmente conhecidas nas décadas de 70 e 80. Porém, devido à falta de escala e de continuidade de obras nesses padrões - principalmente com as limitações financeiras da época - essas tecnologias não se consolidaram no mercado brasileiro.

Com o crescimento do mercado imobiliário brasileiro e as contínuas medidas públicas para ampliar a oferta de moradias, o sistema parede de concreto representa uma solução factível para produção em escala.

Características gerais do projeto

O sistema de paredes de concreto demandou um intenso trabalho de pesquisa para que seu modelo de cálculo estrutural pudesse se adequar às normas técnicas brasileiras.

As referências normativas utilizadas foram as da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 6118 e da norma norte-americana ACI 318 (American Concrete Institute) - esta última revelou uma metodologia adequada às condições brasileiras. Outra referência foi a francesa DTU (Documents Techniques Unifiés) 23.1 que, somada à opinião de calculistas renomados - apoiadas em normas já praticadas no México e Colômbia - também contribuiu para o estudo do modelo brasileiro.



Foto 1 - Fôrmas e insumos industrializados não impactam o meio ambiente

Hoje, paralelamente à formação de um comitê para estudo e redação da norma brasileira, os apoiadores do sistema de paredes de concreto desenvolvem práticas recomendadas para dimensionamento de estruturas de pequeno porte - casas térreas, assobradadas e edifícios de até cinco pavimentos.

No Brasil, quatro tipos de concreto são recomendados para o sistema:

- concreto celular
- concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9%
- concreto com agregados leves ou com baixa massa específica
- concreto convencional ou concreto autoadensável

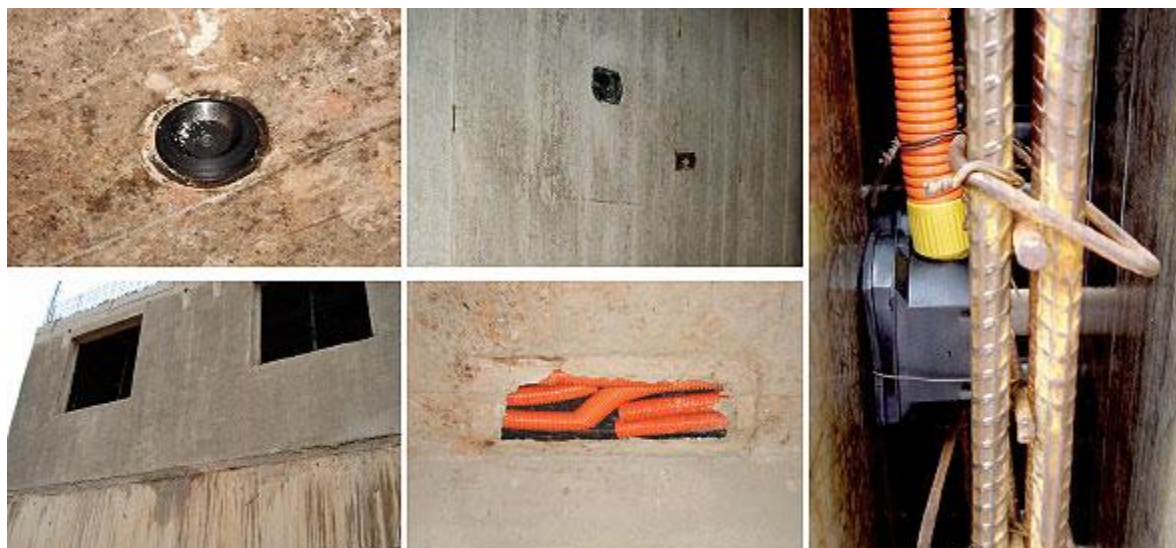


Foto 2 - Sistematização

Recursos humanos

A produtividade da mão-de-obra é potencializada pelo treinamento direcionado ao sistema. Não existe a necessidade de mão-de-obra especializada, o que facilita a execução de projetos em todo o País. Os operários, após treinamento específico, passam a atuar como montadores, executando todas as tarefas necessárias como armação, instalações, montagem, concretagem e desenforma.

Sustentabilidade

O desperdício de mão-de-obra com retrabalhos e atividades não produtivas, bem como de materiais, pedaços de madeira, pregos e resíduos diversos são substituídos pela execução planejada, padronizada e com grande qualidade final. A utilização de fôrmas reaproveitáveis, que não geram entulho, e de recursos industrializados resultam em um maior controle do impacto ambiental da obra (*foto 1*).



Foto 3 - Os tipos de fundações mais adequados para as paredes de concreto são: sapata corrida, laje de apoio (radier), blocos de travamento de estacas e tubulões. Nas imagens, exemplo de gabarito para instalação de tubulações

Sistemática

A metodologia é baseada em processos industrializados, onde a rapidez e a qualidade devem ser monitoradas constantemente para garantir os prazos e custos projetados.

Execução

A moldagem "in loco" dos elementos estruturais - estrutura e vedação - é a principal característica desse sistema construtivo. Todas as paredes são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a retirada das fôrmas, as paredes já contenham em seu interior todos os elementos embutidos: tubulações elétricas e hidráulicas, elementos de fixação, caixilhos de portas e janelas etc. (*foto 2*).

Fundação

A escolha do tipo de fundação depende do local do empreendimento, de acordo com o clima, solo e geografia. A seleção deve considerar segurança, estabilidade e durabilidade, além do alinhamento necessário para a produção das paredes.

A obra deve ser executada com nivelamento rigoroso para não interferir nas outras etapas. O tipo de fundação mais utilizado em casas é o radier, que deve ser construído com espaço excedente em relação à espessura dos painéis externos das fôrmas, permitindo o apoio e facilitando a sua montagem.



Foto 4 - Fundação tipo radier

As tubulações já devem estar posicionadas e dispostas conforme gabarito específico do projeto de

instalação (**foto 3**).

Nesta etapa, vale observar cuidadosamente os seguintes pontos:

- A locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com o projeto arquitetônico e as fôrmas
- Deve-se tomar todas as precauções para evitar que a umidade do solo migre para a edificação
- Recomenda-se a realização da cura úmida do concreto por um período mínimo de sete dias para as fundações em laje tipo radier
- A concretagem das fundações tipo radier é feita de forma convencional, diretamente do caminhão-betoneira sobre uma lona plástica que cobre uma camada nivelada de brita, com espessura mínima de 3 cm (**foto 4**).

Fôrmas

As fôrmas são estruturas provisórias cujo objetivo é moldar o concreto fresco, compondo-se assim as paredes estruturais. A resistência a pressões do lançamento de concreto até a sua solidificação, é fator decisivo. Para isso, as fôrmas devem ser estanques e favorecer rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas.

A escolha da tipologia adequada e o desenvolvimento e detalhamento do projeto de fôrmas são extremamente importantes para a viabilidade do sistema de paredes de concreto e para a qualidade da entrega. O projeto de fôrma deve abordar o detalhamento dos seguintes itens:

- Posicionamento dos painéis
- Equipamentos auxiliares
- Peças de travamento e prumo
- Escoramento
- Sequência de montagem e desmontagem

Todo conjunto de fôrmas deve vir acompanhado de projeto e deve ser checado se todos os materiais estão presentes. O material deve ser armazenado adequadamente, seguindo orientação do fornecedor, a fim de se aproveitar ao máximo a sua vida útil.

A montagem do sistema de fôrmas deve seguir a sequência do projeto original, mas há uma sequência padrão, que segue a identificação prévia das peças:

- Nivelamento da laje de piso (**foto 5**)
- Marcação de linhas de paredes no piso de apoio
- Montagem das armaduras (**foto 6**)
- Montagem das redes hidráulica e elétrica (**foto 7**)



Foto 5 - Nivelamento de laje com auxílio de nível laser



Foto 6 - Montagem das armaduras de paredes e eletrodutos

- Posicionamento dos painéis de fôrma
- Montagem dos painéis: painéis internos primeiro (*foto 8*); painéis externos em segundo (*foto 9*); opção de montagem pareada (*foto 10*)
- Colocação de caixilhos (portas e janelas)
- Colocação de grampos de fixação entre painéis (*foto 11*)
- Posicionamento das escoras de prumo (*foto 12*)
- Colocação de ancoragens: fechamento das fôrmas de paredes (*foto 13*)

Armação

A armação adotada no sistema paredes de concreto é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede. Bordas, vãos de portas e janelas recebem reforços de telas ou barras de armadura convencional. Em edifícios mais altos, as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes.

As armaduras devem atender a três requisitos básicos: resistir a esforços de flexotorção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás. Usualmente, utilizam-se telas soldadas posicionadas no eixo das paredes ou nas duas faces, dependendo do dimensionamento projetado, além de barras em pontos específicos tais como cinta superior nas paredes, vergas, contravergas etc.



Foto 8 - Montagem dos painéis internos de fôrmas de alumínio



Foto 10 - Montagem pareada (painéis internos e externos simultaneamente)



Foto 9 - Montagem dos painéis externos

Montagem

A montagem das telas soldadas e reforços deve seguir as especificações do projeto estrutural. O primeiro passo é a montagem da armadura principal, em tela soldada. Em seguida, as armaduras de reforços, ancoragens de cantos e cintas são inseridas. É possível agilizar a montagem das armaduras cortando previamente os locais onde serão posicionadas as esquadrias de portas e

janelas, caso o projeto não preveja esse procedimento.

O último passo é colocar os espaçadores plásticos, que são imprescindíveis para garantir o posicionamento das telas e a geometria dos painéis (**foto 14**).

Não detalharemos os processos de instalação de caixilhos e tubulações por se tratar de um procedimento técnico que deve ser feito e explicado por especialistas.



Foto 11 - Colocação dos grampos de fixação entre fôrmas de parede e painéis



Foto 13 - Travamento das fôrmas de parede



Foto 12 - Escoramento dos painéis de laje

Concreto

A concretagem - e todas as ações precedentes - é fundamental para que a estrutura executada corresponda ao projeto estrutural, garantindo a durabilidade e a qualidade desejadas.

As produções mais eficientes ocorrem a partir de concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro em caminhões-betoneira, o que resulta em melhores controles da qualidade de agregados, medidas em peso, precisão de volumes, garantia da concreteira quanto ao desempenho do concreto recebido etc.

O tempo de transporte decorrido entre o início da mistura, contado a partir da primeira adição de água até a entrega do concreto na obra, é muito relevante para o desempenho da obra. Esse tempo deve ser definido de modo que o fim do adensamento não ocorra após o início da pega do concreto lançado e das camadas ou partes contíguas a essa remessa, evitando-se a formação de junta fria.

O tempo decorrido entre o início da mistura e a entrega do concreto no canteiro deve ser inferior a 90 minutos; e o tempo decorrido entre o início da mistura na central de produção e o final da descarga do concreto na obra não deve ultrapassar 150 minutos.

No caso de concreto autoadensável (Tipo N), o bombeamento e lançamento devem ocorrer no máximo 40 minutos após a colocação do aditivo hiperfluidificante, o que

geralmente é feito na obra. Já o concreto celular (Tipo L1) deve ser lançado na fôrma em até 30 minutos após a conclusão do processo de mistura da espuma.

Verifique se o concreto está com a consistência desejada e se não ultrapassou o abatimento (slump) ou o espalhamento (flow) limite especificado no documento de entrega. Caso o abatimento seja inferior ao indicado na nota fiscal, adicione água suplementar nos limites especificados pela ABNT NBR 7212/1984, ou seja, desde que:

- O abatimento seja igual ou superior a 10 mm
- O abatimento seja corrigido em até 25 mm
- O abatimento, após a adição, não ultrapasse o limite máximo especificado
- O tempo entre a primeira adição de água aos materiais e o início da descarga seja superior a 15 minutos

No caso de concreto celular, especificamente, a adição da espuma normalmente é feita no canteiro, antes da descarga do material. Para isso, é necessário seguir os seguintes passos:

- Coleta do concreto para medição de densidade e slump (*foto 15*)
- Medição da massa específica do concreto (*foto 16*)
- **Verificação do slump do concreto ($50 \text{ mm} \leq \text{slump} \leq 60 \text{ mm}$)**
- Adição do aditivo superfluidificante (no caminhão)
- Adição de espuma (no caminhão)
- Medição da densidade: é imprescindível a aferição da densidade do concreto celular por meio do uso de recipientes com volume conhecido e balança eletrônica. O concreto celular está liberado para seu lançamento nas fôrmas quando atingir a densidade especificada ($1.500 \text{ kg/m}^3, \pm 200 \text{ kg/m}^3$)
- Medição da fluidez, a fim de preencher todos os vazios das fôrmas - o slump mínimo recomendado é de 230 mm (*foto 17*)
- Concreto liberado para o lançamento



Foto 14 - Espaçadores plásticos garantem o cobrimento da placa e o posicionamento da armadura



Foto 15 - Verificação do slump do concreto



Foto 16 - Aferição da massa específica do concreto

Aplicação

A aplicação do concreto nas fôrmas deve obedecer um planejamento detalhado, levando em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das fôrmas, o layout do canteiro e as características do empreendimento:

- Iniciar por um dos cantos da construção até as paredes próximas estarem cheias
- Seguir mesmo procedimento no canto oposto
- O procedimento é o mesmo para os outros dois pontos
- Pontos nas linhas elevadas (telhado)
- O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final
- A utilização de bomba para lançamento do concreto reduz a probabilidade de falhas de concretagem (*foto 18*)
- Não deve haver interrupções com duração superior a 30 minutos

A massa deve seguir homogeneamente pelas fôrmas e preencher todos os vazios sem quaisquer dificuldades.

Para manter a homogeneidade do concreto, deve-se lançar o insumo por janelas abertas na parte lateral, ou por meio de funis. O lançamento de nova camada deve ser feito após o início de pega do concreto lançado.

Etapas de adensamento

Durante o lançamento e imediatamente após essa fase, o concreto deve ser vibrado com equipamento adequado. O adensamento deve ser cuidadoso, para que a mistura preencha todos os espaços da fôrma. Nessa operação, o executor deve tomar as precauções necessárias para impedir a formação de ninhos ou segregação dos materiais e para não danificar os painéis das fôrmas (*foto 19*).

O enchimento da fôrma deve ser realizado sem a ocorrência de falhas por ar aprisionado. Para tal, é necessário prever furos nas fôrmas (com cerca de $\frac{3}{4}$ " de diâmetro) nas regiões logo abaixo das janelas ou outros locais propícios à formação de vazios (janelas de inspeção).

Deve-se também acompanhar o enchimento das fôrmas por meio de leves batidas com martelo de borracha nos painéis. É importante evitar a vibração da armadura, para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência. No adensamento manual, as camadas de concreto não devem exceder a 20 cm. Se a opção for usar vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser, no máximo, aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha. Se não for

possível atender a essa exigência, o vibrador de imersão não deverá ser empregado.

Em função das características do sistema construtivo, onde as fôrmas das paredes são estreitas e altas, é muito importante ter um sistema de adensamento eficiente. O concreto autoadensável (Tipo N) ou celular (Tipo L1) - que tem maior fluidez e plasticidade -, elimina a necessidade de vibração e a alta viscosidade evita a segregação dos materiais.



Foto 17 - Medição da fluidez do concreto



Foto 18 - Concretagem de paredes e lajes em fôrma de alumínio com auxílio de bomba-lança



Foto 19 - Adensamento de concreto com vibrador de mangote

Desenforma

A retirada das estruturas provisórias deve ser feita após o concreto atingir a resistência prevista no projeto, sem impacto, evitando o aparecimento de fissuras (*foto 20*).

Na desmontagem, os painéis devem ser posicionados ao lado da próxima habitação a ser executada. É fundamental que seja realizada uma limpeza completa, removendo a película de argamassa (cimento + água + areia) aderida ao molde. Esse trabalho deve ser cuidadoso, de modo a garantir a vida útil das fôrmas.

Limpeza

Uma das opções de limpeza é a utilização de jatos fortes de água, porém é preciso que a pressão da água seja regulada para não danificar o acabamento das fôrmas. Outra opção - que demanda mais tempo - é a remoção dessa crosta com água e escova ou espátula plástica. Após a limpeza, deve-se aplicar o agente desmoldante.

Como o sistema paredes de concreto admite o uso de fôrmas metálicas ou plásticas, além das convencionais de madeira, uma atenção especial deve ser dada ao desmoldante escolhido. O produto precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto grude na fôrma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final.

Dica: executar a desenforma somente após o concreto atingir a resistência mínima especificada pelo projetista de estruturas.

O processo deve permitir que, após a desenforma, as paredes contenham todos os elementos embutidos corretamente (caixilhos de portas e janelas, tubulações elétricas e hidráulicas, fixação de cobertura ou outros, como, por exemplo, ganchos para rede).



Foto 20 - Desenforma

Acabamento

A grande redução da espessura das camadas de revestimento é uma das principais características do sistema construtivo de paredes de concreto. Não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento, sendo exigido apenas o cumprimento das especificações do fornecedor do material. É recomendável apenas que o acabamento seja iniciado após uma cura úmida da parede (**foto 21**).

Como resultado, após a desenforma, as paredes niveladas e apuradas exibem uma textura regular, apresentando apenas os sinais superficiais das junções entre painéis e furos das ancoragens. Também são visíveis pequenas bolhas de ar, geradas pela espuma ou incorporadas à massa durante o processo de lançamento. As rebarbas decorrentes das junções de painéis devem ser removidas com uma espátula logo após a desenforma. Os furos de ancoragens devem ser preenchidos com argamassa de cimento e areia. As eventuais falhas decorrentes de infiltração de ar (não destruídas durante a mistura no interior da betoneira) e as falhas provocadas pela heterogeneidade da granulometria da areia e impurezas podem ser corrigidas com a operação de feltragem.



Foto 21 - Projeto finalizado

A feltragem tem como objetivo a retirada dos sinais superficiais da fôrma, a redução da porosidade superficial, o tamponamento de pequenos poros e bolhas de ar superficiais e a melhoria da qualidade estética das paredes. É uma operação básica (e opcional) realizada algumas horas após a desenforma. Consiste na aplicação de uma camada de nata de cimento Portland, com traço rico em cimento, por meio de desempenadeiras de madeira revestidas com espuma. Os materiais mais empregados em obras já realizadas são: massa corrida, revestimentos cerâmicos, texturas e argamassas industrializadas sendo, nesses casos, aplicados diretamente sobre as paredes, sem necessidade da feltragem.

Tipos de fôrmas mais utilizados para paredes

- **de concreto:** ■ Metálicas (quadros e chapas metálicas)
- Metálicas + compensado (quadros em peça metálica e chapas de madeira)
- Plásticas (quadros e chapas feitos em plástico reciclável)
- Trepantes (ideal para múltiplos pavimentos)



Fôrmas metálicas (quadros de aço)

Ao escolher o sistema de fôrmas, considere os seguintes aspectos:

- Produtividade da mão-de-obra na operação do conjunto
- Peso/m² dos painéis
- Número de peças do sistema
- Durabilidade da chapa e possibilidade de reutilizações
- Durabilidade da estrutura
- Modulação dos painéis

- Flexibilidade
- Adequação à fixação
- Análise econômica e facilidade de acesso ao sistema
- Suporte técnico do fornecedor

Recomendações

Recebimento - O recebimento do aço no canteiro deve ser acompanhado de uma checagem criteriosa dos romaneios, verificando se as peças estão de acordo com o lote recebido.

Transporte e armazenamento - As barras de aço, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas não devem ser danificadas durante as operações de transporte, armazenagem e posicionamento no elemento estrutural. Além disso, cada produto deve ser claramente identificável na obra, de maneira a evitar trocas involuntárias de posições.

Estocagem - As telas soldadas podem ser estocadas de duas maneiras: estocagem horizontal, solução prática quando dispomos de grandes áreas para armazenamento de material; ou estocagem em cavaletes, quando temos limitações de áreas para armazenamento na obra. Nos dois casos, as telas soldadas devem ser separadas por tipo, posição e local de aplicação, facilitando a montagem na frente de serviço.

Desempenho exigido

Material resistente e durável, o concreto é o principal elemento do sistema de paredes de concreto. Para oferecer uma solução segura e adequada às necessidades do construtor brasileiro, diferentes tipos de concreto foram testados e aprovados por diversos laboratórios e institutos de pesquisa, antes de serem aprovados para compor o método construtivo. Todos os testes foram realizados sob o rigor da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575. Os ensaios realizados com base nessa norma levam em consideração os seguintes aspectos:

- desempenho térmico
- desempenho acústico
- resistência
- permeabilidade

Normas para Controle da Qualidade de Cura:

- NBR 5739
- NBR 12655
- NBR 8522



Concreto utilizado em construções de pavimentos-tipo de edifícios residenciais

- ASTM C 157
- NBR 7222

Benefícios da parede de concreto

- Velocidade de execução
- Prazos de entrega e custos programados
- Industrialização do processo
- Maior qualidade e desempenho técnico
- Economia de material
- Mão-de-obra não especializada

Hugo Misurelli, gerente de construção em série da Engemix,
hugo.misurelli@engemix.com.br

Clovis Massuda, gerente de construção da Homex Brasil,
clovis.massuda@homexbrasil.com.br