CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PRINCIPAIS PATOLOGIAS OBSERVADAS EM PAREDES DE CONCRETO EXECUTADAS EM TRÊS TIPOS DE FÔRMAS: AÇO, ALUMÍNIO E PVC

MAIN PATHOLOGIES OBSERVED IN CONCRETE WALLS MADE IN THREE TYPES OF FORMS: STEEL, ALUMINUM AND PVC

Como citar esse artigo:
Barbosa JVG, Carvalho PHS, Maximiano CV. PRINCIPAIS PATOLOGIAS OBSERVADAS EM PAREDES DE CONCRETO EXECUTADAS EM TRÊS TIPOS DE FÔRMAS: AÇO, ALUMÍNIO E PVC. Anais do 24° Simpósio de TCC do Centro Universitário ICESP. 2022(24); 546-551.

Jose Victor Gomes Barbosa
Paulo Henrique Soares Carvalho
Christian Viterbo Maximiano

Resumo
Introdução: O método construtivo com paredes de concreto armado moldado *in loco* tem ganhado espaço no âmbito da construção civil por todo o Brasil, principalmente em obras com execuções repetitivas. O método se torna viável por vários fatores, incluindo a qualidade de estruturas executadas com este processo de execução. Porém, apesar de ser executado apenas com concreto e aço, essas estruturas apresentam algumas patologias, dentre elas, as principais são: fissuras, brocas e embarrigamento. Portanto, este trabalho terá como objetivo apresentar um relatório feito em campo para um levantamento dessas patologias em três tipos de fôrmas moldantes, sendo uma confeccionada em aço, uma em alumínio e uma em PVC. O levantamento estatístico dessas patologias foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos do levantamento: fôrma metálica, fôrma de alumínio e fôrma de PVC. As variáveis avaliadas foram: QF - quantidade de fissuras (unidade), CF - comprimento das fissuras (metro), EF - espessura das fissuras (metro), QF - quantidade de brocas (unidade), AB - área média das brocas (metro quadrado), PB - profundidade média das brocas (metro), QE - quantidade de embarrigamento (unidade), AE - área média de embarrigamento (metro quadrado) e PF - profundidade de embarrigamento (metro). A fôrma metálica apresentou índices mais altos para as fissuras e embarrigamentos, de acordo com as análises estatísticas, e a fôrma de PVC apresentou o melhor desempenho quando se trata de prevenção de patologias.
Palavras-Chave: 1**.** patologias; 2.estruturas; 3.fôrmas; 4.tabelas.
Abstract
Introduction: The constructive method with cast-in-place reinforced concrete walls has gained space in the field of civil construction throughout Brazil, mainly in works with repetitive executions. The method becomes viable due to several factors, including the quality of struct ures executed with it. However, despite being executed only with concrete and steel, these structures present some pathologies, among them, the main ones are: cracks, drills and cambering. Therefore, this work will aim to present a report made in the field for a survey of these pathologies in three types of molds, one made of steel, one of aluminum and one of PVC. The statistical survey of these pathologies was carried out with 3 treatments, for a repetition of 4 walls and 9 variables, the survey and observation treatments being: metallic formwork, aluminum formwork and PVC formwork. The variables were: QF - number of cracks (unit), CF - length of cracks (meter), EF - thickness of cracks (meter), QF - number of drills (unit), AB - average area of drills (square meter) , PB - average depth of the drills (meter), QE - amount of ramming (unit), AE - average ramming area (square meter) and PF - ramming depth (meter). The metallic formwork showed higher rates for cracks and bulging, according to the analyses, and the PVC formwork showed the best performance when it comes to preventing pathologies.
Keywords: 1. pathologies; 2.structures; 3.molds; 4.tables**.**
Contato: jose.barbosa@souicesp.com.br; paulo.carvalho@souicesp.com.br; christian.viterbo@icesp.edu.br

Introdução

O método construtivo conhecido como “estruturas de concreto armado moldadas ‘in loco” passou a ser bastante conhecido no Brasil no início do século XXI. Buscando novos métodos de execução de obra, devido ao déficit habitacional no país durante o período, as construtoras ou empresas envolvidas no ramo da construção civil passaram a optar por esse método pensando em executar seus serviços de forma mais rápida, mais segura, reduzir produção de resíduos e garantir a qualidade da obra (MACÊDO, 2016).

Derivado do latim, o termo “in loco” referência algo feito no local. No caso das paredes de concreto armado moldadas in loco, significa que as mesmas são moldadas no local onde ficarão após a execução (FERNANDES, 2018).

O método em si consiste basicamente no emprego de fôrmas para moldagem das paredes, lajes ou outras estruturas. Após o emprego das fôrmas, são colocadas as armações e em seguida é lançado o concreto. Após o tempo de cura do concreto, as fôrmas são removidas no processo de desforma e transportadas para outro lugar, possivelmente para serem utilizadas várias vezes para o mesmo tipo de execução (MORAIS, 2017).

Hoje é possível encontrar fôrmas confeccionadas com materiais diversos. Aço, alumínio, madeira e plástico são alguns desses tipos de fôrmas. Ao ser feito o planejamento da obra é necessário o estudo do tipo de fôrma a ser empregada, pois, apesar de terem a mesma finalidade, as mesmas possuem características diferentes quando se trata de alguns aspectos executivos, como: travamentos, transporte, durabilidade dos painéis, recomendações referentes ao número de reutilizações e acabamento das paredes executadas (FERNANDES, 2018). A armação e o concreto a serem utilizados também são determinados na concepção dos projetos estruturais.

Geralmente, após a análise e projeção da execução da obra, as fôrmas metálicas são as mais selecionadas. Podendo ser confeccionada em aço ou alumínio, as fôrmas metálicas

apresentam maior durabilidade e integridade com o desenvolvimento da obra por conta do material em si. Por isso, o mercado para essas fôrmas tem maior amplitude quando comparado às outras formas, como as de PVC ou madeira, por exemplo (MAPA DA OBRA, 2015).

De acordo com a norma *ABNT NBR 16055* de 2012, apesar de ser um sistema que entrega excelente qualidade nas paredes e lajes executadas, as estruturas não estão livres de patologias que podem surgir durante o processo ou após ele. Fissuras, brocas e "embarrigamento" das paredes são as patologias mais comuns encontradas nas estruturas executadas. Essas patologias podem ser causadas por vários fatores, como: falhas na elaboração do projeto, falhas na montagem das fôrmas, má instalação de materiais elétricos e hidráulicos, má instalação da armação e espaçadores, defeitos no processo de desforma e atos executados após a execução. É possível, também, que essas patologias possam ser oriundas do modelo e material de fôrma empregada no processo (TRINDADE, 2015).

Por essas razões o presente trabalho trará um comparativo entre as principais patologias oriundas dos diferentes tipos de fôrmas.

Materiais e Métodos

O presente trabalho será desenvolvido em dois campos de análise, sendo duas obras distintas executadas com o método de paredes de concreto armado moldadas *in loco*.

O primeiro campo de análise está em andamento no bairro Itapoã – DF, onde serão executadas 12.112 unidades habitacionais, distribuídas em 757 blocos, com 16 apartamentos cada um, podendo ser com 2 ou 3 quartos. A obra em questão é parte de uma parceria governamental entre a empresa responsável pela execução, Caixa Econômica Federal e CODHAB.

O segundo campo de análise está em andamento na cidade de Valparaíso de Goiás – GO, contará com 432 unidades ao final da execução, divididas em 27 blocos, com 16 apartamentos. A obra em questão está sendo executada para o projeto Casa Verde e Amarela, com o apoio governamental e da Caixa Econômica Federal.

No campo de pesquisa do Itapoã são utilizados dois tipos de fôrmas que são, respectivamente de aço e alumínio, onde serão avaliadas 4 paredes para cada tipo de fôrma, conforme serão detalhadas a seguir:

- Fôrma de aço: possui painéis que variam entre 1 m e 2,50 m de comprimento e 2,64 m de altura devido ao layout de execução dos blocos. São travadas com faquetas, roscas e travessas. Devido ao peso dos painéis, os mesmos necessitam de gruas ou caminhões *munk* para auxílio no transporte e locação. Foram adquiridas em junho de 2019 e desde então passaram por alguns reparos e manutenções preventivas.

- Fôrma de alumínio: possui painéis que variam entre 25 cm e 60 cm, com 2,64 m de altura. São travadas com faquetas, pinos, cunhas e travessas. Geralmente os painéis, por serem relativamente leves, são transportados pelos próprios operários para serem instalados nos devidos locais. Alguns painéis que compõem a fôrma foram adquiridos ainda antes do início dessa obra, pois a empresa já utiliza esse método desde 2015. A outra parte dos painéis que constituem a fôrma foram adquiridos em junho de 2015. Já foram feitos alguns reparos e manutenções das fôrmas em junho de 2019 e dezembro de 2021.

No campo de pesquisa do Valparaíso de Goiás também são utilizados dois tipos de fôrmas, sendo uma em alumínio e uma em PVC, onde serão avaliadas 4 paredes para cada tipo de fôrma, conforme serão detalhadas a seguir:

- Fôrma de alumínio: possui painéis que variam entre 25 cm e 60 cm, com 2,37 m de altura. São travadas com faquetas, pinos, cunhas e travessas. Geralmente os painéis, por serem relativamente leves, são transportados pelos próprios operários para serem instalados nos devidos locais. Alguns painéis que compõem a fôrma foram adquiridos ainda antes do início dessa obra, pois a empresa já utiliza esse método desde 2018. Já foram feitos alguns reparos e manutenções periódicas das fôrmas, sendo a última executada no início de 2022.

- Fôrma de PVC: possui painéis pequenos que variam entre 15 e 35 centímetros de largura e entre 15 e 35 centímetros de altura. São travadas com pinos rosqueáveis em que ficam, geralmente, próximos aos vértices de cada painel. Por serem extremamente leves, quando comparadas aos outros tipos, e por terem painéis relativamente pequenos, todas as partes que constituem as fôrmas são transportadas pelos operários responsáveis pela instalação das mesmas. Essa fôrma foi adquirida em meados de junho de 2022 e ainda não passou por nenhum tipo de manutenção.

A *ABNT NBR 16055* de 2012 é a norma que rege esse método de execução de estruturas e segunda essa norma, a execução de paredes e lajes dá-se início no ato de limpeza e preparação das fôrmas. Após o término dessa fase do processo, é feita a aplicação do *desmoldante* (óleo a base mineral ou vegetal que serve para que o concreto lançado não fique preso à fôrma). A partir daí, então, os painéis são transportados para o

local onde serão executadas as estruturas. Então são instalados todas as armações, instalações elétricas e hidráulicas e espaçadores (materiais que servem para posicionamento das telas, para que as mesmas se mantenham no eixo das paredes durante e após o processo de concretagem). Feito tudo conforme projetos e normas, é lançado o concreto nas fôrmas de forma que este seja espalhado uniformemente. Após o enrijecimento do concreto lançado, as fôrmas são retiradas em um processo conhecido como *desforma* e possivelmente são levadas a outro local para dar início ao processo novamente.

Parâmetros avaliativos

Problemas como *brocas, embarrigamentos e fissuras* são as principais patologias encontradas nas estruturas executadas com o método de paredes de concreto armado moldadas *in loco.* Para a avaliação comparativa dessas patologias serão utilizados alguns métodos de análise, para cada tipo de fôrma (aço, alumínio e PVC) conforme listado abaixo:

- Fissuras: será feito um levantamento por amostragem para cada tipo de fôrma. Essas fissuras serão avaliadas por comprimento (m), espessura (m), quantidade de fissuras (unidade) e locais de aparecimento das fissuras;

- Brocas: será feito um levantamento por amostragem para cada tipo de fôrma. Essas brocas serão avaliadas de acordo com o local de aparecimento, quantidade (unidade), área relativa (m²) e profundidade (m);

- Embarrigamento: será feito um levantamento por amostragem para cada tipo de fôrma. Essas anomalias serão avaliadas de acordo com o local de aparecimento (caso sejam oriundas de problemas nas fôrmas, geralmente aparecem no mesmo local), quantidade (unidade), área média (m²) e profundidade (m).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizados (DIC), com três tratamentos em quatro repetições. Na análise de variância e teste de médias, foi utilizado o Software Agroestat v.5 (BARBOSA E MALDONADO JUNIOR, 2015). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Resultados e discussões

Ao analisar a tabela análise de variância, observa-se que o fator de variação “tratamento” apresentou diferença significativa nas seguintes variáveis avaliadas: quantidade de fissuras (QF), comprimento das fissuras (CF) e espessura das fissuras (EF), sendo que as variáveis dos parâmetros broca e embarrigamento não foram significativos a nível de 5% de probabilidade pelo teste F, conforme o apresentado na tabela 1.

Na tabela 1 observa-se que os coeficientes de variação de todos os parâmetros avaliados ficaram acima de 58%, demonstrando que as discrepâncias dos dados foram altas, principalmente tratando-se dos parâmetros avaliativos das brocas. Segundo Zamberlan (2011), o coeficiente de variação quando apresentado com valor acima de 20% demonstra uma grande dispersão entre os dados da amostra, e quando abaixo, demonstra a homogeneidade presente entre o conjunto. O coeficiente de variação é considerado heterogêneo quando seu valor é maior do que 20%, tratando-se, portanto, este conjunto, de amostras homogêneas.

Tabela 1 - Análise de variância dos caracteres de patologias em diferentes tipos de fôrmas.

	QM								
	QF	**CF**	**EF**	**QB**	**AB**	**PB**	**QE**	**AE**	**PE**
TRATAMENTOS	2,00*	1,51*	0,00*	$0,12^{NS}$	$0,00^{NS}$	$0,00^{NS}$	$0,00^{NS}$	$0,00^{NS}$	$0,00^{NS}$
ERRO	0,25	0,20	0,00	0,17	0,04	0,00	0,28	0,27	0,00
CV (%) =	66,66	58,4	60,24	282,84	282,84	282,84	115,47	119,77	117,34
MÉDIA GERAL	0,75	0,69	0,00	0,12	0,03	0,00	0,50	0,45	0,01

***Significativo a 5% de probabilidade pelo teste pelo teste F. NS Não significativo pelo teste F. **QF**: quantidade de fissuras; **CF**: comprimento das fissuras; **EF**: espessura das fissuras; **QB**: quantidade de brocas; **AB**: área média da broca; **PB**: profundidade média da broca; **QE**: quantidade embarrigamento; **AE**: área média embarrigamento; **PE**: profundidade média embarrigamento.

Na tabela 2 observa-se que as fôrmas aço apresentaram problemas, principalmente, com os seguintes parâmetros: quantidade de fissuras (QF), comprimento das fissuras (CF) e espessura das fissuras (EF). Segundo Feronatto (2018) essas patologias podem ser oriundas de diversos fatores durante todo o processo de execução. Problemas com as fôrmas devido ao uso, deficiência no alinhamento e travamento das mesmas, má execução da concretagem, má concepção dos projetos, desforma antes do período ideal de cura e até mesmo fatores naturais e/ou climáticos. Possivelmente as dimensões dos painéis que constituem a fôrma também influenciaram para que essas fissuras tenham se destacado para este tipo de fôrma.

Segundo Freitas et al (2015) as fôrmas constituídas por painéis executados em alumínio ou PVC se mostraram com melhor desempenho, tratando-se da quantidade e comprimento das fissuras apresentadas, possivelmente, também, pelas dimensões dos painéis.

Dando ênfase aos parâmetros avaliativos das brocas ainda na tabela 2, foi possível notar que essas patologias foram mais recorrentes para as execuções com fôrmas de PVC, quando comparada as fôrmas de aço e de alumínio. Possivelmente esses problemas foram causados, também, pelo travamento das fôrmas. Fôrmas com painéis menores resultam em uma quantidade maior de travamentos nos encontros desses painéis.

Segundo Goulart (2005), é de suma importância que o concreto lançado seja adensado por vibração, para que o mesmo preencha por completo as fôrmas, evitando, assim, vazios e bolsões de ar. O ato da vibração do concreto lançado geralmente é feito com o auxílio de vibradores com mangote (mangueira com uma ponteira metálica, que vibra quando está ligada).

Após acompanhamento em campo do processo de vibração e adensamento do concreto, foi possível observar que quando se tem uma fôrma com muitos travamentos – lembrando que ainda são instaladas as armações, espaçadores, instalações elétricas e afins – o operário responsável pela vibração do concreto encontra dificuldades para fazer com que o mangote chega a base da fôrma. Isso pode fazer com que o concreto não distribuído uniformemente por toda a fôrma, gerando, assim, as patologias conhecidas popularmente como “brocas” (GOULART, 2005).

Ainda analisando a tabela 2, foi possível notar que para os parâmetros avaliativos dos embarrigamentos, representados pela quantidade (QE), área média (AE) e profundidade (PE) de embarrigamento foram mais recorrentes nas formas de aço e alumínio, sendo que a fôrma de PVC obteve o melhor desempenho quando comparada as outras formas, devido a redução das patologias ligadas ao embarrigamento.

Segundo Trindade (2015) as fôrmas de alumínio e aço apresentaram desempenhos parecidos devido aos travamentos e painéis das fôrmas. Por ser constituída de painéis menores, as fôrmas de PVC possuem mais travamentos que as demais, isso pode auxiliar na retenção e integridade da fôrma, visto que fica mais sólida em relação aos travamentos e, possivelmente, sofre menor pressão em cada painel devido a sua pequena área quadrada (TRINDADE, 2015).

Por serem constituídas por painéis maiores, principalmente analisando o comprimento vertical desses painéis, as fôrmas de alumínio possuem menos travamentos e consequentemente sofrem maiores pressões quando o concreto é lançado. O fato da fôrma de PVC ser constituída por painéis pequenos auxilia ainda no transporte, instalação e principalmente na manutenção, visto que cada painel pode ser facilmente substituído (FREITAS, 2015)

TABELA 2 - Valores médios obtidos nos caracteres de diferentes patologias nas fôrmas

	QF	CF	EF	QB	AB	PB	QE	AE	PE
Metálica	1,25a	1,12a	0,00a	0,00c	0,00a	0,00a	0,50a	0,49a	0,01a
Alumínio	0,25b	0,25b	0,00a	0,25b	0,06a	0,00a	0,50a	0,42a	0,01a
PVC	0,25b	0,07c	0,00a	0,75a	0,12a	0,01a	0,00b	0,00b	0,00b

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade. **QF**: quantidade de fissuras; **CF**: comprimento das fissuras; **EF**: espessura das fissuras; **QB**: quantidade de brocas; **AB**: área média da broca; **PB**: profundidade média da broca; **QE**: quantidade embarrigamento; **AE**: área média embarrigamento; **PE**: profundidade média embarrigamento.

Conclusão

Portanto, após as analises apresentadas, pôde-se observar que as fôrmas de PVC são as melhores visando prevenir ao máximo o aparecimento de patologias.

A fôrma de alumínio se mostrou ser a intermediária e a de aço a que mais propicia esses tipos de patologias apresentadas no trabalho.

A data de fabricação das fôrmas e o tempo de uso das mesmas pode ter sido, também, um fator de influência para os parâmetros analisados.

Agradecimentos

Queremos agradecer a Deus, pela oportunidade de cursar uma faculdade de Engenharia Civil e, sobretudo, pela saúde e capacidade para buscarmos nossos objetivos.

Agradecemos, também, aos nossos professores do curso pelo conhecimento transmitido e um agradecimento especial ao prezado professor Christian Viterbo, tanto pelo ensino em sala de aula, quanto pela orientação e atenção como nosso orientador deste trabalho.

Por fim, agradecemos aos nossos pais, irmãos e cônjuges que sempre foram presentes e nos apoiam em todos os âmbitos de nossas carreiras e vidas.

Referências:

FREITAS, A. N. et al. **Sistema de fôrma para estruturas de parede de concreto armado: estudo de caso com utilização de fôrma metálica perdida**. 2015. Disponível em: https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/06/sistemas-de-forma-para-estruturas-de-concreto-armado-estudo-de-caso-com-utilizacao-de-forma-metalica-perdida.pdf. Acesso em: 09/10/2022

GOULART. J. R. R. **Adensamento do concreto por vibração**. *Associação Brasileira de Cimento Portland*. 2005. Disponível em: https://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/06/Adensamento_concreto_por_vibracao.pdf. Acesso em 12/11/2022

MAPA DA OBRA. **Tipos de fôrmas para concreto.** 2015. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/negocios/tipos-de-formas-para-concreto/. Acesso em: 31/11/2022

MESOMO, M. F. **Manifestações patológicas em unidades habitacionais construídas com paredes de concreto moldadas in loco com fôrmas metálicas: análise das falhas observadas na etapa de execução.** 2018. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/184713/001079379.pdf?sequence=1. Acesso em: 18/11/2022

MORAIS, G. M. **Planejamento da execução de paredes de concreto armado: um estudo de caso**. 2017. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/PLANEJAMENTO_DA_EXECU%C3%87%C3%83O_DE_PAREDES_DE_CONCRETO_ARMADO_-_UM_ESTUDO_DE_CASO.pdf. Acesso em: 12/11/2022

REDAÇÃO CONCRETE SHOW. **O uso de desmoldante no sistema paredes de concreto.** 2022. Disponível em: https://digital.concreteshow.com.br/sistemas-construtivos/o-uso-de-desmoldantes-no-sistema-paredes-de-concreto. Acesso em: 04/11/2022

SAMPAIO, G. G. S. et al. **Patologias em paredes de concreto.** 2016. Disponível em: http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=2TRABALHOSACADEMICOSAOGONCALO2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=3735&path%5B%5D=2416. Acesso em: 19/11/2022

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. *PINI*. 2009. Disponível em: https://lucasmonteirosite.files.wordpress.com/2017/08/vicente-custc3b3dio-e-thomaz-ripper-patologia-recuperacao-e-reforco-de-estruturas-de-concreto.pdf. Acesso em: 28/11/2022

TRINDADE, D. S. **Patologia em estrutura de concreto armado**. 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf. Acesso em: 18/11/2022

TRINDADE, T. S. **Patologia em estruturas de concreto armado.** 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf. Acesso em: 14/11/2022

ZAMBERLAN, E. S. **Estatística.** 2011. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ienJxXARO0J:https://academicosmedicina.files.wordpress.com/2011/05/interpretac3a7c3a3o-desvio-padrc3a3o.doc+&cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=br. Acesso em 22/11/2022