

Análise da influência das vinculações laterais em edifícios de paredes de concreto

Analysis of the influence of lateral ties in concrete wall buildings

DOI:10.34117/bjdv8n10-075

Recebimento dos originais: 05/09/2022

Aceitação para publicação: 04/10/2022

Paulo Henrique Meneses

Engenheiro Civil

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço: Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis – SC, CEP: 88020-300

E-mail: phomeneses@gmail.com

André Puel

Engenheiro Civil, Doutor

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço: Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis – SC, CEP: 88020-300

E-mail: puel@ifsc.edu.br

Alexandre Lima de Oliveira

Engenheiro Civil, Doutor

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço: Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis – SC, CEP: 88020-300

E-mail: alexandre@ifsc.edu.br

Fernando Toppan Rabello

Engenheiro Civil, Doutor

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço: Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis – SC, CEP: 88020-300

E-mail: fernando.rabello@ifsc.edu.br

RESUMO

A normativa vigente, NBR 16055:2012, define parede de concreto como elemento estrutural autoportante, moldado in loco, no qual contém comprimento maior que dez vezes sua espessura, sendo capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. Além da normativa brasileira existem diversos códigos internacionais, tal como o ACI 318:2019 - Building Code Requirements for Structural Concrete, e o australiano AS 3600:2009 - Concrete Structures. Cada norma possui uma formulação própria para o cálculo da resistência do elemento de parede de concreto. O código brasileiro e o código australiano convergem em relação a adotar a contribuição das vinculações laterais para resistência da parede. Já o código norte americano faz menção somente nas vinculações topo-base. Analogamente as estruturas em Alvenaria Estrutural, o caminhamento das cargas verticais pode ocorrer na superfície do elemento de parede, sendo possível utilizar os modelos de cálculo consolidados em bibliografias de Alvenaria Estrutural (PIS, GIP e MPT), tornando este estudo válido para análise estrutural destes dois sistemas. Ao longo deste trabalho foram calculados e analisados os resultados dos esforços solicitantes de cada procedimento. Posteriormente, com auxílio do software comercial SAP2000, foi

lançada uma estrutura utilizando o Modelo Pórtico Tridimensional, realizando suas respectivas análises numéricas. Ao final destas análises, foi possível observar que o modelo sem interações entre paredes foi capaz de desempenhar de maneira satisfatória a distribuição dos esforços para as estruturas adotadas neste estudo, quando comparados com os modelos com interação entre paredes e numérico.

Palavras-chave: paredes de concreto, vinculações laterais, modelos de cálculo.

ABSTRACT

The current standard, NBR 16055:2012, defines a concrete wall as a self-supporting structural element, molded in situ, which contains a length greater than ten times its thickness, being able to support load in the same plane of the wall. Besides the Brazilian standard, there are several international codes, such as ACI 318:2019 - Building Code Requirements for Structural Concrete, and the Australian AS 3600:2009 - Concrete Structures. Each standard has its own formulation for calculating the strength of the concrete wall element. The Brazilian code and the Australian code converge in relation to adopting the contribution of the lateral connections to the strength of the wall. The North American code mentions only the top/bottom ties. Analogously to the masonry structures, the vertical loads can occur on the surface of the wall element, making it possible to use the calculation models consolidated in structural masonry bibliographies (PIS, GIP and MPT), making this study valid for the structural analysis of these two systems. Throughout this work the results of the internal forces of each procedure were calculated and analyzed. Afterwards, with the help of the commercial software SAP2000, a structure was launched using the Tridimensional Frame Model, performing its respective numerical analyses. Ao final destes análises, foi possível observar que o modelo sem interações entre paredes foi capaz de desempenhar de maneira satisfatória a distribuição dos esforços para as estruturas adotadas neste estudo, quando comparados com os modelos com interação entre paredes e numérico.

Keywords: concrete walls, lateral ties, calculation models.

1 INTRODUÇÃO

Por apresentar-se como um modelo de construção industrializada, o sistema em Paredes de Concreto destaca-se como um dos processos possíveis para suprir a necessidade do mercado habitacional brasileiro. Após a publicação da normativa ABNT NBR 16055:2012 – Paredes de concreto moldada no local para construção de edificações – Requisitos e procedimentos, somado com a consolidação do programa criado pelo Governo Federal, em 2009, Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), é notório o crescimento deste modelo construtivo no cenário nacional.

Além da normativa brasileira, NBR16055:2012, existem diversos códigos internacionais que regulamentam a adoção do sistema em seus respectivos países, tal como o norte americano, ACI 318:2019, e o australiano, AS 3600:2009. Cada norma possui uma formulação para o cálculo da resistência do elemento de parede de concreto.

Todavia, o código brasileiro e australiano convergem em relação ao adotar a contribuição das vinculações laterais para resistência da parede, diferentemente do norte americano que faz menção somente as vinculações topo-base. Buscando compreender o desempenho das paredes de concreto, Doh e Fragomeni (2006) testaram elementos com diferentes tipos de associação, analisando seu comportamento e fissurações. Os estudos concluíram que a consideração de paredes com dois planos de flexão, isto é, com associações laterais, resulta em um modelo de avaliação menos conservador para o sistema em Paredes de Concreto.

De acordo com Wendler (2017), os métodos construtivos, Alvenaria Estrutural e Paredes de Concreto, são estruturas que funcionam da mesma maneira, como painel, em que o caminhamento das cargas verticais pode ocorrer na superfície do elemento de parede. Por se tratar de sistemas estruturais semelhantes, além de referências em estudos acadêmicos sobre o modelo em Paredes de Concreto, foram utilizadas bibliografias consolidadas de Alvenaria Estrutural, considerando as metodologias de cálculo Paredes Isoladas (PIS) e Grupo de Paredes Isoladas (GIP) para determinar o carregamento vertical resultante em cada parede de concreto.

O método de cálculo PIS considera cada parede como elemento independente, isto é, não há interação com os demais elementos de parede da estrutura. Ao contrário do PIS, o GIP é formado por paredes que se comportam de maneira solidária, todavia sem interação com outros grupos, nos quais são delimitados, geralmente, pelas aberturas da edificação (portas e janelas). Somado ao carregamento vertical de cada modelo citado anteriormente, as ações horizontais, vento e desaprumo, foram analisadas através do procedimento de Paredes Isoladas, na qual distribui porcentagens das cargas horizontais de acordo com a rigidez de cada painel de contraventamento.

O Modelo Pórtico Tridimensional, denominado por Nascimento Neto (1999), trata-se da discretização de núcleos rígidos em elementos de barra travados horizontalmente pelas lajes, atuando como diafragma rígido (BRAGUIM, 2013). Após Nascimento Neto (1999) validar o MPT e aplicá-lo em edifícios de Alvenaria Estrutural, Nunes (2011) adotou o mesmo modelo, contudo para estruturas em Paredes de Concreto. Neste estudo, utilizou-se o software comercial SAP2000 para a modelagem do Pórtico Tridimensional.

Em razão de haver métodos distintos para obter os esforços solicitantes nas paredes de concreto, ao longo deste trabalho foram calculados e analisados os resultados dos esforços solicitantes de cada procedimento. A planta do edifício estudado é

praticamente simétrica. Ainda sobre o edifício, os números de pavimentos foram alterados, com intuito de verificar a influência da altura no comportamento da distribuição dos carregamentos e avaliar a contribuição das vinculações laterais.

O objetivo geral deste estudo é avaliar a influência das vinculações laterais, comparando os esforços solicitantes de elementos de paredes de concreto, oriundos dos distintos modelos de cálculo (com e sem interação entre paredes e numérico).

Por conseguinte, este artigo torna-se útil à comunidade técnica e científica, por contribuir com o estudo sobre a análise comparativa entre os resultados provenientes da distribuição dos carregamentos verticais e ações horizontais conforme os métodos distintos de cálculo, avaliando as particularidades da utilização de cada modelo. A força normal tende a comprimir o elemento de parede de concreto, enquanto o momento fletor atua comprimindo uma face e tracionando a oposta. Com esses dois valores determinados, é possível obter a tensão máxima atuante em cada parede de concreto, que tem influência direta no dimensionamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise e comparação dos esforços solicitantes na estrutura, visando analisar a influência das vinculações laterais, foram realizados dois estudos.

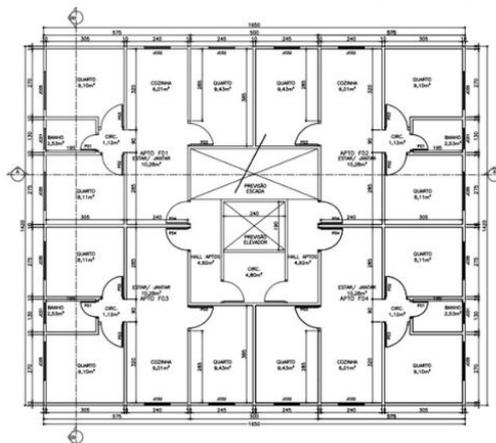
Na primeira análise, denominada de Estudo 01, foram empregados os modelos de cálculo com e sem interação entre as paredes para a distribuição de esforços verticais e ações horizontais em uma estrutura de 5 pavimentos. Para o primeiro caso foi utilizado o modelo PIS para distribuição dos esforços verticais e o método de Paredes Isoladas, sem contribuição das abas, para distribuição das ações horizontais. O segundo caso adotou-se o GIP e o modelo de Paredes Isoladas com abas, para distribuição dos carregamentos verticais e horizontais, respectivamente. Com os resultados dos dois casos obtidos, calculou-se a tensão solicitante em cada parede de concreto do primeiro pavimento, pretendendo comparar os casos e avaliar a influência do modelo de cálculo que adota a interação entre paredes perante o método sem interações.

Já no Estudo 02 comparou os esforços solicitantes, devido apenas ao carregamento vertical, para os três métodos diferentes (PIS, GIP e MPT). A estrutura utilizada para este estudo foi adaptada do Estudo 01. Por fim, houve a variação de pavimentos da edificação (1, 3 e 5 pavimentos) com objetivo de avaliar o comportamento da distribuição dos esforços verticais e a influência das vinculações entre elementos de parede à medida que se acrescenta altura a estrutura.

2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

A arquitetura expõe requisitos para potencializar as vantagens do sistema em Paredes de Concreto, como simetria e a modulação das dimensões. Tanto o térreo quanto o pavimento tipo possuem quatro apartamentos de três dormitórios cada, com pé direito de 2,60 metros.

Figura 1. Planta baixa – Pavimento Tipo (Adaptado).



2.2 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

As paredes de concreto contêm espessura de 10 cm, mínimo exigido pela NBR 16055:2012 para edificações de características apresentadas anteriormente. Para as lajes maciças de concreto armado, sua espessura nos apartamentos é de 10 cm. Na área de circulação, a espessura adotada é de 13 cm. O modelo de cálculo para determinar o carregamento nas paredes proveniente da ação das lajes é o método das linhas de ruptura ou Charneiras Plásticas.

O concreto, considerado como material isotrópico, para dimensionar esta estrutura possui resistência característica a compressão (f_{ck}) de 25 MPa, com módulo de elasticidade secante (E_{cs}) igual a 23800 MPa, coeficiente de Poisson (ν) de 0,2 e peso específico (γ) no valor de 25 kN/m³.

2.3 CARGAS VERTICAIS

As cargas verticais adotadas subdividem-se em permanentes (soma do peso próprio da estrutura com as cargas de revestimento das lajes) e acidentais (sobrecarga das lajes) conforme NBR 6120:2019. Portanto, foram consideradas as seguintes cargas verticais:

- Peso próprio elementos estruturais: $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Revestimento das lajes: $gL = 1,0 \text{ kN/m}^2$;
- Carga acidental nas lajes (circ.): $qL1 = 3,0 \text{ kN/m}^2$;
- Carga acidental nas lajes (apto.): $qL2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$.

2.4 AÇÕES HORIZONTAIS

Foram adotadas as ações horizontais devido ao vento ou desaprumo, seguindo as direções e sentidos perpendiculares as fachadas do edifício. Conforme NBR 16055:2012, foi utilizada a ação horizontal que proporcionar situação mais desfavorável a estrutura. As excentricidades tanto para aplicação do vento quanto para o desaprumo foram desconsideradas.

Para calcular a velocidade característica do vento (v_k) necessita-se determinar as variáveis da fórmula, v_0 , $S1$, $S2$ e $S3$.

- Região da grande Florianópolis: $v_0 = 43 \text{ m/s}$;
- Terreno plano ou fracamente acidentado: $S1 = 1,0$;
- Categoria III e Classe A: $S2 = \text{Variável}$;
- Edificações residencial multifamiliar: $S3 = 1,0$.

2.5 ESTUDO 01

Para o Estudo 01 foram utilizados os parâmetros expostos anteriormente para calcular os esforços solicitantes na estrutura de 5 pavimentos. Essa análise foi efetuada empregando os métodos de cálculo com e sem interações entre as paredes de concreto.

Os modelos de cálculo foram aplicados no edifício em estudo para distribuição dos carregamentos atuantes. A seguir serão apresentadas as distribuições das ações verticais e horizontais levando em consideração as particularidades de cada método.

2.6 MODELO DE CÁLCULO SEM INTERAÇÃO ENTRE PAREDES (ESTUDO 01)

Ao adotar o método sem interação entre paredes, por hipótese do modelo, cada parede determinada não interage com as demais.

Após definir as variáveis e aplicá-las no respectivo modelo de cálculo foi possível obter valores característicos para cada parede do 1º pavimento do prédio em estudo.

2.7 MODELO DE CÁLCULO COM INTERAÇÃO ENTRE PAREDES (ESTUDO 01)

Já com a utilização deste método de cálculo, as paredes interagem entre si nos grupos, delimitados pelas aberturas.

Da mesma maneira que no modelo anterior, após a distribuição dos carregamentos verticais e das ações horizontais foi possível calcular o valor para cada parede do 1º pavimento do prédio em estudo.

2.8 COMBINAÇÕES (ESTUDO 01)

Após obter os resultados característicos dos carregamentos verticais e ações horizontais para cada método, aplicaram-se as combinações para definir os esforços de cálculo. Para as ações verticais, tanto as cargas permanentes (peso próprio da estrutura e revestimento) e a sobrecarga de utilização (variável principal) foram majoradas pelo coeficiente no valor de 1,4, conforme NBR 8681:2004.

Já para as ações horizontais foi possível observar que os esforços obtidos pelo vento nas direções X e Y são mais desfavoráveis quando comparados aos do desaprumo. Portanto exclusivamente as ações resultantes do vento serão majoradas por 1,4, para obter os esforços de cálculo.

2.9 TENSÕES (ESTUDO 01)

Para verificar as tensões nas paredes de concreto é preciso compor os esforços obtidos pelos carregamentos verticais (força normal) com as ações horizontais (momento fletor), conforme equação abaixo.

$$\sigma_{Cd} = \frac{N_{Cd}}{A} + \frac{M_{Cd}}{W} \quad (1)$$

sendo:

σ_{Cd} : tensão normal para condição máxima de compressão;

N_{Cd} : força normal que gera situação de compressão máxima;

M_{Cd} : momento fletor que gera situação de compressão máxima;

A: área da seção transversal da parede;

W: módulo de resistência a flexão ($W=I/y_{\text{máx}}$).

2.10 MODELO DE ESTUDO (ESTUDO 02)

O Estudo 02 adotará os mesmos parâmetros de carregamentos utilizados no Estudo 01. Para esta avaliação foi efetuada uma adaptação do edifício, variado seus pavimentos entre 1, 3 e 5.

Esse comportamento analisado foi resultado da adoção dos três métodos distintos o PIS, GIP e MPT. Os dois primeiros foram executados seguindo a mesma rotina do Estudo 01. Já o modelo numérico foi realizado com o auxílio do programa comercial SAP2000.

Como o objetivo dessa etapa do trabalho é a comparação entre os modelos de cálculo para distribuição de carregamentos verticais (PIS, GIP e MPT), optou-se por considerar somente 1 apartamento para o modelo numérico.

As figuras a seguir apresentam a estrutura com as variações de pavimentos.

Figura 2: Modelo de Estudo (MPT) – 1 Pavimento

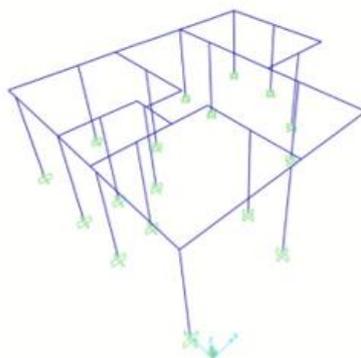


Figura 3: Modelo de Estudo (MPT) – 3 Pavimentos

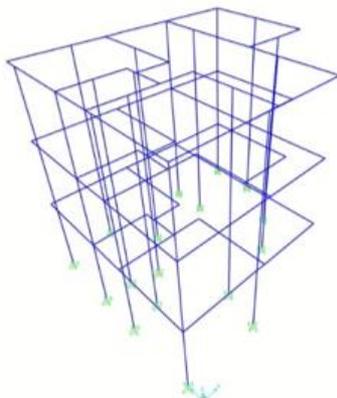
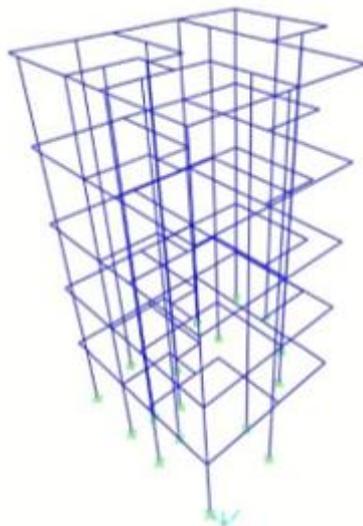


Figura 4: Modelo de Estudo (MPT) – 5 Pavimentos



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentam a comparação de modelos de cálculo distintos, com e sem interação entre paredes e, por fim, o modelo numérico. Os resultados serão discutidos bem com as particularidades de cada método para a estrutura adotada nas respectivas análises.

3.1 ESTUDO 01 - COMPARATIVO ENTRE MODELOS

Neste estudo foi possível discutir e analisar as diferenças entre os modelos de cálculo, comparando as tensões atuantes nas paredes de concreto.

A Tabela 1 exibe o comparativo das tensões de cálculo atuantes em cada parede de concreto da edificação em estudo. Segundo Braguim (2013), diferenças no valor de 5% são consideradas excelentes aproximações. Já valores entre 5 e 15% os resultados são classificados como bons e, por fim, diferenças acima do limite de 15% o comparativo é definido como ruim.

O valor do limite de 15% foi fundamentado no coeficiente γ_f , no qual considera possíveis equívocos de avaliação dos efeitos das ações, seja por problemas construtivos ou deficiência do modelo de cálculo (BRAGUIM, 2013).

Assim, as células em verde demonstram excelentes aproximações dos modelos. Já as em amarelo representam um resultado bom, e por fim, as em vermelho, os resultados ruins.

Tabela 1. Comparativo de Tensões de Cálculo

PAREDES DE CONCRETO			
TENSÃO NORMAL MÁXIMA DE COMPRESSÃO (tf/m ²)			
ID	S/ interação σCd (tf/m ²)	C/ interação σCd (tf/m ²)	Diferença (%)
1º PAVIMENTO			
PH01	92,83	107,10	15
PH02	105,35	119,19	13
PH03	104,79	97,97	-7
PH04	106,53	118,46	11
PH05	87,88	107,35	22
PH06	114,80	118,23	3
PH07	55,50	94,08	69
PH08	129,60	130,89	1
PH09	114,80	118,23	3
PH10	111,76	119,44	7
PH11	106,53	118,46	11
PH12	92,83	107,10	15
PH13	105,35	119,19	13
PH14	104,79	110,06	5
PV01	114,10	100,09	-12
PV02	145,16	114,61	-21
PV03	129,68	114,80	-11
PV04	134,50	118,53	-12
PV05	129,68	114,80	-11
PV06	145,16	114,61	-21
PV07	114,10	100,09	-12
PV08	133,15	114,96	-14
PV09	133,15	114,96	-14
PV10	133,48	107,87	-19
PV11	150,86	130,96	-13
PV12	133,48	107,87	-19
PV13	140,59	126,21	-10
PV14	139,84	111,48	-20
PV15	125,81	99,39	-21
PV16	140,59	126,21	-10
PV17	121,74	97,88	-20
PV18	127,85	117,84	-8
PV19	127,85	105,75	-17

Apresentada a Tabela 1, é possível observar que 9% das paredes de concreto da estrutura obtiveram resultados excelentes para o comparativo do modelo de paredes com interação em relação ao modelo sem interação. As aproximações dos valores bons são de 61% das paredes e, por fim, 30% dos elementos, ruim.

Por ser um modelo que proporciona uma construção industrializada, a padronização dos elementos é de suma importância para viabilidade do sistema em Paredes de Concreto. Assim, o projeto será realizado especificando a mesma espessura para todas as paredes da edificação. Em um posterior dimensionamento, tanto para o modelo sem e com interações entre as paredes, seria adotado a maior tensão resultante nos elementos, agindo, assim, a favor da segurança. Portanto, comparando os maiores valores de tensão de cada modelo, têm-se:

- $\sigma_{Cd}=150,86$ tf/m², para modelo de paredes sem interações;
- $\sigma_{Cd}=130,96$ tf/m², para modelo de paredes com interações;

Desse modo, a diferença do segundo valor em relação ao primeiro é na ordem de 13%, ou seja, está dentro do limite de uma boa aproximação.

Essa análise está de acordo com Corrêa e Ramalho (2003), no qual recomendam a utilização dos métodos de PIS e GIP para edificações de pouca altura. Vale o adendo

em que os mesmos autores sugerem o modelo GIP para edificações de qualquer porte. Já para o modelo PIS, limitam-se a recomendação em estruturas pequenas, onde seus efeitos negativos são menos perceptíveis.

É possível observar que a escolha pelo modelo sem interação entre paredes seria mais conservadora, por possuir um valor maior de tensão solicitante. Algo que vai ao encontro de Correa e Ramalho (2003), no qual classificam o método como simples e muito seguro.

3.2 ESTUDO 02 - COMPARATIVO ENTRE MODELOS

Para este estudo foram realizados os comparativos entre modelos de cálculo adotando somente o carregamento vertical, por se tratar de edifícios de pouca altura.

Assim, os resultados dispostos nas Tabelas 2, 3 e 4 exibem o comparativo entre os três modelos distintos de cálculo para distribuição dos esforços verticais. Cada tabela indica o carregamento vertical solicitante para o respectivo número de pavimentos analisados, contemplando PIS, GIP e MPT, além da diferença dos dois primeiros métodos em relação ao numérico.

Tabela 2. Comparativo - Esforços Resultantes Verticais Característicos – (PIS x GIP x MPT) – 1 Pavimento

COMPARATIVO MODELOS					
PAREDE	Nk (tf/m)			DIFERENÇA (%)	
ID	PIS	GIP	MPT	PIS/MPT	GIP/MPT
PH01	1,11	1,38	1,15	-4	20
PH02	1,41	1,66	1,58	-11	5
PH03	1,02	1,14	1,13	-10	1
PH04	1,40	1,60	1,52	-8	5
PH05	0,97	1,14	1,16	-17	-2
PH06	1,52	1,59	1,66	-9	-4
PH08	1,07	1,28	1,06	1	21
PV04	1,24	1,28	1,38	-11	-8
PV05	1,77	1,59	1,71	4	-7
PV06	2,02	1,60	1,83	11	-13
PV07	1,54	1,38	1,52	2	-9
PV09	1,77	1,60	1,63	8	-2
PV11	1,72	1,28	1,51	14	-15
PV12	1,65	1,38	1,61	3	-15
PV15	1,54	1,14	1,55	-1	-26
PV16	1,78	1,66	1,69	6	-2
PV19	1,08	1,14	0,99	9	15

Tabela 3: Comparativo - Esforços Resultantes Verticais Característicos – (PIS x GIP x MPT) – 3 Pavimentos

COMPARATIVO MODELOS					
PAREDE	Nk (tf/m)			DIFERENÇA (%)	
ID	PIS	GIP	MPT	PIS/MPT	GIP/MPT
PH01	3,33	4,13	3,80	-12	9
PH02	4,23	4,97	4,43	-5	12
PH03	3,06	3,43	3,61	-15	-5
PH04	4,20	4,79	4,70	-11	2
PH05	2,90	3,43	3,60	-19	-5
PH06	4,55	4,78	4,77	-5	0
PH08	3,20	3,84	3,52	-9	9
PV04	3,72	3,84	4,03	-8	-5
PV05	5,30	4,78	5,03	5	-5
PV06	6,06	4,79	5,46	11	-12
PV07	4,63	4,13	4,33	7	-4
PV09	5,30	4,79	4,77	11	0
PV11	5,17	3,84	4,25	22	-10
PV12	4,96	4,13	4,63	7	-11
PV15	4,61	3,43	4,51	2	-24
PV16	5,35	4,97	4,70	14	6
PV19	3,25	3,43	3,10	5	10

Tabela 4. Comparativo - Esforços Resultantes Verticais Característicos – (PIS x GIP x MPT) – 5 Pavimentos

COMPARATIVO MODELOS					
PAREDE	Nk (tf/m)			DIFERENÇA (%)	
ID	PIS	GIP	MPT	PIS/MPT	GIP/MPT
PH01	5,55	6,89	6,78	-18	2
PH02	7,05	8,28	7,24	-3	14
PH03	5,10	5,71	6,18	-17	-8
PH04	7,01	7,98	7,65	-8	4
PH05	4,84	5,71	6,03	-20	-5
PH06	7,59	7,96	7,64	-1	4
PH08	5,33	6,40	6,21	-14	3
PV04	6,19	6,40	6,88	-10	-7
PV05	8,83	7,96	7,64	16	4
PV06	10,11	7,98	7,80	30	2
PV07	7,72	6,89	7,27	6	-5
PV09	8,83	7,98	7,67	15	4
PV11	8,62	6,40	6,76	27	-5
PV12	8,27	6,89	7,39	12	-7
PV15	7,68	5,71	7,20	7	-21
PV16	8,91	8,28	7,48	19	11
PV19	5,41	5,71	5,42	0	5

Com os resultados expostos, primeiramente a análise foi realizada para o comparativo entre o PIS e MPT. É possível observar que com o acréscimo de pavimentos, aumenta a quantidade de paredes com aproximação ruim.

Já para o comparativo entre o modelo numérico (MPT) e o GIP, é possível constatar o comportamento contrário, quanto maior foi a adição de pavimentos, as aproximações entre as paredes de concretos destes dois métodos melhoraram.

Essa constatação do comportamento dos carregamentos verticais também vai ao encontro de Correa e Ramalho (2003), no qual indica a utilização do método PIS para edificações de pequeno porte, onde seus efeitos negativos são menos perceptíveis.

Adotando o mesmo raciocínio do Estudo 01, outra verificação é a utilização do PIS como modelo mais conservador, tendo em vista que o carregamento desse método de cálculo para um posterior dimensionamento é maior em relação ao GIP e MPT, tanto para 1, 3 ou 5 pavimentos.

4 CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho é possível concluir que a escolha do modelo de cálculo interfere diretamente tanto nos esforços solicitantes quanto nas tensões das paredes de concreto. Vale o adendo que esta constatação também é válida para edificações em Alvenaria Estrutural, por conta de seu comportamento estrutural ser semelhante ao sistema em Paredes de Concreto.

De modo geral, nota-se que há influência das vinculações laterais para a distribuição dos carregamentos na estrutura em Parede de Concreto. Todavia, no Estudo 01, constata-se que essa interferência não possui grande impacto quando comparado aos modelos sem e com interações entre paredes de concreto. É possível verificar que existe uma boa aproximação entre as maiores tensões obtidas para os dois métodos distintos. A conclusão dessa baixa interferência das vinculações laterais para o edifício analisado vai ao encontro com a recomendação de Corrêa e Ramalho (2003) da utilização do modelo PIS para estruturas de pouca altura.

O comportamento observado no Estudo 02 reforça a orientação anterior, considerando que com o aumento de pavimentos fica evidente uma piora qualitativa no método PIS em relação ao modelo MPT, quando comparada com a diferença entre GIP e MPT. Ao contrário do PIS, o GIP tem sua aplicação indicada para edifícios de qualquer porte.

Por conseguinte, mesmo os modelos sem interações entre paredes apontando diferenças, é possível observar que o método foi capaz de desempenhar de maneira satisfatória a distribuição de esforços para as estruturas avaliadas. Por conta dessas estruturas serem de baixo porte, possibilitou que seus efeitos negativos fossem de menor proporção. Ainda que seja um modelo simples de distribuição de ações, proporciona agilidade na análise vinculada com segurança, tendo em vista que a abordagem é mais conservadora entre os três modelos. Essas características contribuem para o método ser amplamente difundido no mercado para análise de edificações em Paredes de Concreto de poucos pavimentos.

REFERÊNCIAS

- ACCETTI, K. M. Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria. 1998. 247p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete. Farmington Hills, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16055: Paredes de concreto moldada no local para construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16868-1: Alvenaria Estrutural – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.
- BRAGUIM, T.C. Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- BRASIL. Lei 11.977, de 07 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. Diário Oficial da União, Brasília, 07 jul. 2009.
- CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003.
- DOH, J. H. Experimental and theoretical studies of normal and high strength concrete wall panels. Thesis (Doctor of Philosophy), Griffith University, 2002.
- DOH, J. H.; FRAGOMENI, S. Ultimate Load Formula for Reinforced Concrete Wall Panels with Openings. *Advances in Structural Engineering*, v.9, No 1, p.103-115, Australia, 2006.
- DOH, J. H.; FRAGOMENI, S. Evaluation of the Simplified Concrete Wall Design Equation in AS 3600:2009. *Australian Journal of Structural Engineering*, v.10, No 3, p.253-261, Australia, 2010.

NASCIMENTO NETO, J. A. Investigação das solicitações de cisalhamento em edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações horizontais. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

NUNES, V.Q.G. Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

STANDARDS AUSTRALIA. AS 3600: Concrete Structures. North Sydney, NSW, Australia, 2009.

WENDLER, A. Comportamento das estruturas em painel – Alvenaria estrutural e Paredes de concreto. Construliga, 2017. Disponível em: .Acesso em 07/07/2020

YAGUI, T. Estruturas constituídas de paredes delgadas com diafragmas transversais. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1971.