

ANÁLISE DE CARREGAMENTO EM UMA ESTRUTURA DE CONCRETO COM SISTEMA DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL E SISTEMA *LIGHT STEEL FRAMING*

Luciano Paes Silva (1); Prof.Esp. Márcio Vito (2)
UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)lucianopaessilva@yahoo.com.br, (2)marciovito@uol.com.br

RESUMO

O sistema *Light Steel Framing* (LSF) como vedação é uma solução industrializada muito utilizada nos países que têm sistemas construtivos racionalizados, porém o uso do sistema LSF como fechamento externo para edifícios de múltiplos pavimentos com estrutura de concreto é raro no nosso País, porém em outros países é utilizado com frequência, tendo em mente o baixo peso específico do material para redução de consumo de concreto, aço e cargas na fundação. Este estudo trata-se de um comparativo em termos de cargas atuantes em um edifício de 10 pavimentos tipo em concreto com sistema de vedação interno e externo convencional e sistema *Light Steel Framing*, sendo assim foi modelado um edifício de dez pavimentos tipo comum em nossa região com laje maciça e simulou-se num programa computacional para quantificar esta redução, se realmente este sistema tem grande ou pequena influência na estrutura. Diante deste comparativo pode-se observar uma redução global pouco expressiva de concreto de 6,92% em relação ao convencional, como também o peso de aço reduziu em 5,13%, porém a carga na fundação reduziu consideravelmente em 31,88%, não tendo assim um resultado expressivo, porém a carga na fundação como se trata de um valor global da estrutura obtém um resultado mais significativo. Também simulou o cálculo mantendo as mesmas seções dos elementos estruturais e obtivemos uma redução de aço nas vigas de 10,61%, nos pilares de 9,50% e no total de aço um percentual de 10,03%, pois as lajes não tiveram alteração na quantidade de aço, porém a carga na fundação reduziu para 25,13 %, podendo assim observar que o sistema de vedação tem grande influência no carregamento global da estrutura.

Palavras-Chave: Estrutura, Sistema de vedação, Carregamento.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo analisar os carregamentos gerados pelos diferentes materiais de vedação em uma estrutura de concreto armado, verificando assim o quanto reduz o volume de concreto, aço e cargas na fundação, pois nos carregamentos gerados em uma estrutura de concreto armado sendo englobadas dentro das cargas permanentes as paredes de vedação.



Segundo Pinheiro *et al.* (2003, item 4.1), “a concepção estrutural, ou simplesmente estruturação, também chamada de lançamento da estrutura, consiste em escolher um sistema estrutural que constitua a parte resistente do edifício”.

Em conformidade ainda por Pinheiro *et al.* (2003, item 4.1):

Essa etapa, uma das mais importantes no projeto estrutural, implica em escolher os elementos a serem utilizados e definir suas posições, de modo a formar um sistema estrutural eficiente, capaz de absorver os esforços oriundos das ações atuantes e transmiti-los ao solo de fundação.

A solução estrutural adotada no projeto deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura.

Para a concepção estrutural deve-se levar em consideração o objetivo para a qual a construção foi projetada de acordo com a arquitetura imposta. Por meio do projeto arquitetônico é feito o projeto estrutural, levando em consideração a posição dos componentes estruturais mantendo assim a distribuição dos ambientes em cada pavimento, necessitando esta estrutura ter interação, respeitando as características do solo onde será apoiada.

Afirmam Pinheiro *et al.* (2003, item 4.3), que “o sistema estrutural de um edifício deve ser projetado de modo que seja capaz de resistir não só às ações verticais, mas também às ações horizontais que possam provocar efeitos significativos ao longo da vida útil da construção”.

As cargas verticais são provenientes do peso próprio dos elementos estruturais, como também dos revestimentos, elementos de vedação, etc., já as cargas horizontais são constituídas pela ação do vento ou empuxo do solo se houver. O caminho das cargas verticais começa nas lajes, que além do seu peso próprio suporta algumas cargas permanentes como também as cargas variáveis. Estas cargas são transferidas para as vigas pelas reações de apoio.

As vigas além de seus pesos próprios suportam as reações das lajes, das paredes de vedação ou outras vigas que se apóiam nelas. As vigas são normalmente solicitadas por flexão, torção, transmitindo estas cargas para o pilar através das reações.

Os pilares além de seu peso próprio recebem as cargas das vigas que neles se sustentam transferindo estas cargas para os pavimentos inferiores até descarregar diretamente no solo.

Em conformidade ainda por Pinheiro *et al.* (2003, item 4.1) asseguram que :

As ações horizontais devem igualmente ser absorvidas pela estrutura e transmitidas para o solo de fundação. No caso do vento, o caminho dessas ações tem início nas paredes externas do edifício, onde atua o vento. Esta ação é resistida por elementos verticais de grande rigidez, tais como pórticos e núcleos, que formam a estrutura de contraventamento. Os pilares de menor rigidez pouco contribuem na resistência às ações laterais e, portanto, costumam ser ignorados na análise da estabilidade global da estrutura.

As lajes exercem importante papel na distribuição dos esforços decorrentes do vento entre os elementos de contraventamento, pois possuem rigidez praticamente infinita no seu plano, promovendo, assim, o travamento do conjunto.

A Figura 01 mostra o fluxo das ações nos elementos estruturais em edifícios.

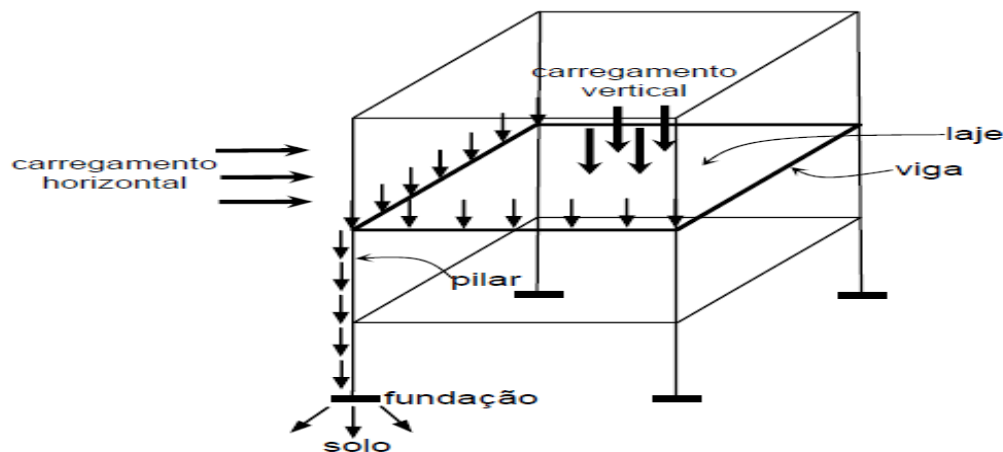


Figura 01 – Fluxo das ações nos elementos estruturais em edifícios
Fonte: (ALVA, 2007)

As paredes de vedação em alvenaria atualmente compreendem um conjunto ligado e compacto, de blocos ou tijolos (elementos de alvenaria) juntados entre si por argamassa, sendo o peso específico do tijolo cerâmico de 1300 Kg/m³, tendo assim uma grande influência no carregamento geral da obra.

Segundo Silva *et al.* (2006) a alvenaria de vedação não é dimensionada para resistir ações além do seu peso próprio, apenas deve proteger o edifício de agentes como (chuva, vento, etc.), e divisão dos ambientes.

Como desvantagem do uso da alvenaria pode citar algumas como:

- Muito tempo de execução devido ao assentamento e depois seccionado as paredes para passagem de instalações e feito remendos com argamassa;
- Desperdício de materiais, quebra de tijolos no transporte e execução;
- A falta de prumo causa aumento no consumo de argamassa e acréscimo de ações permanentes atuantes na estrutura;
- Falta de controle de qualidade e padronização dos blocos fornecidos.

Já o sistema *light steel framing* para paredes de vedação é muito empregado em países onde a racionalização predomina na construção civil, no Brasil ainda é pouco conhecido, pois predomina o método artesanal. Para uma melhor visualização do sistema *light steel framing* podemos utilizar com exemplo o *Drywall*, que é utilizado em vedações internas no Brasil, pois o mesmo não tem função estrutural, e sim utiliza perfis galvanizados a frio para compor a estrutura onde são fixadas as placas para fechamento.

Os painéis que formam a parede são feitos por vários perfis galvanizados muito leves nomeados montantes, que são separados entre si de 400mm ou 600mm (Figura 02).

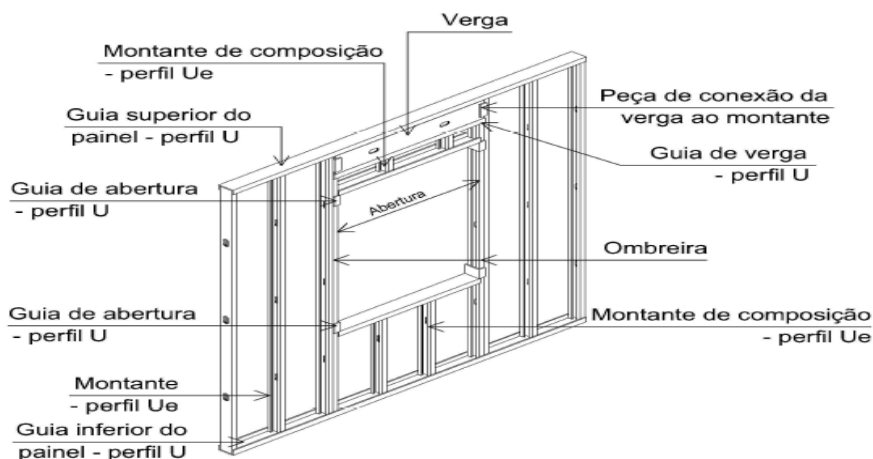


Figura 02 - Desenho esquemático de painel estrutural com abertura
Fonte: (FREITAS e CASTRO 2006)



Para aumentar a rigidez dos painéis pode-se instalar bloqueadores horizontais constituídos por perfis Ue ou U, e as fitas metálicas que são instaladas perpendicularmente à seção do montante.

Para o fechamento destes painéis segundo Freitas e Castro (2006, p. 15) “pode ser feito por vários materiais, mas, normalmente, utilizam-se placas cimentícias ou placas de OSB (*oriented strand board*) externamente, e chapas de gesso acartonado internamente”.

De acordo com Freitas e Castro (2006) as vantagens do sistema LSF são:

- Montagem rápida com obra limpa e seca.
- Leveza e flexibilidade.
- Menor peso por m² otimizando o dimensionamento das estruturas e fundações.
- Materiais utilizados possuem certificação de qualidade internacional.
- Precisão nas medidas garante uma estrutura perfeitamente aprumada e nivelada.

Segundo Tanigutti e Barros (1998, p.8) o sistema LSF também possui desvantagens:

- Resistência mecânica: cargas pontuais superiores a 35 kg devem ser previstas com antecedência, para instalar reforços no momento da execução;
- Resistência à umidade: as placas de gesso acartonado não resistem à alta taxa de umidade;
- Necessidade de nível organizacional elevado para obter vantagens potenciais;
- Barreira cultural do construtor e do consumidor;
- Falta de visão sistêmica dos construtores, de modo que o potencial de racionalização oferecido pelo sistema não seja totalmente explorado.

Podem-se observar nas Figuras 03, 04, 05 e 06 exemplos de fechamentos externos em LSF para edifícios de múltiplos pavimentos.



Figura 03 - Fechamento em LSF
Fonte: (CONSULSTEEL)



Figura 04 - Fechamento em LSF
Fonte: (CONSULSTEEL)



Figura 05 - Fechamento Externo em LSF
Fonte: (HADLEY GROUP)



Figura 06 - Fechamento externo. Inglaterra
Fonte: (SANTIAGO, 2008)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foi modelado um edifício com um pavimento térreo e dez pavimentos tipo no *software Cypecad*, utilizando concreto de fck 25 MPa e aço CA-50. Para as cargas foi utilizado à norma NBR 6120:2000 considerando para o térreo uma carga de 3 KN/m², os pavimentos tipo de 2 KN/m², caixa d'água de 20 KN/m². Os pilares não foram pré-dimensionados pela área de influência com coeficiente de majoração da força normal e sim foram colocados valores mínimos observando os erros que o software indicava mudando as dimensões para eliminação destes erros nos dois modelos.

As vigas foram pré-dimensionadas com espessura mínima de 12 cm e altura considerando 10% do vão. A espessura das lajes foi utilizada um valor inicial de 12 cm, a carga da parede de alvenaria foi utilizado um peso específico de 14KN/m^3 já considerando o enchimento com argamassa. As paredes da escada foram consideradas concreto celular com peso específico de $5,50\text{ KN/m}^3$ para os dois casos. A carga das paredes em LSF externo foi utilizado um peso por metro quadrado de $0,40\text{ KN/m}^2$ já incluindo o isolamento com lã de rocha, e para as paredes internas um peso de $0,30\text{ Kg/m}^2$, baseado nas marcas *Knauf* e *Brasilit*. Podem-se observar nas Figuras 07 e 08 abaixo o modelo do edifício.

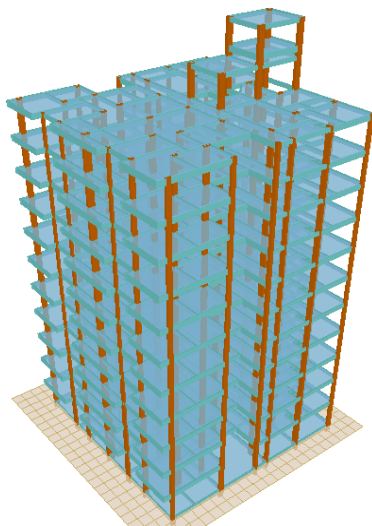


Figura 07 – Estrutura 3D
Fonte: (CYPECAD 2010)

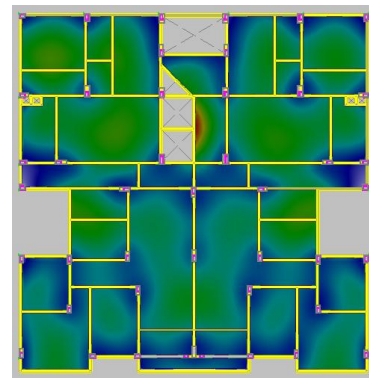


Figura 08 – Planta Tipo
Fonte: (CYPECAD 2010)

Para edifícios de múltiplos pavimentos em concreto o fechamento com painéis em *light steel framing* não tem função estrutural, porém estes painéis devem ser resistentes à ação do vento, podemos verificar a resistência ao vento dos painéis em LSF utilizando ensaios em túnel de vento ou a partir de tabelas de fabricantes estrangeiros para uma flecha admissível máxima, pegamos como exemplo a tabela considerando este limite de flecha para o sistema *light steel framing* verificando assim a pressão que o vento exerce no painel com coeficientes para nossa região.

Tabela 1 - Pressão máxima admissível de vento (KN/m²) em painéis de LSF, com flecha máxima de L/360

Deflection Limit Height/360					
	Wall Height (Stud Span) metres				
Section Reference	2.4	2.7	3.0	3.6	4.2
100F5012	2.122	1.490	1.086	0.629	0.396
100F5015	2.633	1.849	1.348	0.780	0.491
100F5020	3.451	2.424	1.767	1.023	0.644
150F5012	5.000	3.814	2.781	1.609	1.013
150F5015	5.000	4.746	3.460	2.002	1.261
150F5020	5.000	5.000	4.557	2.637	1.661
200F6312	5.000	5.000	5.000	3.792	2.388
200F6314	5.000	5.000	5.000	4.420	2.784
200F6316	5.000	5.000	5.000	5.000	3.175
200F6320	5.000	5.000	5.000	5.000	3.943

Fonte: (HADLEY GROUP)

O perfil utilizado no Brasil é de 90x40 mm, porém na tabela acima é utilizado um perfil de 100x50 mm, o que serve de referência para verificação da pressão nos painéis utilizados com perfis segundo a norma Brasileira.

Para este cálculo utilizamos a norma NBR 6123:1988- Forças devido ao vento em edificações, sendo a equação 1 referente a V_k :

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad \text{equação (1)}$$

Em que: V_k – Velocidade característica do vento (m/s);

V_0 – Velocidade básica do vento, que varia conforme a região (m/s);

S_1 – Fator Topográfico, que leva em consideração o relevo do terreno, fornecido no mapa brasileiro de isopletas (adimensional);

S_2 – Fator de Rugosidade, que considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte considerada (adimensional);

S_3 – Fator Estatístico é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação (adimensional).

A equação 2 nos fornece a pressão do vento no painel onde:

$$q = 0,613.V_k^2$$

equação (2)

Em que: q – Pressão dinâmica de vento (kN/m^2);

V_k – Velocidade característica do vento (m/s)

Tabela 2 – Valor dos fatores

Fator	Descrição	Unid.	Valor
V_0	Velocidade inicial do vento	m/s	45 m/s
S1	Terreno plano ou fracamente acidentado	-	0,10
S2	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados	-	0,99
S3	Edificação para hotéis e residências	-	0,10

Ao substituir os valores da Tabela 2 na equação 1 obtêm $V_k = 44,45 \text{ m/s}$, sendo este valor aplicado na equação 2 encontra-se a pressão que o vento exerce no painel $q = 1,21 \text{ KN/m}^2$.

Pode-se observar que a pressão ficou bem abaixo conforme tabela 1, sendo a altura do painel no edifício modelado de 2,4m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sendo realizado o cálculo de cada modelo gerando um resumo do caso 1 com vedação interna e externa em alvenaria e caso 2 com vedação interna e externa em *light steel framing*, vamos analisar o resultado de cada elemento da estrutura separadamente e no final analisar-se-á global dos dois casos. As Figuras 09, 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam o resumo para cada elemento como lajes, vigas e pilares, já as Figuras 15 e 16 mostram o resumo global de concreto e aço nos dois modelos. Pode-se observar a Figura 17 a variação nas cargas de fundação e respectivamente a Tabela 3 os valores para cada caso.

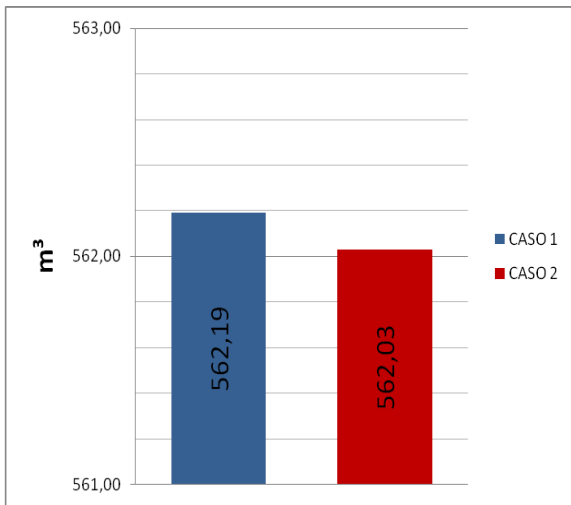


Figura 09 – Volume concreto das Lajes

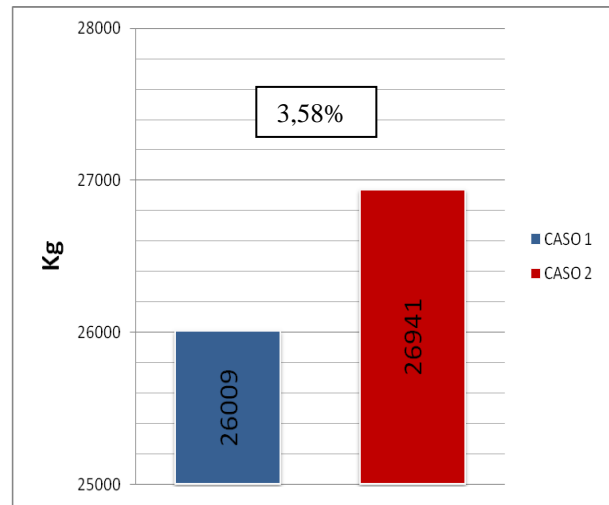


Figura 10 – Aço nas Lajes

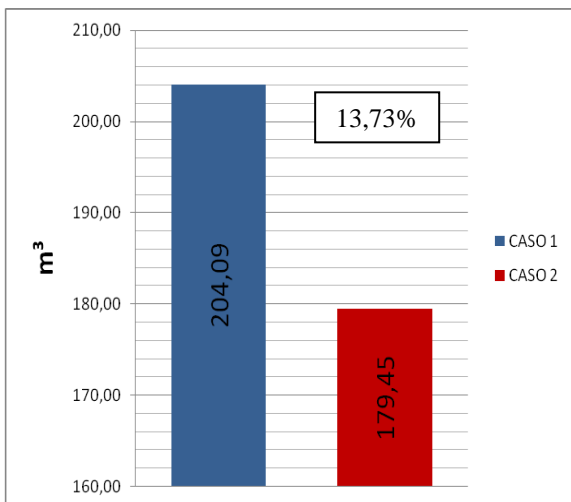


Figura 11 – Volume concreto das Vigas

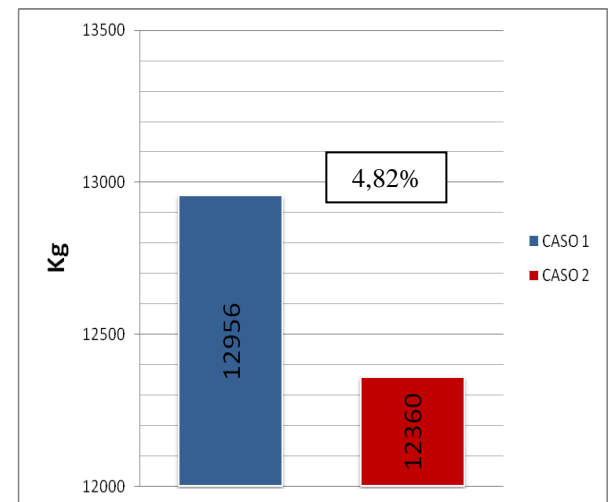


Figura 12 – Aço nas Vigas (Kg)

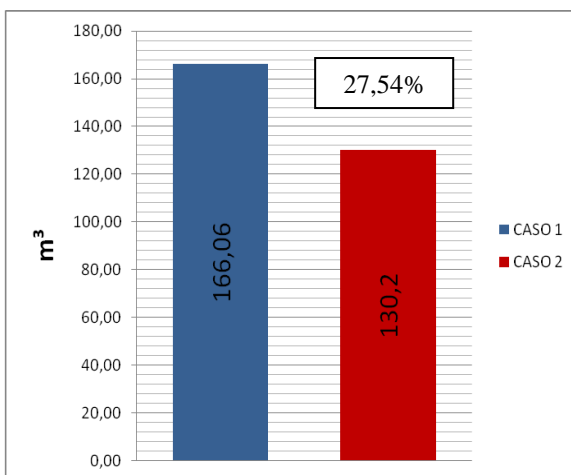


Figura 13 – Volume concreto nos Pilares

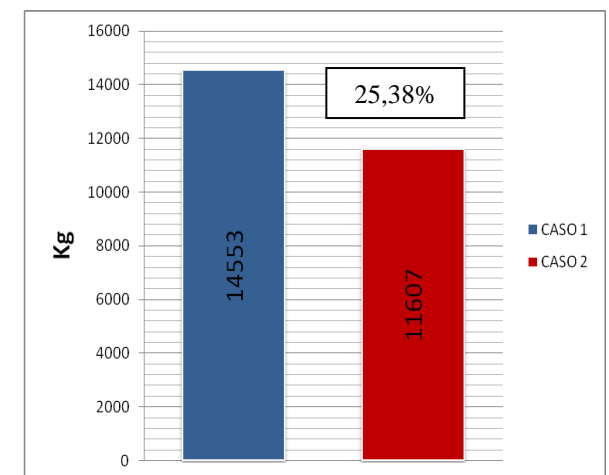


Figura 14 – Aço nos Pilares

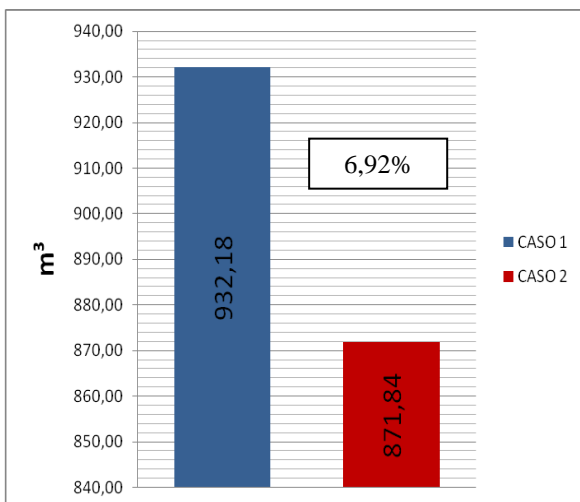


Figura 15 – Volume Concreto Total

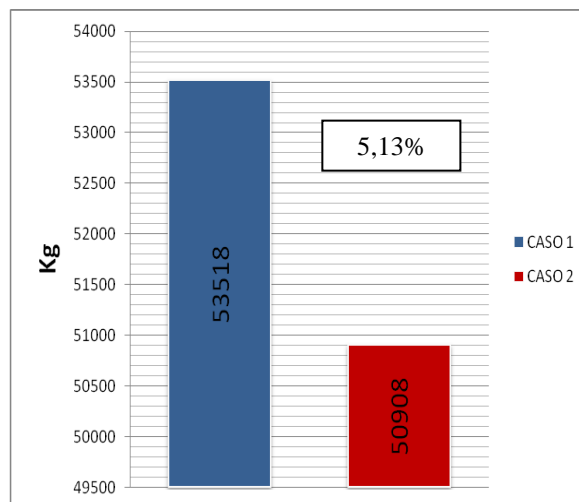


Figura 16 – Aço Total

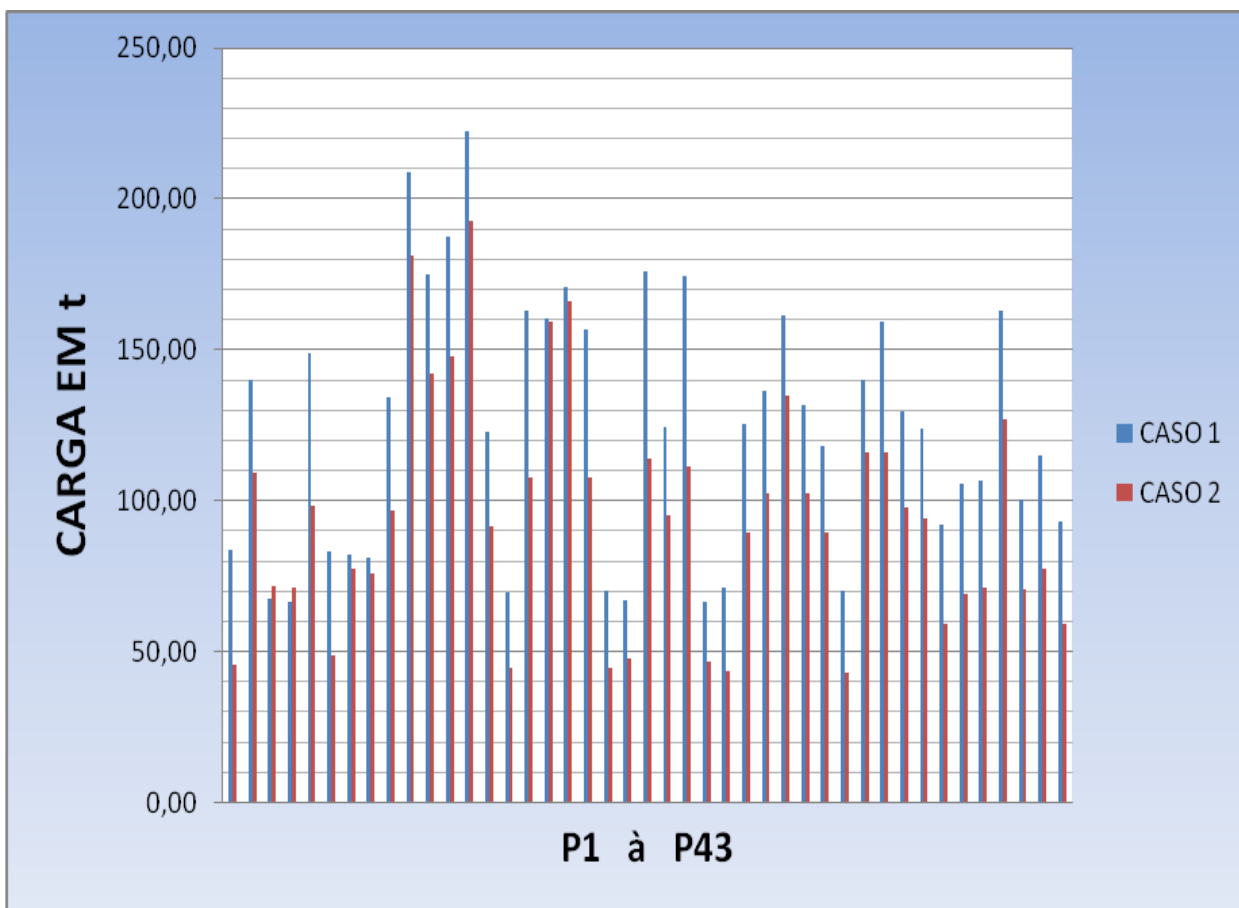


Figura 17 – Comparativo Cargas na Fundação

Tabela 3 – Cargas na fundação caso 1 e 2

PILARES	CARGAS FUNDAÇÃO (t)		REDUÇÃO %	PILARES	CARGAS FUNDAÇÃO (t)		REDUÇÃO %
	CASO 1	CASO 2			CASO 1	CASO 2	
P1	83,22	46,13	80,40	P23	123,55	100,99	22,34
P2	146,99	94,39	55,73	P24	173,11	121,89	42,02
P3	82,32	75,48	9,06	P25	66,11	47,89	38,05
P4	88,41	73,55	20,20	P26	71,68	46,64	53,69
P5	146,33	100,35	45,82	P27	126,29	94,95	33,01
P6	82,74	49,36	67,63	P28	136,26	105,04	29,72
P7	82,71	85,92	-3,74	P29	161,00	138,57	16,19
P8	79,24	83,67	-5,29	P30	131,52	103,88	26,61
P9	134,18	100,22	33,89	P31	118,99	92,48	28,67
P10	208,19	189,18	10,05	P32	70,70	46,48	52,11
P11	176,62	142,32	24,10	P33	139,61	107,93	29,35
P12	187,84	147,63	27,24	P34	157,91	106,96	47,63
P13	220,23	195,11	12,87	P35	129,87	91,58	41,81
P14	122,72	93,86	30,75	P36	123,8	93	33,12
P15	67,89	43,23	57,04	P37	91,26	66,12	38,02
P16	158,70	108,57	46,17	P38	104,83	71,33	46,96
P17	158,37	137,38	15,28	P39	105,69	74,53	41,81
P18	169,26	144,18	17,39	P40	174,94	127,19	37,54
P19	152,87	98,31	55,50	P41	99,18	74,1	33,85
P20	68,63	44	55,98	P42	113,81	80,15	42,00
P21	66,67	46,95	42,00	P43	92,66	62,13	49,14
P22	174,48	119,38	46,16				
TOTAL GERAL					5371,38	4073	31,88

Analisando os resultados pode-se observar que a laje não tem variação de concreto e sim um pequeno acréscimo de aço no caso 2 de 3,58% devido à redução da seção dos pilares. As vigas tiveram uma redução no concreto de 13,73% e no aço uma redução de 4,82%, já os pilares para o concreto reduziu em 27,54% e no aço 25,38%, porém analisando o valor total da estrutura houve uma redução de concreto em 6,92% e no aço de 5,13 %. Outrossim, ao simular o cálculo mantendo as mesmas seções dos elementos estruturais no caso 1 somente alterando as cargas no sistema de vedação e obtendo uma redução de aço nas vigas de 10,61%, nos pilares de 9,50% e no total de aço um percentual de 10,03%, pois as lajes não



tiveram alteração na quantidade de aço. Conforme especificado nas vantagens da utilização em *light steel framing* como otimização na estrutura de concreto e fundação pode-se verificar que não temos reduções consideráveis, portanto se for pensar em redução não seria viável a utilização do sistema, já para carga na fundação podemos considerar que reduziu significativamente 31,88% na carga total.

4. CONCLUSÕES

Conforme já mencionado a utilização do sistema *light steel framing* está sendo cada vez mais utilizado no Brasil como um sistema industrializado devido à agilidade de execução, redução de desperdício, tendo um controle de qualidade mais rigoroso, no entanto o seu uso no Brasil está mais voltado para edificações residenciais e vedação interna das edificações, o seu uso como vedação externa nas estruturas de concreto está sendo muito utilizado em outros países que já possuem uma construção racionalizada, porém como o peso específico do sistema *light steel framing* é baixo se conclui que podemos reduzir ou otimizar a estrutura. Este estudo mostrou que a utilização deste sistema utilizado no nosso método construtivo não é viável se pensando na redução de concreto e aço na estrutura, mas pode-se utilizar este sistema devido à agilidade de execução, baixo desperdício e por ser sustentável, porém outro aspecto positivo está na fundação com redução expressiva de **1.298,38 t**, ou seja, **31,88%** a menos na carga em comparação ao método convencional de alvenaria de tijolos cerâmicos. Mantendo as mesmas seções dos elementos estruturais carga na fundação reduziu **1.034,59 t**, ou seja, **25,13 %**, podendo assim observar que o sistema de vedação tem grande influência no carregamento global da estrutura. Diante deste resultado poderia recorrer a este sistema no caso de um solo com condições críticas onde seria necessário utilizar um tipo de fundação especial ou de difícil execução.

Este trabalho possibilita a ampliação do estudo considerando a utilização de lajes protendidas sem vigas ou de estruturas metálicas, analisando além das cargas o valor global da estrutura e flexibilidade de *lay-out*.



5. REFERÊNCIAS

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Santa Maria: Universidade Federal Santa Maria, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento**: NBR 6120:2000. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Forças Devidas ao Vento em Edificações**: NBR 6123:1988. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**: NBR 6118:2003. Rio de Janeiro, 2003.

CONSULSTEEL. **Construcción com acero liviano**. Disponível em < <http://www.consulsteel.com/esp/index.php> >. Acesso em 24/05/2011.

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Steel Framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: IBS, 2006. 121 p.

HADLEY GROUP. **Structural Steel Framing System**. Disponível em < <http://www.hadleygroup.co.uk/Products/HadleySteelFraming.aspx> >. Acesso em 24/05/2011.

PINHEIRO, Libânio M. *et al.* **Estruturas de Concreto**: Capítulo 4. São Paulo: USP – EESC – Departamento de Engenharia de Estruturas, Abril de 2003.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; ARAÚJO, Ernani Carlos de. **Sistema light steel framing como fechamento Externo vertical industrializado**. São Paulo: CONSTRUMETAL – CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, Setembro de 2008.

SILVA, Reginaldo Carneiro da *et al.* **Como construir**: Alvenaria racionalizada. São Paulo: Técnica, Julho de 2006

TANIGUTTI, Eliana Kimie; BARROS, Mercia Maria S. Bottura de. **Recomendações para a produção de vedações verticais para edifícios com placas de gesso acartonado**. São Paulo: EPUSP/SENAI, 1998.