

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EXECUTADO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO.

Pablo Cardoso Jacoby (1), Fernando Pelisser (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)pablo_jacoby@hotmail.com, (2)fep@unesec.net

RESUMO

O aumento da concorrência no setor da construção civil tem levado construtoras a estudar novas possibilidades de construir sem perder a qualidade, e que apresentem maior economia para aumentar a sua competitividade no mercado. Para aumentar estas possibilidades muitos sistemas construtivos têm surgido, entretanto existem sistemas construtivos como a alvenaria estrutural de blocos de concreto que são sistemas em que se tem domínio sobre o conhecimento técnico, e muitas vezes não são empregados pelo fato de não se ter conhecimento econômico sobre estes sistemas. O objetivo deste trabalho é comparar economicamente a alvenaria estrutural de blocos de concreto com o sistema convencional e concluir qual sistema construtivo apresenta maior economia para o edifício em estudo. Para isso foi elaborado o projeto estrutural do edifício, o projeto de modulação e paginação da alvenaria estrutural e o dimensionamento dos blocos, o que deu subsídios para o levantamento de materiais e de mão de obra dos subsistemas que representam a maior parcela do custo global da obra. Os itens avaliados neste trabalho são a variação de custos do concreto, do aço, da forma, da alvenaria, do revestimento e da mão de obra para executar a alvenaria, a estrutura e o revestimento. Com a realização do estudo observou-se que o valor dos materiais utilizados na alvenaria em alvenaria estrutural foi aumentado em 126% devido ao valor dos blocos de concreto ser superior ao dos tijolos cerâmicos, mas como todos os outros itens estudados levaram a uma redução de custos houve uma economia final de 12% utilizando a alvenaria estrutural.

Palavras-Chave: Alvenaria Estrutural. Sistemas construtivos. Eficiência.

1 INTRODUÇÃO

Um assunto muito discutido na sociedade tem sido a sustentabilidade, algo que na construção civil só é possível através da racionalização de todas as suas etapas, desde a elaboração dos projetos até a sua finalização. A alvenaria estrutural embora tenha algumas desvantagens em relação às estruturas em concreto armado, como por exemplo, a impossibilidade de remoção das paredes portantes¹, tem se mostrado um sistema construtivo em potencial para atingir tal meta.

A alvenaria estrutural pode ser executada com blocos cerâmicos, blocos de concreto e sílico-calcário. Entretanto neste trabalho o sistema convencional será comparado somente com a alvenaria estrutural de blocos de concreto, deixando para futuros estudos comparar com os outros tipos de alvenaria estrutural e verificar dentre os tipos existentes qual o que necessita de um custo menor para sua execução.

Este trabalho não tem a pretensão de levantar o custo total da obra, ele será limitado aos itens citados a seguir, que são os subsistemas que representam a maior parcela do custo total de um edifício. Os itens avaliados neste trabalho são a variação de custos do concreto/graute, do aço, da forma, da alvenaria, do revestimento e da mão de obra para executar a alvenaria, a estrutura e o revestimento. Não foram consideradas as fundações neste trabalho somente a superestrutura. Subsistemas que podem ser considerados iguais entre os dois sistemas construtivos não serão contabilizados, tais como instalações, revestimento cerâmico, esquadrias, forro de gesso, entre outros.

São poucos os estudos comparativos que comprovem numericamente as possíveis vantagens econômicas da alvenaria estrutural, e ainda quase que em sua totalidade desenvolvidos por empresas fornecedoras de blocos o que causa certa desconfiança em muitas construtoras. O desenvolvimento deste trabalho irá fornecer ao meio técnico um material que compare a alvenaria estrutural com uma edificação em concreto armado, elucidando se existem diferenças econômicas e quais níveis de economia podem ser atingidos.

Como o conceito de sistema convencional é regional, é importante destacar que neste trabalho considera-se sistema convencional as construções executadas com estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação de tijolos cerâmicos.

¹ Paredes que são responsáveis pela segurança estrutural.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

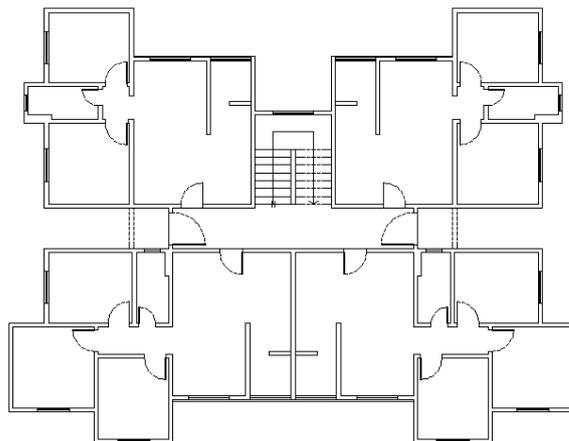
O edifício adotado para o desenvolvimento do trabalho é um edifício residencial que faz parte de um condomínio em fase de execução na cidade de Criciúma. Este condomínio é composto por oito blocos, onde cada bloco possui quatro pavimentos com quatro apartamentos por pavimento, gerando um total de 16 apartamentos por bloco. Cada bloco possui 1028,18 m².

Figura 1: Perspectiva do Edifício em estudo.



Fonte: Construtora.

Figura 2: Planta baixa do Pavimento Térreo.



Fonte: Construtora.

2.2 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

O projeto estrutural do edifício foi elaborado com o auxílio do software AltoQi Eberick V6 Gold. Este programa analisa a estrutura em um modelo pórtico espacial, além de executar o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais tais como, lajes, vigas, pilares, blocos sobre estacas e sapatas. Através do software foi obtida a relação de materiais, onde se obteve o volume de concreto e o quantitativo de aço e forma utilizado no levantamento de materiais do sistema convencional. As vigas foram dimensionadas com seção de 12x60cm e os pilares com espaçamento máximo de 5m e seção de 20x20cm, com exceção dos pilares que sustentam o peso do reservatório que foram de 25x35cm. A laje utilizada foi do tipo maciça com espessura de 10cm. O fck e os cobrimentos foram utilizados de acordo com a classe

de agressividade que foi classificada segundo a NBR 6118 (2003) como classe de agressividade I (branda).

2.3 ALVENARIA ESTRUTURAL

Para a elaboração do projeto de alvenaria estrutural foram utilizados os softwares SketchUp 8.0 e o software AutoCAD 3D 2010. Ambos são programas de modelagem tridimensional. O SketchUp foi utilizado pra desenvolver a modulação e paginação do edifício em questão, e o AutoCAD 3D para a quantificação dos blocos.

2.3.1 Coordenação Modular

O bloco padrão empregado no projeto de alvenaria estrutural foi o bloco de concreto 14x19x39 (LxAxC em centímetros). Como o módulo utilizado na coordenação modular é igual a metade do comprimento do bloco inteiro mais a junta, o módulo básico será de 20 cm, ou seja, as dimensões internas devem ser múltiplas de 20cm. O projeto arquitetônico utilizado para o desenvolvimento do trabalho foi elaborado para ser executado com o sistema convencional, entretanto quase todas dimensões internas eram múltiplas de 20cm o que facilitou a coordenação modular. Para não alterar significamente o projeto arquitetônico do edifício algumas paredes não foram moduladas, isto levou ao uso de blocos de concreto especiais o que eleva o preço da alvenaria e diminui a produtividade de execução.

2.3.2 Dimensionamento dos blocos

Para a determinação da resistência dos blocos e do volume de graute necessário no aumento da resistência das paredes mais solicitadas, foi elaborado o projeto estrutural do edifício conforme as prescrições da NBR 10837 (1989), onde foram considerados os carregamentos verticais e os carregamentos horizontais provenientes da ação do vento e do desaprumo. O procedimento de distribuição das cargas verticais foi executado utilizando grupos isolados de paredes.

Um grupo é um conjunto de paredes que são supostas totalmente solidárias. Geralmente os limites dos grupos são as aberturas, portas e janelas [...]. Neste procedimento consideram-se as cargas totalmente uniformizadas em cada grupo de paredes considerado. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p.32).

A resistência da argamassa utilizada no dimensionamento foi de 5MPa e a eficiência prisma/bloco foi de 0,8. Através do dimensionamento foi obtida a resistência dos blocos, que para prevenir possíveis trocas de blocos com diferentes resistências durante a execução foi adotado a resistência de 4 MPa² para todo o edifício. Com isso houve a necessidade de grautear alguns vazados dos blocos das paredes mais carregadas, que foram as paredes da escada no térreo e no 1º pavimento, e a parede que divide os apartamentos no 1º pavimento. Devido a concentração de cargas em uma parede de pequeno comprimento houve a necessidade de dimensioná-la como alvenaria estrutural armada.

Para se obter o diâmetro da armadura das vergas foi feito o dimensionamento pelo método das tensões admissíveis o que levou a uma área de aço de 0,33cm², entretanto sob o ponto de vista executivo, costuma-se utilizar valor superior ao encontrado, igualando a armadura de flexão das vergas à armadura de cintas que é apenas construtiva. Foi utilizado 1φ de 10mm que corresponde a 0,8cm².

2.4 CARREGAMENTO

Para a determinação da sobre carga utilizada no carregamento da estrutura foi utilizada a NBR 6120 (1980), norma que prevê cargas para o cálculo de estruturas de edificações. O peso específico das paredes considerado no dimensionamento da estrutura em concreto armado foi de 1300 Kg/m³ considerando alvenaria de tijolos cerâmicos, e no dimensionamento dos blocos de concreto o peso específico da parede foi de 1500 Kg/m³ considerando alvenaria de bloco de concreto revestida. Na tabela 1 está elencado as sobre cargas e cargas permanentes utilizadas nos projetos estruturais. A carga permanente contempla o peso próprio, o revestimento e o enchimento, e na laje do fundo do reservatório o peso das caixas d'água. Cabe lembrar que o Eberick considera o peso próprio automaticamente, entretanto como o dimensionamento dos blocos foi feito manualmente foi utilizado o carregamento exatamente como esta na descrito na tabela.

² Segundo a NBR 6136 (2006) a resistência mínima para blocos estruturais de concreto deve ser de 3MPa.

Tabela 1 - Sobre Carga e Carga Permanente utilizada no cálculo estrutural

Local	Sobre Carga (Kgf/m ²)	Carga Permanente (Kgf/m ²)
Teto do Reservatório	50	370
Fundo do Reservatório	50	1250
Cobertura	50	370
Pavimentos Tipo	150	370

Fonte: Pablo Jacoby

Para o carregamento horizontal foi utilizada como velocidade básica do vento (V_0) 42m/s, o fator topográfico (S1) como terreno plano, a rugosidade do terreno como categoria II, e a classe como B (maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal entre 20m e 50m) e vento de baixa turbulência.

2.5 QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Após a realização dos projetos procedeu-se com a quantificação dos materiais e da mão de obra que foram delimitados na introdução. Os critérios de quantificação adotados no levantamento dos materiais estão elencados na tabela 2.

Com relação ao desperdício, como este é particular de cada construtora não foram consideradas perdas no levantamento dos materiais. Devido ao possível reaproveitamento de formas e escoras estes materiais foram quantificados somente no térreo e 1º pavimento considerando sua reutilização para execução do 2º e 3º pavimento.

Considerando à baixa variação dimensional dos blocos de concreto é possível aplicar o revestimento cerâmico diretamente sobre a parede não havendo necessidade da camada de regularização. Com base nessa informação no levantamento do revestimento argamassado na alvenaria estrutural não foram quantificadas as áreas de revestimento cerâmico. Devido à impossibilidade de se realizar a limpeza dos pontos de graute nas extremidades dos blocos nas paredes externas, foi considerado o grauteamento de dois vazados nestes locais. Sendo um vazado de cada lado do ponto de graute de canto.

Para quantificar os insumos necessários para fabricação do chapisco, da argamassa de assentamento, argamassa de revestimento, graute e concreto das vergas do sistema convencional foi utilizada a TCPO³ (2003).

³ Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos - PINI

Para determinar a quantidade de formas e escoras foram utilizados índices retirados do Trabalho de Conclusão de Curso do Eng. André Felipe Dagostin Pasini. Os valores da mão de obra para execução da alvenaria/estrutura e do revestimento foram obtidos em construtoras locais que trabalham com os dois sistemas construtivos.

O preço médio dos materiais foi retirado da revista Guia da Construção de setembro de 2011. Entretanto os materiais que não constavam na revista para o estado de Santa Catarina foram obtidos em lojas de materiais de construção civil da região.

A espessura de revestimento adotada atende ao limite mínimo⁴ prescrito pela NBR 13749 (1996) onde foram adotados 1,5cm de reboco externo e interno para o sistema convencional e, 1,5 e 0,5cm para o revestimento externo e interno respectivamente na alvenaria estrutural, considerando 0,5cm de chapisco.

Tabela 2 - Critérios empregados na quantificação dos materiais

(continua)

Atividade	Critério de Medição
Alvenaria	Descontado os vãos
Chapisco	Descontado os vãos
Chapisco Colante	Área de forma fornecido pelo Eberick
Chapisco Rolado	Área das lajes
Reboco	Não foram descontados os vãos inferiores a 3m ² a fim de compensar a execução de arremates e arestas
Argamassa de assentamento	Descontado os vãos
Concreto – Aço (Estrutura)	Obtido através da relação de materiais do Eberick
Compensado	Área de forma da laje e da escada fornecida pelo Eberick
Forma	Através de índices
Escoras	Através de índices
Blocos de Concreto	Através do software AutoCAD 3D 2010
Vergas e contra-vergas do sistemas convencional;	
Concreto	Seção transversal do tijolo multiplicado pelo comprimento da verga. Obs: as vergas entre pilares foram estendidas até estes
Aço	Comprimento da verga multiplicado pela armadura unitária (4φ5.0mm e estribos de 5.0mm c/ 20cm)
Forma	Comprimento da verga multiplicado por 2 (Considerando uma tábua de 20 cm em cada lado)

Aço da alvenaria estrutural

⁴ Segundo a NBR 13749 (1996) a espessura mínima para revestimento externo é de 2cm e para revestimento interno é de 0,5cm.

Tabela 2 - Critérios empregados na quantificação dos materiais
(conclusão)

Atividade	Critério de Medição
Tela	A cada duas fiadas nas paredes com junta a prumo
Pontos de Grauteamento	Considerado uma barra de 3,20m em cada ponto (1 ϕ 10mm)
Cintamento	Comprimento das paredes (1 ϕ 10mm)
Vergas e contra-vergas	Comprimento da verga (1 ϕ 10mm)
Vergas e contravergas internas (Pré-moldadas)	Comprimento da verga multiplicado por 2 (2 ϕ 5mm)
Graute	
Pontos de Graute	Área do vazado do bloco multiplicado por 2,60m
Respaldo	Área do vazado do bloco compensador multiplicado pelo comprimento da parede
Vergas e contra-vergas externas	Área do vazado do bloco canaleta multiplicado pelo comprimento da verga
Vergas e contravergas internas (Pré-moldadas)	Volume de cada verga.

Fonte: Pablo Jacoby

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CONCRETO/GRAUTE

Como a alvenaria estrutural não necessita de vigas⁵ e pilares o concreto estrutural resume-se as lajes e escadas, o que gerou uma redução significativa no consumo de concreto estrutural em cerca de 45%. Entretanto a alvenaria estrutural necessita de graute nos detalhes construtivos e nos reforços estruturais das paredes mais solicitadas o que fez com que essa diferença seja reduzida, mesmo quando considerado o concreto utilizado nas vergas do sistema convencional. As tabelas 3 e 4 apresentam os custos do concreto/graute nos dois sistemas e o gráfico 1 um gráfico comparativo.

Tabela 3 - Relação do consumo de concreto/graute – Alvenaria Estrutural

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Graute	36,82	m ³	192,14	R\$ 7.074,47
Concreto	109,50	m ³	237,50	R\$ 26.006,25
			Total	R\$ 33.080,72

Fonte: Pablo Jacoby

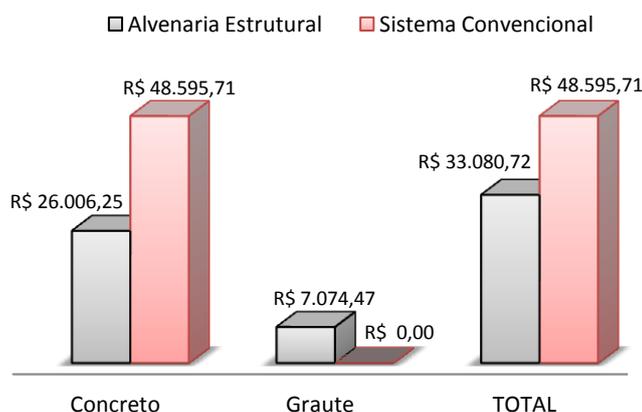
⁵ As únicas vigas consideradas na alvenaria estrutural foram as vigas de baldrame.

Tabela 4 - Relação do consumo de concreto – Sistema Convencional

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Concreto - Vergas	9,06	m ³	207,45	R\$ 1.879,46
Concreto	196,70	m ³	237,50	R\$ 46.716,25
			Total	R\$ 48.595,71

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 1 - Comparativo do consumo de Concreto/Graute



Fonte: Pablo Jacoby

3.2 AÇO

Assim como no concreto/graute devido a redução de elementos estruturais em concreto armado houve uma redução no aço estrutural, mas também devido aos pontos de graute e reforços das paredes mais solicitadas essa diferença foi reduzida, o que levou a uma redução no consumo de aço em 37% a favor da alvenaria estrutural.

Tabela 5 - Relação de consumo do aço – Alvenaria Estrutural

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total	
Aço - Alvenaria Estrutural	5.0	49,50	Kg	3,18	R\$ 157,42
	10.0	1967,50	Kg	3,14	R\$ 6.177,96
	12.5	40,21	Kg	2,88	R\$ 115,81
	Tela	480,00	uni.	1,20	R\$ 576,00
Aço - Concreto Armado	5.0	1403,69	Kg	3,18	R\$ 4.463,74
	6.3	459,57	Kg	4,25	R\$ 1.953,16
	8.0	1327,15	Kg	3,34	R\$ 4.432,69
	10.0	1094,08	Kg	3,14	R\$ 3.435,41
	12.5	11,69	Kg	2,88	R\$ 33,67
			Total	R\$ 21.345,86	

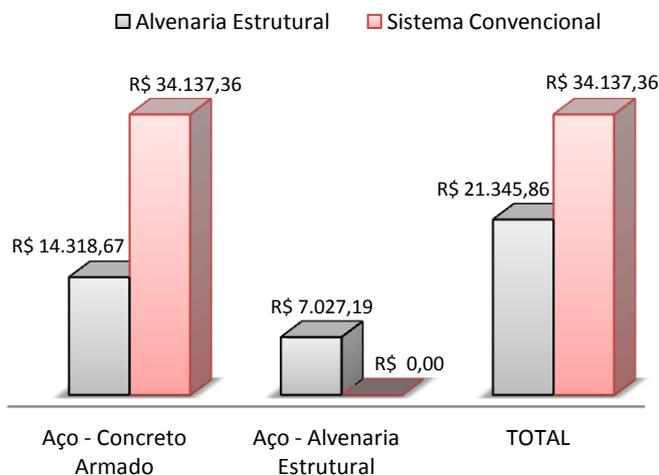
Fonte: Pablo Jacoby

Tabela 6 - Relação de consumo do aço – Sistema Convencional

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Aço - Concreto Armado	5.0	2577,45	Kg	3,18 R\$ 8.196,31
	6.3	472,82	Kg	4,25 R\$ 2.009,48
	8.0	3078,00	Kg	3,34 R\$ 10.280,52
	10.0	3101,27	Kg	3,14 R\$ 9.738,00
	12.5	323,73	Kg	2,88 R\$ 932,33
Aço - Vergas	16.0	268,55	Kg	4,83 R\$ 1.297,07
	5.0	529,45	Kg	3,18 R\$ 1.683,65
			Total	R\$ 34.137,36

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 2 - Comparativo do consumo de aço



Fonte: Pablo Jacoby

3.3 FORMAS/ESCORA

Mesmo considerando o reaproveitamento das formas e escoras a alvenaria estrutural apresentou redução de custos neste item também. Pode-se observar que o consumo de compensado foi o mesmo nos dois sistemas, o que duplicou o consumo de pinus, já que este foi considerado como painéis nas fôrmas dos pilares e vigas. A quantidade de escoras do sistema convencional foi superior devido a necessidade de escoramento das vigas.

Tabela 7 - Relação do consumo de formas e escoras - Alvenaria Estrutural

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Forma (pinus)	24,94	m ³	673,33	R\$ 16.792,85
Forma (compensado)	469,02	m ²	15,85	R\$ 7.433,97
Escora	1927,36	uni.	9,41	R\$ 18.136,46
			Total	R\$ 42.363,27

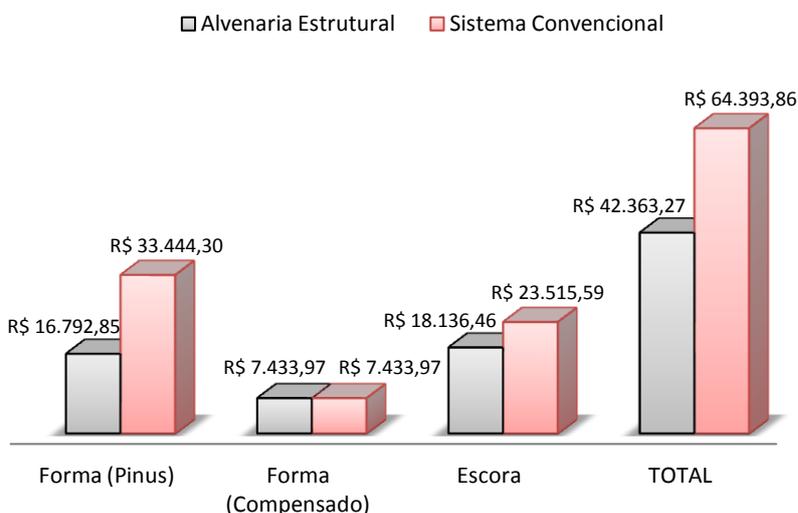
Fonte: Pablo Jacoby

Tabela 8 - Relação do consumo de formas e escoras - Sistema Convencional

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Forma (pinus)	49,67	m ³	673,33	R\$ 33.444,30
Forma (compensado)	469,02	m ²	15,85	R\$ 7.433,97
Escora	2499,00	uni.	9,41	R\$ 23.515,59
			Total	R\$ 64.393,86

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 3 - Comparativo do consumo de forma e escoras.



Fonte: Pablo Jacoby

3.4 ALVENARIA

No levantamento dos materiais para execução da alvenaria pode-se perceber que embora a argamassa de assentamento tenha sido reduzida a menos da metade na alvenaria estrutural, o valor dos blocos de concreto elevaram o preço da alvenaria em cerca de 126% quando comparado ao valor da alvenaria com tijolos cerâmicos. O que já era previsto devido ao custo do bloco de concreto ser demasiadamente superior ao do tijolo cerâmico e também devido a utilização de blocos especiais na

modulação. Nas tabelas 9 e 10 constam as quantidades e valores dos materiais e o gráfico 4 um gráfico comparativo entre os dos sistemas.

Tabela 9 - Relação de materiais da alvenaria - Alvenaria Estrutural

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Blocos	09x19x19	624	uni.	0,98 R\$ 611,52
	09x19x39	416	uni.	1,74 R\$ 723,84
	14x19x19	1400	uni.	1,32 R\$ 1.848,00
	14x19x24	272	uni.	1,96 R\$ 533,12
	14x19x34	5600	uni.	2,26 R\$ 12.656,00
	14x19x39	17015	uni.	2,40 R\$ 40.836,00
	14x19x54	638	uni.	3,98 R\$ 2.539,24
	Pastilha	568	uni.	0,86 R\$ 488,48
	Compensador	4652	uni.	1,06 R\$ 4.931,12
	Bloco U	2426	uni.	1,32 R\$ 3.202,32
	19x19x19	196	uni.	1,88 R\$ 368,48
	19x19x39	1020	uni.	3,44 R\$ 3.508,80
	Argamassa de assentamento	11,58	m ³	198,36 R\$ 2.297,06
			Total	R\$ 74.543,98

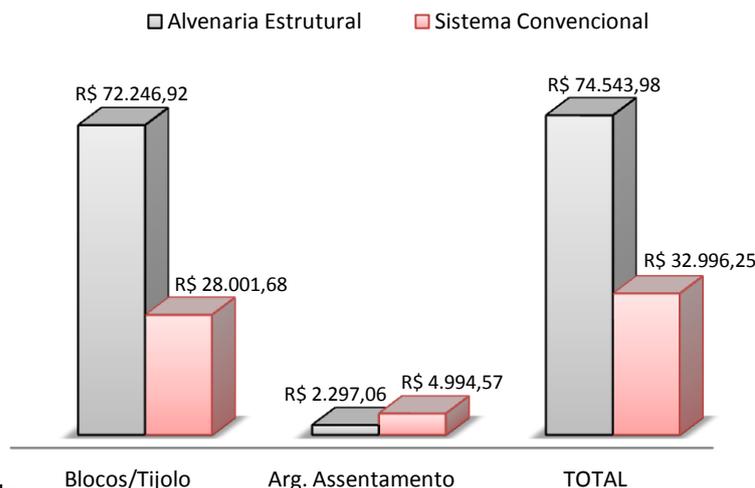
Fonte: Pablo Jacoby

Tabela 10 - Relação de materiais da alvenaria – Sistema Convencional

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Tijolo	45,164	Milheiro	620,00 R\$	28.001,68
Argam. de assentamento	25,46	m ³	196,17 R\$	4.994,57
			Total	R\$ 32.996,25

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 4 - Comparativo de materiais da alvenaria



Fonte: Pablo Jacoby

3.5 REVESTIMENTO

Devido a redução na espessura do revestimento interno e da possibilidade de aplicação do revestimento cerâmico diretamente sobre as paredes na alvenaria estrutural, além do alto valor gasto com chapisco colante na estrutura de concreto no sistema convencional houve uma redução de mais de 52% no consumo de materiais para revestimento.

Tabela 11 - Relação de materiais do Revestimento – Alvenaria Estrutural

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Chapisco	18,66	m ³	264,66	R\$ 4.938,57
Chapisco Rolado	974,47	Kg	1,85	R\$ 1.802,77
Reboco	43,94	m ³	203,10	R\$ 8.924,08
			Total	R\$ 15.665,42

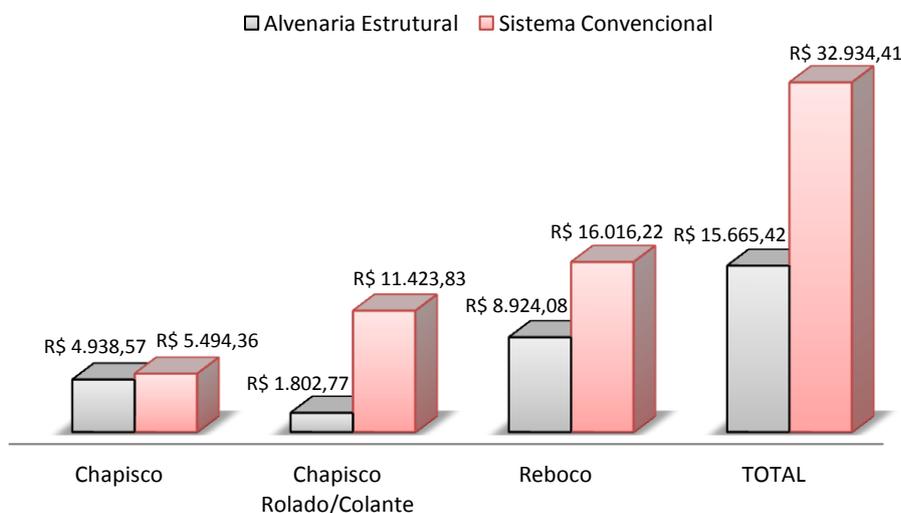
Fonte: Pablo Jacoby.

Tabela 12 - Relação de materiais do Revestimento – Sistema Convencional

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Sub-Total
Chapisco	20,76	m ³	264,66	R\$ 5.494,36
Chapisco Colante	11423,83	Kg	1,00	R\$ 11.423,83
Reboco	78,86	m ³	203,10	R\$ 16.016,22
			Total	R\$ 32.934,41

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 5 - Comparativo de materiais do Revestimento



Fonte: Pablo Jacoby

3.6 MÃO DE OBRA

A empreitada para execução da alvenaria/estrutura na alvenaria estrutural é menor do que no sistema convencional devido a maior produtividade alcançada na alvenaria estrutural. Já a empreitada para execução do revestimento é a mesma para ambos os sistemas, mas como a área a ser revestida na alvenaria estrutural é menor do que no sistema convencional, a mão de obra para execução do revestimento também é menor na alvenaria estrutural do que no sistema convencional.

Tabela 13 - Custo da mão de obra para a alvenaria estrutural

	Serviço	Valor Unitário	Área (m ²)	Sub-Total
	Alvenaria/Estrutura	R\$ 110,88	1028,18	R\$ 114.006,40
Revestimento	Reboco Ext.	R\$ 9,50	1489,62	R\$ 14.151,39
	Reboco Int.	R\$ 8,00	3506,87	R\$ 28.054,96
	Chapisco Ext.	R\$ 1,00	1399,74	R\$ 1.399,74
	Chapisco Int.	R\$ 0,70	2333,01	R\$ 1.633,11
	Chapisco Rol.	R\$ 0,50	812,06	R\$ 406,03
	Total			R\$ 159.651,62

Fonte: Pablo Jacoby

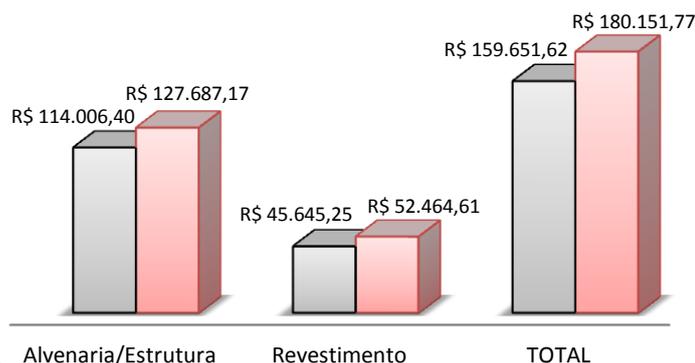
Tabela 14 - Custo da mão de obra para o sistema convencional

	Serviço	Valor Unitário	Área (m ²)	Sub-Total
	Alvenaria/Estrutura	R\$ 124,19	1028,18	R\$ 127.687,17
Revestimento	Reboco Ext.	R\$ 9,50	1489,62	R\$ 14.151,39
	Reboco Int.	R\$ 8,00	4038,23	R\$ 32.305,84
	Chapisco Ext.	R\$ 1,00	1272,14	R\$ 1.272,14
	Chapisco Int.	R\$ 0,70	2878,97	R\$ 2.015,28
	Chapisco Col.	R\$ 1,00	2719,96	R\$ 2.719,96
	Total			R\$ 180.151,77

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 6 - Comparativo da Mão de Obra

□ Alvenaria Estrutural ■ Sistema Convencional



Fonte: Pablo Jacoby

3.7 GLOBAL

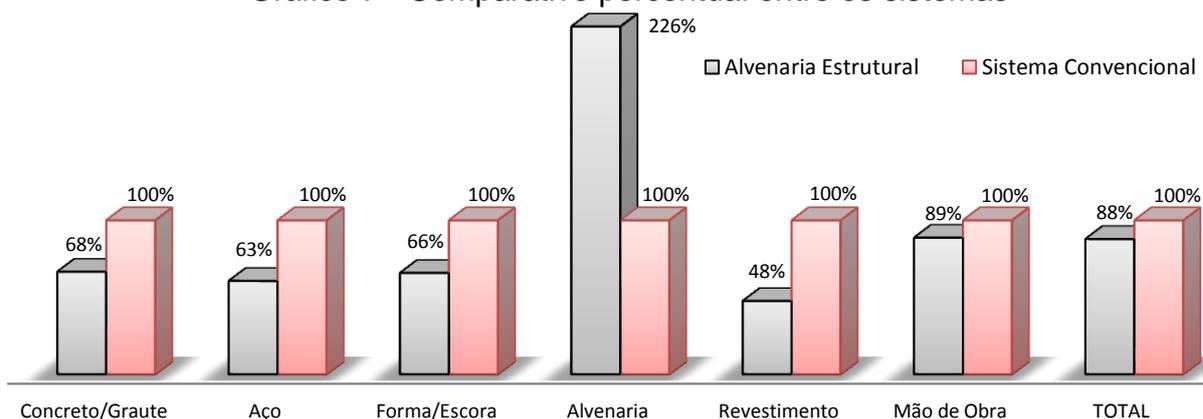
Na tabela 15 está elencado o custo total de cada material e da mão de obra para cada sistema construtivo, e no gráfico 7 estão os mesmos resultados em termos percentuais para melhor interpretação destes.

Tabela 15 - Relação do custo dos subsistemas entre os dois sistemas construtivos

Material / Mão de obra	Alvenaria Estrutural	Sistema Convencional
Concreto/Graute	R\$ 33.080,72	R\$ 48.595,71
Aço	R\$ 21.345,86	R\$ 34.137,36
Forma/Escora	R\$ 42.363,27	R\$ 64.393,86
Alvenaria	R\$ 74.543,98	R\$ 32.996,25
Revestimento	R\$ 15.665,42	R\$ 32.934,41
Mão de Obra	R\$ 159.814,04	R\$ 180.151,77
Total	R\$ 346.813,29	R\$ 393.209,37

Fonte: Pablo Jacoby

Gráfico 7 - Comparativo percentual entre os sistemas



Fonte: Pablo Jacoby

3.8 DISCUSSÕES

Muitos autores e principalmente empresas fornecedoras de blocos de concreto garantem que a alvenaria estrutural de blocos de concreto atinge níveis significativos de economia para situações convencionais, principalmente devido à redução no consumo de formas, aço e revestimento.

Segundo Wendler *apud* SILVA (2002) para edifícios de 4 pavimentos, o sistema de alvenaria estrutural pode produzir uma redução de custos na faixa de 25 a 30% em comparação a estrutura convencional de concreto armado. Este percentual é o mesmo apontado pela maioria das empresas fornecedoras de blocos. (BRICKA).

Fernades (200-?) na comparação de custos realizada em seu trabalho chegou a uma economia a favor da alvenaria estrutural de 22,18%. Em seu trabalho não foram considerados custos relativos à mão-de-obra. As medições da alvenaria estrutural foram realizadas *in loco* já do sistema convencional através de projetos desenvolvidos por este.

Silva (2002) em sua dissertação chegou a uma economia a favor da alvenaria estrutural de blocos de concreto de somente 1,39%. Em seu trabalho para ambos os sistemas foram feitas medições *in loco*. Entretanto de 2002 até os dias atuais houve uma variação acentuada nos valores dos materiais, principalmente no valor do aço que teve um aumento de aproximadamente 350% se tornando difícil uma comparação.

A tipologia de edificação de ambos os trabalhos apresentados eram a mesma do edifício em estudo.

Neste trabalho obteve-se como resultado uma economia de 12% a favor da alvenaria estrutural, confirmando a economia gerada por este sistema construtivo citada por diversos autores. Essa redução de 12% é significativa nos custos para execução de obras. Entretanto o nível de economia atingido ficou bem aquém do que defendem tais autores, porém acima do resultado obtido por Silva (2002).

3.9 ÍNDICES

Com o quantitativo dos materiais foram calculados índices que poderão ser utilizados para pré-orçamentos de projetos em alvenaria estrutural e em concreto armado para esta tipologia de edificação.

Tabela 16 - Índices da Alvenaria Estrutural e do Sistema Convencional

Alvenaria Estrutural		Sistema Convencional	
Blocos	33,8725 uni/m ²	Tijolos	43,9262 uni/m ²
Concreto	0,1065 m ³ /m ²	Concreto	0,1913 m ³ /m ²
Graute	0,0358 m ³ /m ²	Concreto - Vergas	0,0088 m ³ /m ²
Aço - Alvenaria Estrutural	2,0008 Kg/m ²	Aço - Vergas	0,5149 Kg/m ²
Aço - Concreto Armado	4,1784 Kg/m ²	Aço - Concreto Armado	9,5526 Kg/m ²
Forma (pinus)	0,0243 m ³ /m ²	Forma (pinus)	0,0483 m ³ /m ²
Forma (compensado)	0,4562 m ² /m ²	Forma (compensado)	0,4562 m ² /m ²
Escora	1,8745 uni/m ²	Escora	2,4305 uni/m ²
Argamassa de Assentamento	0,0113 m ³ /m ²	Argamassa de Assentamento	0,0248 m ³ /m ²
Chapisco Rolado	0,9478 Kg/m ²	Chapisco Colante	11,1107 Kg/m ²
Reboco	0,0427 m ³ /m ²	Reboco	0,0767 m ³ /m ²

Fonte: Pablo Jacoby

4 CONCLUSÕES

O aumento da competitividade tem levado as construtoras a estudar novas alternativas para reduzir os custos sem perder a qualidade. Dentre os diversos sistemas construtivos existentes, a alvenaria estrutural de blocos de concreto tem conquistado seu lugar no mercado devido a sua racionalização.

Com a realização do estudo pode-se perceber que o único material que se tornou mais caro na alvenaria estrutural foram os blocos, o que elevou o custo da alvenaria em 126%, todos os outros materiais e a mão de obra tiveram seus custos reduzidos em relação ao sistema convencional gerando uma redução de custos final de 12%.

Os resultados deste trabalho se aplicam ao edifício em estudo, sendo difícil a generalização dos resultados devido as variações nas quantidades de materiais e mão de obra conseqüente das particularidades de cada obra. Entretanto pode-se concluir que para edifícios semelhantes ao edifício estudado a alvenaria estrutural em blocos de concreto se apresenta mais economicamente viável que o sistema convencional.

Como na região sul de santa Catarina a alvenaria estrutural é mais utilizada com blocos cerâmicos, estudos futuros poderiam avaliar economicamente a alvenaria

estrutural de blocos cerâmicos com o sistema convencional para verificar se este sistema construtivo também apresenta economia e em quais níveis.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. NBR 10837, Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto: procedimento, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações: procedimento, Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações: procedimento, Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos, Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 13749**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Especificação, Rio de Janeiro, 1996.

Bricka Alvenaria Estrutural: Manual de Tecnologia. Disponível em: <http://www.bricka.com.br/downloads/alv-tec.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2011.

FERNANDES, Manoel Joaquim Gonçalves. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com blocos de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. 200-?. 18 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica do Salvador, Salvador.

Guia da Construção, São Paulo: Pini, set. 2011 n.122.

PASINI, André Felipe Dagostin. **Determinação experimental de índices de consumo de madeira para formas de estruturas em concreto armado na região de criciúma - SC**. 2010. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

RAMALHO, Marcio; CORRÊA, Márcio. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

SILVA, Alisson Hoffmann. **Comparação de custos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural em blocos cerâmico e de concreto**. 2002. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TCPO: Tabelas de composições de preços para orçamentos, São Paulo: Pini, 2003 12 ed.