



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

THADEU WICTOR SILVA MELO

**IMPACTOS CAUSADOS POR FALHAS DE EXECUÇÃO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO**

São Cristóvão/SE

2023

Thadeu Wictor Silva Melo

**IMPACTOS CAUSADOS POR FALHAS DE EXECUÇÃO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Sergipe (UFS), para
encerramento do componente curricular
ENCIV0157 – Trabalho de Conclusão de Curso e
conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Sandra Carla Lima Cardoso

São Cristóvão/SE

2023

**IMPACTOS CAUSADOS POR FALHAS DE EXECUÇÃO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Sergipe (UFS), para
encerramento do componente curricular
ENCIV0157 – Trabalho de Conclusão de Curso e
conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Aprovado em: 21 de julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Sandra Carla Laine Cardoso Nota 9,5

Profª. MSc. Sandra Carla L. Cardoso – DEC/UFS (Orientadora)

Daniel Brito Andrade Nota 9,5

MSc. Daniel Brito Andrade (1º Examinador)

Monalisa Matisse Barreto Oliveira Nota 9,5

Esp. Monalisa Matisse Barreto Oliveira – (2º Examinador)

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ele sempre estar comigo, me iluminando e me dando forças para conseguir seguir em frente, em todos os obstáculos que tive ao longo dessa caminhada, em todas vitórias que eu tive, em todas os fracassos também, em todos os momentos que pensei em desistir, ele que me deu forças e resiliência para seguir em frente e atingir meu objetivo.

A meus pais, minha mãe Lucinês e meu pai Paulo, pelo suporte e todo o esforço que desde criança eles fizeram por mim, desde me levar e buscar na escola no sol quente, até todo investimento financeiro na minha formação. Ao meu pai, por fazer de tudo pra me levar e buscar na escola ou faculdade, fazer meu café de manhã com carinho antes de ir pra escola, faculdade ou trabalho, a minha mãe que até fazer musiquinha pra eu aprender o dever de casa ela fazia, e principalmente a me incentivarem sempre. Com certeza sem vocês eu não conseguiria, vocês são a minha base, muito obrigado.

A minha noiva Maysla, por todo companheirismo, incentivo, por sempre acreditar em mim quando muitas vezes nem eu acredito, você está lá sempre dizendo que vou conseguir, por me incentivar direta ou indiretamente, isso é por nós, por nossa futura família.

Aos meus amigos da faculdade, em especial a Jonas meu irmão de coração, Jamyson, Pedro, Josuel, Gabriel, Matheus, Robert, Luís. Com certeza vocês tornaram essa caminhada mais leve, sempre me ajudando, e por trancos e barrancos, conseguimos!

A minha orientadora, Prof. MSc. Sandra Carla, por todo carinho e suporte nesse trabalho, obrigado por toda compreensão e empatia.

RESUMO

Infelizmente, falhas em processos construtivos geram muitos problemas de ordem técnica e financeira. Diversas manifestações patológicas e custos adicionais de recuperação são alguns desses problemas. Esse trabalho realizou um estudo de caso numa obra com 220 unidades térreas cujo sistema construtivo é alvenaria estrutural com fundação em radier e laje pré-moldada. Foram levantados os prejuízos técnicos e financeiros causados por erros de incompatibilidade de projetos, execução e planejamento. Os problemas mais recorrentes no estágio atual da obra foram investigados, quais sejam: erro na locação dos pontos elétricos, por falta de incompatibilidade de projeto, e erro na dimensão e execução de portas internas e externas. Ambos geraram fissuras, desperdício de materiais e retrabalhos, com gasto estimado de até R\$219 mil para correção, caso não houvesse nenhum tipo de intervenção durante o processo. Foi feito um levantamento detalhado de todas as possíveis consequências desse tipo de conduta, incluindo prováveis manifestações patológicas advindas dessas falhas.

Palavras-chaves: alvenaria estrutural, patologia das construções, falhas de execução, retrabalho, custos das falhas, incompatibilidade de projeto.

ABSTRACT

Unfortunately, failures in construction processes generate many technical and financial problems. Several pathological manifestations and additional recovery costs are some of these problems. This study conducted a case study on a construction project consisting of 220 one-floor houses with a structural masonry system, radier foundation, and precast slab. The technical and financial damages caused by errors in project incompatibility, execution, and planning were identified. The most recurrent problems at the current stage of the project were investigated, namely: errors in the positioning of electrical points due to project incompatibility, and errors in the dimension and execution of internal and external doors. Both issues led to cracks, material waste, and rework, with an estimated expense of up to R\$219,000 for correction if no intervention had taken place during the process. A detailed assessment of all potential consequences resulting from this type of conduct was made, including probable pathological manifestations arising from these failures.

Keywords: Structural masonry, pathology of construction, execution failures, rework, failure costs, project incompatibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmides de Gisé, Basílica de Santa Sofia e Coliseu	16
Figura 2 - Bloco de Concreto Tipo 11,5x19x32	20
Figura 3 - Execução de Graute na alvenaria.....	22
Figura 4 - Argamassa de assentamento.....	24
Figura 5 - Realização do levantamento em campo.....	30
Figura 6 - Escariação do reboco externo.....	31
Figura 7 - Projeto da fachada da residência com áreas escariadas hachuradas.	31
Figura 8 - Execução da resolução do problema.....	32
Figura 9 - Execução da resolução do problema.....	32
Figura 10 - Quebra de alvenaria na casa número 5.....	34
Figura 11 - Quebra de alvenaria na casa número 5.....	35
Figura 12 - Quebra de alvenaria na casa número 5.....	35
Figura 13 - Quebra de alvenaria na casa número 2.....	36
Figura 14 - Quebra de alvenaria na casa número 2.....	36
Figura 15 - Quebra de alvenaria na casa número 2.....	37
Figura 16 - Quebra de alvenaria na casa número 4.....	38
Figura 17 - Quebra de alvenaria na casa número 4.....	38
Figura 18 - Quebra de alvenaria na casa número 1.....	39
Figura 19 - Quebra de alvenaria na casa número 1.....	39
Figura 20 - Quebra na alvenaria casa nº 2.....	40
Figura 21 - Quebra de alvenaria na casa número 2.....	40
Figura 22 - Serviço das dimensões das portas internas finalizado.	45
Figura 23 - Serviço das dimensões das portas internas em execução.....	46
Figura 24 - Problema na espessura para colocação dos alisares.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resistência do Bloco	21
Tabela 2 - Propriedades das argamassas	24
Tabela 3 - Valores das dimensões dos furos casa nº 5.....	34
Tabela 4 - Valores das dimensões dos furos casa nº 2.....	36
Tabela 5 - Valores das dimensões dos furos casa nº 4.....	37
Tabela 6 - Valores das dimensões dos furos casa nº 1.....	39
Tabela 7 - Valores das dimensões dos furos casa nº 2.....	40
Tabela 8 - Comparativos dos prejuízos.....	42
Tabela 9 - Prejuízo no serviço do problema na instalação das portas externas.....	44
Tabela 10 - Dimensão da quebra no serviço das portas internas.....	47
Tabela 11 - Valores gastos nas portas internas por casa	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dimensões dos furos em cm ³	32
Gráfico 2 - Valores máximos e mínimos das dimensões dos furos	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.0	Objetivo geral.....	15
2.1	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	Breve histórico	16
3.2	Definição	18
3.2.1	Normas regulamentadoras	19
3.2.2	Materiais	20
•	Bloco de concreto.....	20
•	Classe e resistência do bloco de concreto.....	20
•	Graute	21
•	Armadura	22
•	Compatibilização de projetos.....	23
•	Argamassa.....	23
•	Normativas nacionais e estrangeiras sobre as diretrizes que devem ser seguidas na execução de cortes em alvenarias estruturais	24
•	Norma Americana TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5 - 08.....	25
•	Norma Australiana AS3700 (2011).....	25
•	Norma indiana is: 1905 (1987)	26
4	METODOLOGIA	28
4.1	Problema na locação dos pontos elétricos	29
4.1.1	Materiais e equipamentos:	29
4.1.2	Métodos	29

4.2	Erro na execução do reboco externo e erro na dimensão das portas internas.....	30
4.2.1	Materiais:	30
4.2.2	Métodos	30
5	RESULTADOS.....	33
5.1	Problema na locação dos pontos elétricos	33
5.1.1	Análise específica dos prejuízos financeiros no serviço do chumbamento das caixinhas elétricas	41
5.2	Erros encontrados durante a execução das portas	42
5.2.1	Portas externas	42
5.2.2	Portas internas	45
5.3	Análise de possíveis falhas estruturais	48
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Em execuções de obras podem ocorrer diversos problemas como atraso de fornecimento de materiais, falta de compatibilização de projetos, erros na gestão e no planejamento de obra, mão de obra não qualificada, dentre outros, que podem acabar gerando diversos prejuízos financeiros e estruturais para a obra em questão.

Conforme afirma Antunes (2011, p.62) “Os problemas patológicos têm origem relacionada a algum erro ou falha cometida em alguma fase do processo da construção civil, como projeto, execução ou utilização de produtos de má qualidade”.

Esse estudo foi realizado em uma obra horizontal com 220 unidades, cujo sistema construtivo é alvenaria estrutural com fundação em radier e laje pré-moldada. Constatou-se vários problemas que neste presente trabalho serão abordados, mas, devido à maior incidência, três deles terão prioridade nesse estudo, quais sejam: o erro dos pontos elétricos ao realizar o chumbamento das caixinhas elétricas, o erro na dimensão das portas internas e erro de execução do reboco externo notado ao realizar a instalação das portas externas.

Tais problemas irão gerar ao final da obra prejuízos financeiros como gastos a mais de material e retrabalho não contabilizados no orçamento inicial da obra, além de problemas técnicos que irão se tornar evidentes após o empreendimento ser entregue, aumentando a demanda do setor de manutenção da empresa responsável pela construção do empreendimento.

O presente trabalho é desenvolvido em 6 capítulos, sendo o capítulo 1, a introdução, explicando o contexto geral do trabalho e sua estrutura.

O capítulo 2, é objetivo geral e específicos do trabalho, ou seja, o trabalho terá o foco atingir esses objetivos.

No capítulo 3, é desenvolvida a Revisão Bibliográfica, com o breve histórico, definições, explicações do sistema construtivo, e dos materiais utilizados, além de discorrer sobre o principal problema que é a falta de compatibilização de projetos, como também, normas e diretrizes sobre cortes em alvenaria estrutural.

No capítulo 4, temos a Metodologia de estudo, em que foi explicado como o levantamento em campo para a coleta de dados foram realizados, e como os cálculos para conseguirmos chegar nos resultados foram efetuados, além dos dados da amostragem do levantamento de cada serviço e de como a intervenção para resolução dos problemas foi feita.

No capítulo 5, foram demonstrados os resultados dos prejuízos financeiros que a obra terá, que foram explicados através de gráficos e tabelas, comparativos entre valores dos

prejuízos caso não houvesse nenhum tipo de intervenção, além de uma análise dos possíveis problemas estruturais.

Segundo estudos de Helene (1992), a maior parte das manifestações patológicas tem origem nas etapas de projeto. Nesse estudo de caso, a falta de compatibilização de projeto foi evidenciada principalmente no caso do erro da locação dos pontos elétricos, ocasionando quebras na alvenaria estrutural não previstas em projeto para uma correta locação desses pontos, que futuramente irão gerar problemas técnicos a edificação, como fissuras e trincas, além de que, para resolução do problema, irá gerar prejuízos financeiros a obra. No caso do problema das dimensões das portas internas a falta de compatibilidade do projeto estrutural com o projeto arquitetônico, também acarreta os mesmos problemas técnicos e financeiros citados acima.

Outro problema evidenciado foi a falta de instrução dos profissionais responsáveis pela colocação dos pontos elétricos, uma vez que, sem a devida instrução dadas a eles, tais profissionais não mediam esforços ao fazer cortes numa parede estrutural, causando com isso, danos estruturais severos.

Além da falta de instrução, a mão de obra não qualificada na execução do reboco externo deixando a fachada fora de prumo, uma vez que, a NBR 7200 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, menciona que a fachada deve estar devidamente alinhada, também foi um problema, ocasionando a retirada de reboco já executado, e em algumas unidades a retirada de revestimento externo que também já tinha sido executado, ocasionando assim um enorme prejuízo financeiro.

Vale ressaltar que é de suma importância uma visão minuciosa desses problemas, uma vez que, esses detalhes em obra, muitas vezes acabam passando despercebidos, evidenciando erros principais também na gestão da obra, ocasionando prejuízos não contabilizados no orçamento inicial da obra, além de prováveis complicações estruturais, que vão ser resolvidas pela própria construtora no setor de manutenção futuramente.

Nesse contexto, o presente trabalho realizado através de um estudo de caso, busca quantificar os prejuízos de materiais e retrabalho, propor soluções para os problemas, demonstrar em valores, o prejuízo antes e depois da intervenção, além de abordar futuros problemas estruturais decorrentes dessas falhas.

2 OBJETIVOS

2.0 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral mostrar prejuízos financeiros e técnicos, causados por erros de execução, incompatibilidade de projetos e planejamento deficitário em uma obra de alvenaria estrutural.

2.1 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento das falhas mais comuns durante a execução da alvenaria estrutural;
- Calcular os prejuízos financeiros para a obra, decorrentes dos erros do serviço em questão;
- Propor possíveis soluções para a diminuição dos prejuízos financeiros e estruturais;
- Comparar os valores dos prejuízos antes e depois da intervenção;
- Analisar os possíveis problemas estruturais decorrentes dos erros devido à quebra não prevista em projeto da alvenaria estrutural.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Breve histórico

A alvenaria é um método construtivo que é usado desde a idade antiga, visto que dessa época até poucas décadas atrás era executada de forma empírica. Diante disso gerava construções e monumentos um tanto quanto exagerados se forem comparados com as construções utilizando o mesmo método hoje em dia. (Grifos Nossos, 2023)

Figura 1 - Pirâmides de Gisé, Basílica de Santa Sofia e Coliseu



Fonte: Lisboa (2019)

Dentre todos os métodos construtivos as obras executadas em alvenaria possuem um índice superior no quesito de aceitação pelo homem, tanto hoje como na antiguidade esses tipos de obra eram executados com maior frequência. Os monumentos e construções datados de A.C ainda permanecem de pé, algumas delas ainda são usadas, referenciando a durabilidade e qualidade das obras, como também, o aceitação deste método e do material ao longo dos séculos. (Duarte, 1999).

É notável e possível acreditar que o esforço em ter que trabalhar utilizando-se pedras de grandes dimensões fez com que os povos da idade antiga passassem a utilizar peças cada vez menores até chegar nos tijolos como são conhecidos atualmente. O uso de tijolos possuindo dimensões menores proporcionou a execução de novas obras com arcos e abóbadas, dentre essas obras provavelmente foram os povos Assírios A.C, que executaram grandes fortalezas com o uso de uma estrutura totalmente em alvenaria (Roman, 1999, p. 07).

De acordo com Sampaio (2010), com o avanço das tecnologias nas construções e dos métodos construtivos, e com o advento de novos materiais, a alvenaria foi sendo melhorada com a criação de métodos e procedimentos executivos. Antes era executada de maneira empírica e passou a ser erguida com técnicas de dimensionamentos específicos que foram evoluindo até chegar na alvenaria estrutural como é executada atualmente.

Ainda de acordo com Sampaio (2010), em 1950, o engenheiro suíço Paul Haller fez o dimensionamento e a execução de um edifício que continha 13 pavimentos e 42 metros de altura, mesmo sendo um edifício de alvenaria não armada. O prédio consistia em paredes externas possuindo aproximadamente 38 cm e paredes internas com 15 cm, um marco para a época em que foi construído.

Camacho (2001), afirma que na década de 50 o uso desse método ganhou um alavanco após vários testes experimentais na Europa; a partir disso foi possível a criação das normas para o dimensionamento de projetos e execução de obras em alvenaria estrutural, tornando-se esse sistema mais competitivo em relação a outros existentes na época.

Portanto, a alvenaria estrutural pode ser considerado um método já implantado no Brasil desde a antiguidade, utilizado em diversos tipos de obra, tanto em residenciais de padrão médio ou baixo, até obras de alto padrão social. Contudo ainda necessita de evoluções e estudos na área técnica, ainda incipiente, principalmente em defeitos considerados crônicos nesse sistema construtivo. Uma das carências de estudo nessa área são os cortes realizados nas paredes depois de prontas para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas, o que não haveria necessidade uma vez que os blocos possuem furos na vertical para facilitar esse trabalho. Ainda não se estudou de forma suficiente sobre os prejuízos gerados com a perda de capacidade de carga na estrutura provenientes desses cortes à posteriori (Grifos Nossos, 2023).

3.2 Definição

Segundo Neto, Peluso e Carvalho (2011) a alvenaria estrutural é um método construtivo onde se emprega as paredes da alvenaria como estrutura, são elas que recebem as cargas provenientes das lajes e pavimentos superiores, diferentemente de outros métodos como o concreto armado onde essas cargas são absorvidas pela laje, vigas e pilares.

É um sistema que possui em seu método construtivo paredes que são executadas com blocos de concreto ou cerâmicos, onde possuem duas funções primordiais, vedação e estrutura, ou seja, diferentemente da alvenaria convencional onde só possui a função de vedação, nesse método a função de estrutura também é atribuída, sendo assim recebendo todas as cargas provenientes do próprio peso das paredes, da laje, da cobertura e das cargas fixas como pessoas, móveis e objetos (Rodrigues, 2018).

É possível também que a alvenaria estrutural possa ser definida como um método construtivo onde a principal característica é a presença de paredes de alvenaria e lajes como sendo parte da estrutura do edifício (Franco, 1992).

Camacho (2001) tem como definição “Um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo”.

“A alvenaria estrutural é muito utilizada em construções verticais com pavimentos tipo e repetições de layout, pois a alvenaria é a peça fundamental. Ao mesmo tempo em que é um elemento de vedação é o elemento estrutural do prédio, assim sendo o prédio que tem seus pavimentos tipo é um item muito favorável para a estabilidade da estrutura, aplicando, assim, sua carga sempre verticalmente em um ponto em comum”. (Pastro, 2007)

Segundo Santos e Figueiredo (2017), no geral, é um método estrutural com um custo bem abaixo se comparado ao método convencional de concreto armado, pois apresenta redução no orçamento diante da retirada dos pilares e vigas que possuem um valor executivo maior do que a execução da alvenaria. Contudo é necessária uma análise para determinar se o projeto é viável devido ao tipo de construção.

Este método construtivo tem como sua principal definição a particularidade das paredes serem executada em alvenaria e possuírem função estrutural, desta forma, são autoportantes e todo esse sistema fica envolvido no suporte do edifício. Com isso necessita ser executado seguindo todos os parâmetros impostos pelo projeto e seguindo restritivamente as normas executivas e garantindo a segurança da execução (Tauil; Nese, 2010).

Menezes, (2018) afirma que nesse método construtivo é obrigatório que o profissional atuante nesse tipo de construção, tenha experiências na área e conhecimento técnico para assim evitar problemas futuros; além disso, é de extrema importância que os projetos complementares estejam compatibilizados entre si porque não é admissível cortes nas paredes já que possuem função estrutural. O mesmo autor também afirma que com o crescimento do uso desse sistema construtivo em âmbito nacional fica imposto aos engenheiros responsáveis a sua correta execução. Caso contrário, acontece o que Silva, Jonov (2014) menciona ao citar que 51% das manifestações patológicas na engenharia civil acontecem devido a problemas na execução, ou seja, falta de experiência.

3.2.1 Normas regulamentadoras

As normas regulamentadoras que possuem a função de estabelecer os requisitos mínimos relativos à unidade (bloco) de concreto e cerâmica são:

A NBR 6136 (2016) estabelece as resistências mínimas a compressão tanto para blocos de concreto quanto para blocos cerâmicos com função estrutural. Ela explica que a resistência deve ser de 3 MPa para edifícios de até cinco pavimentos. Caso o edifício tenha mais que cinco pavimentos fica obrigatório o uso de blocos com resistência mínima de 4 MPa.

Já a NBR 15270-1 (2017) estabelece que a resistência mínima característica para blocos cerâmicos com função estrutural deve ser de 3,0 MPa.

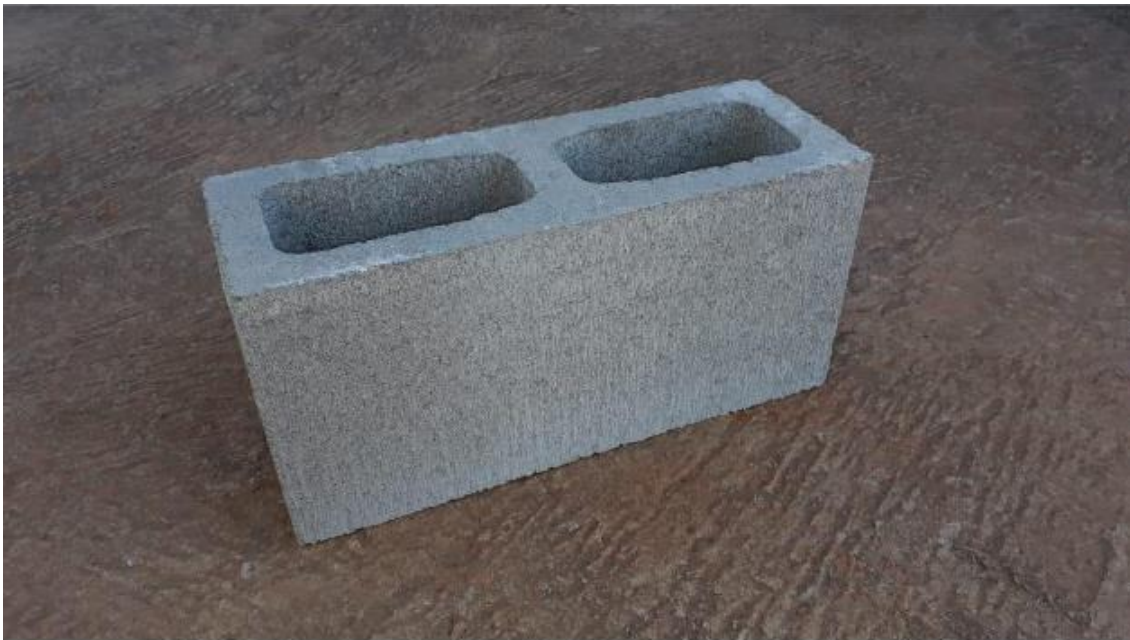
Os métodos de ensaio para os cálculos de resistência característica mínima a compressão axial é executada de acordo com o que está descrito na norma NBR 12118 (2013), aplicando-se a blocos de concreto e na NBR 15270-2 (2017) para blocos cerâmicos com função estrutural.

3.2.2 Materiais

- Bloco de concreto

Pode-se dizer que os blocos fazem parte dos componentes primordiais de uma construção utilizando-se a alvenaria estrutural, pois são eles que determinam a resistência à compressão e impõem as técnicas de modulação que serão instauradas no projeto (CAMACHO, 2003). A figura 02 ilustra um dos tipos de blocos mais usados na construção.

Figura 2 - Bloco de Concreto Tipo 11,5x19x32



Fonte: Garroni (2022)

ABNT NBR 6136 (2016) é a norma que determina quais são os requisitos e termos aceitáveis de produção e aceitação dos blocos de concreto, além de especificar os materiais que são utilizados na fabricação como: Cimento Portland, água, agregados e aditivos. Outra informação passada por essa norma é o fato que os blocos vazados de concreto recebem essa denominação devido ao fato de que a unidade deve conter uma área líquida igual ou inferior a 75%.

- Classe e resistência do bloco de concreto

São divididos em 3 classes:

- Classe A: Possui função estrutural, pode ser considerada a classe mais resistente podendo ser usada em alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- Classe B: Possui função estrutural, mas nesse caso contém uma resistência inferior se comparada a classe A e só pode ser usada em alvenaria acima do nível do solo;
- Classe C- Da mesma que as classes A e B, a classe C também possui função estrutural, contudo, com uma diferença significativa em resistência, só podendo ser usada em alvenarias acima do nível do solo.

Todas as classes apresentadas são impostas e devem serem seguidas restritivamente através da norma ABNT NBR 6136 (2016).

Continuando e usando a mesma referência, é possível notar que a norma também trata no quesito resistência do bloco, a escolha do grau de resistência pode ser referenciada a classe do bloco de concreto, a tabela a seguir mostra todos os grau e requisitos para atender os requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração.

Tabela 1- Resistência do Bloco

Classificação	classe	Resistência característica à compressão axial Mpa	Absorção %				Retração %
			Agregado normal		Agregado leve		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

- Graute

O grauteamento é uma técnica utilizada a bastante tempo nesse tipo de modelo construtivo, sua principal função é reforçar a alvenaria estrutural. É executada através do preenchimento de vazios dos blocos e com isso aumentando a resistência da parede aos esforços mais frequentes como: flexão, cisalhamento e compressão. Possuindo também a função de unir a alvenaria com a armadura concentrada em seus vazios (Sampaio, 2010).

O autor segue afirmando, para que a execução do graute seja bem-sucedida é preciso que o mesmo seja feito com um concreto bem fluido e com agregados de pequenas dimensões, desta forma ele vai ter a capacidade de preencher os vazios de forma uniforme e homogênea.

O graute é um tipo de material composto de cimento, água, agregado de diferentes dimensões se limitando a 9,5 mm (Camacho, 2006).

Já de acordo com Mohamad (2015), o graute atua com grande influência na resistência da alvenaria, contudo, essa influência deve ser avaliada em laboratório, isso de acordo com a sua utilização, em concordância com as NBR 15812-1 (2010) e a NBR 15961-1 (2011). Ainda de acordo com o mesmo autor, esse acompanhamento e avaliação da verificação da resistência a compressão deve ser utilizado um ensaio muito comum em obras de alvenaria estrutural, ensaio de compressão de prismas, segundo os métodos que são descritos nas NBR 15812-2 (2010) e a NBR 15961-2 (2011).

A Figura 03 a seguir mostra esta etapa e a forma como ela é executada.

Figura 3 - Execução de Graute na alvenaria.



Fonte: RIVERS (2008) apud SILVA (2013)

- Armadura

Sampaio (2010) afirma, as armaduras utilizadas em projetos de concreto armado também podem ser utilizadas em alvenaria estrutural, a depender do projeto que esteja sendo utilizado, possuem como uma de suas principais funções aumentar a capacidade de carga na parede, em situações bem específicas na alvenaria estrutural podem funcionar como vergas ou contravergas ou funcionam apenas para auxiliar e melhorar os reforços internos.

De acordo com Pastro (2007), mesmo o método construtivo não sendo em concreto armado, existem peças na alvenaria estrutural que é imprescindível o uso de aço, como por

exemplo nas vergas e contravergas. Essas peças com o auxílio do aço passam a se tornas vigas que recebem cargas de compressão e de tração, diante disso o aço tem boas referências em resistir a ações de tração.

O autor ainda afirma que em casos bem peculiares onde existem vãos que não seja possível que a alvenaria trabalhe por si só, desta forma fica necessário o uso de aço na armadura. Nesses casos são necessários estudos mais aprofundados para uma melhor medida a se tomar diante do tipo de estrutural a ser executada.

- Compatibilização de projetos

A Sebrae (1995) afirma que a compatibilização de projetos pode ser definida como uma análise e um programa de gerenciamento de projetos correlacionados, buscando a correlação e verificando se os projetos se coincidem e se encaixam para garantir uma execução segura e longe de problemas.

Graziano (2003) concorda e afirma, a compatibilização pode e deve ser definida como um atributo de projeto, cujos itens do sistema possam acabar conflitando entre si, além disso, é necessário que os dados dos projetos sejam seguidos de forma rigoroso até o final da obra.

Mello (2006) realizou um estudo onde ele aborda quais são as necessidades e dificuldades em correlacionar o projeto estrutural com o projeto arquitetônico na alvenaria estrutural, o estudo foi concluído e foi declarado que a elaboração adequada de projetos só deve ser feita através de equipes multidisciplinares e da coordenação entre os projetistas, desta forma é possível conduzir projetos seguindo os mesmos parâmetros executivos e sem problemas de compatibilização.

A compatibilização de projetos deve ser orientada e executada através de engenheiros ou arquitetos, desta forma é possível avaliar os diversos projetos, identificar quais são os pontos em que vai ocorrer interferências entre projetos e com isso anexar os problemas. Após a verificação de todo o quadro de projetos, o orientador vai solicitar todas as correções solicitadas, deste modo, o projeto final irá permitir uma construção sem a necessidade de correções. Essa é a única alternativa a ser tomada para elevar o padrão de qualidade e execução em nível global, e conseqüentemente, melhorar as condições para execução da construção (Mohamad, 2015).

- Argamassa

Sampaio (2010) explica que a argamassa é composta por agregados miúdos, cimento, cal e água. Em casos específicos é usado aditivos que possam acelerar ou retardar o período de pega. Ela é utilizada nas juntas verticais e horizontais dos blocos e tem função de unir os

elementos da alvenaria, absorver deformações e prevenir a entrada de água, vento nas edificações. A figura 04 mostra a forma como ela deve ser aplicada na alvenaria, horizontalmente e verticalmente.

Figura 4 - Argamassa de assentamento



Fonte: Autor 2023

Com o objetivo de fazer um estudo, Khoo e Hendry (1973) buscaram avaliar quais eram os componentes TRIAXIAL da argamassa e mostrar quais são os mecanismos de ruptura das alvenarias a compressão, estabelecendo requisitos referentes as novas propriedades que as argamassas, sendo que, o estudo aborda em estado fresco e em estado enrijecido. (Mohamad, 2015).

Tabela 2 - Propriedades das argamassas

Estado Fresco	Estado endurecido
Consistência	Resistência à compressão
Retenção de água	Aderência superficial
Coesão da mistura	Durabilidade
Exsudação	Capacidade de acomodar deformações (resiliência)

NBR 15961-1 (2011), ela procura indicar quais são as argamassas destinadas ao assentamento de blocos cerâmicos e de concreto, respectivamente. Para a resistência à compressão, deve ser atendido o valor mínimo de 1,5 MPa e o máximo limitado a 70% da resistência do bloco.

- Normativas nacionais e estrangeiras sobre as diretrizes que devem ser seguidas na execução de cortes em alvenarias estruturais

De acordo com Milani (2019), as normas Brasileiras que tratam sobre o projeto de edificações em alvenaria estrutural são as NBR 15812-1 (2010) e a NBR 15961-1 (2011), a 15812 aborda o quadro executivo em bloco cerâmicos e 15961 trata sobre os blocos de concreto.

Os estudos das normas não trazem informações suficientemente e entrega poucas orientações sobre a ocasião em que é preciso realizar cortes na alvenaria estrutural, desta forma elas só apresentam algumas limitações que vão ser apresentadas a seguir:

- Limita o comprimento dos cortes horizontais individuais em 40 cm;
 - O comprimento acumulado de cortes horizontais realizados na mesma parede não pode exceder 1/6 do comprimento total da parede;
 - Para o caso de corte em paredes na vertical ela passa a seguinte informação, corte que excedam 60 cm acaba tornando a alvenaria em dois elementos distintos;
 - É proibido a instalação de condutores de fluidos pressurizados embutidos nas paredes, mas é possível quando a instalação e manutenção do mesmo não exigir cortes na estrutura.
- Norma Americana TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5 - 08

Esta norma de origem americana não relata muitas informações a respeito dos problemas na estrutura derivados desses cortes. Em comparação com a norma brasileira, ela apenas determina que cortes ou recuo executados nas paredes estruturais acima de 30,5 cm devem ser assegurados com o apoio de vergas.

Ela também dita que qualquer corte, abertura ou recuo em paredes de alvenaria que sofrem compressão, ou seja, paredes estruturais devem ser dispensadas da área que deve ser dimensionada. Por mais que a norma apresente pouquíssimos fatos, ela mostra que a existência de cortes influencia na resistência e na estrutura como um todo.

- Norma Australiana AS3700 (2011)

A norma australiana apresenta alguns fatos considerados importantes, qualquer corte, furo, recuo ou abertura executados em paredes estruturais devem ser levados em conta no dimensionamento, desta forma, a alvenaria vai apresentar o desempenho esperado em projeto, da mesma forma que, desempenho esperado na área de isolamento acústico, térmico, resistência ao fogo e entre outras propriedades esperados em projeto, ou seja, ela apresenta informações semelhantes aos da norma americana, quando se diz respeito a cortes e aberturas na alvenaria.

A norma também mostra casos específicos como recortes executados em paredes que tem a função de isolamento em caso de incêndio devem ser intrinsicamente evitados. Esses cortes podem causar interferências e diminuição no tempo de resistência ao fogo, esses efeitos podem ser evitados seguindo os critérios:

Paredes carregadas unicamente verticalmente:

- Cortes na vertical: desprezível;
- Cortes na horizontal com comprimento menor que quatro vezes a espessura: desprezível;
- Cortes na horizontal com comprimento maior que quatro vezes a espessura: deve ser considerado e baseado na espessura do corte.

Paredes com carregamentos verticalmente e horizontalmente:

- Onde o comprimento do corte é menor que a metade da altura, para cortes verticais, ou metade do comprimento, para cortes na horizontal: desprezível;
- Onde o comprimento do corte é maior que a metade da altura, para cortes na vertical, ou metade do caminho do comprimento, para cortes horizontais: se baseando na espessura da parede.

A norma informa outros parâmetros de controle com relação a esse caso, mas não agrega em informações sobre o assunto citado na monografia.

- Norma indiana is: 1905 (1987)

A norma em questão apresenta um tópico específico sobre requisitos na alvenaria, neste tópico existe um subitem que trata apenas das mesmas orientações encontradas nas normas anteriores para cortes e aberturas em alvenaria. No subitem é apresentado que os cortes são permitidos, no entanto, não podem prejudicar a resistência ou estabilidade da estrutura, sendo que, na alvenaria estrutural esses cortes devem estar detalhados e previstos no projeto.

Mas diferentemente das outras normas, ela aborda que se cortes, recuos ou furos não previstos em projeto, ainda assim podem ser executadas, contanto devem seguir parâmetros específicos destacados a seguir:

Geral:

- Usar cortes verticalmente e evitar cortes na horizontal;
- No caso de furos para suporte para torre de andaimes devem ser mantidos afastados dos apoios de vigas ou cargas concentradas. Quando não for possível seguir esse quesito, as tensões geradas no local da ancoragem devem ser verificadas para garantir que estejam dentro dos parâmetros de segurança;
- Cortes, furos ou recuo são restritivamente proibidos em paredes cujo o comprimento é menor que quatros vezes a espessura;
- Os cortes em paredes resistentes apenas por meio tijolo não devem ser realizados;

Cortes verticais:

- Profundidade máxima de $1/3$ da espessura da parede;

- Largura não podendo ultrapassar a espessura da parede;
- Os cortes devem ser separados por no mínimo 2m;
- Afastamento de no mínimo 34,5 cm até abertura de portas ou janelas.

Cortes horizontais:

- Profundidade máxima de $1/6$ da espessura da parede/
- Largura máxima de 6cm;
- As localizações dos cortes devem ser nas partes superior ou inferior da parede;
- Comprimento máxima por corte de 1m;
- Máximo de dois cortes por parede;
- As somas dos comprimentos dos cortes executados nas paredes não devem exceder um quarto do comprimento.

4 METODOLOGIA

A obra utilizada nesse estudo de caso, é uma obra horizontal onde a primeira etapa consiste na construção de 220 casas térreas construídas com a fundação em radier, todas em alvenaria estrutural e laje pré-moldada. O tempo para a entrega dessas 220 unidades é de um ano e meio, e para o empreendimento completo que são 391 casas, tem um prazo de entrega de três anos.

Ao analisarmos o serviço de chumbamento das caixas elétricas, notamos que os pontos estavam divergentes do projeto arquitetônico, sendo necessário a quebra das paredes para colocar os conduítes nos pontos corretos, com isso, decidimos quantificar o prejuízo por conta do retrabalho e do gasto extra de material, assim, realizamos o levantamento de 25 casas para a amostragem desses valores, sendo a ordem das casas escolhidas para intervenção de forma aleatória, totalizando 8 casas realizadas a intervenção nesse serviço, dentro do total da amostragem.

A intervenção consistiu basicamente em instruir os profissionais em uma reunião com todos os encarregados e colaboradores responsáveis que realizam a quebra na parede estrutural para a colocação das caixinhas, a quebrarem o mínimo possível, além de utilizar um fio guia com um pedaço de aço na ponta, para com a audição, localizar o final da tubulação que se encontrava em pontos errados e quebrar a parede o mínimo possível, podendo também ao invés de quebrar toda face do bloco realizar pequenos furos em sua lateral apenas para a passagem dos conduítes e colocação nas cotas corretas.

Para o serviço no erro da dimensão das portas externas, foram analisadas as 60 primeiras casas no qual o serviço já tinha sido realizado; em todas elas esse problema foi detectado, sendo que em 30 unidades o revestimento externo também já tinha sido realizado, sendo necessária a remoção tanto do revestimento externo quanto do reboco, ocasionando piores prejuízos financeiros. Nas portas internas, em 25 casas analisadas na amostragem, o problema se evidenciou em todas as unidades.

4.1 Problema na locação dos pontos elétricos

4.1.1 Materiais e equipamentos:

A ferramenta utilizada para o levantamento das aberturas nas paredes foi uma trena metálica.

4.1.2 Métodos:

Ao chegar na etapa da colocação das caixinhas elétricas, o profissional de elétrica, com o auxílio de uma furadeira, marreta, e talhadeira, começa a realizar a abertura nas paredes, e ao se deparar com os problemas de divergência dos pontos elétricos para onde realmente deveria estar, ele começa a fazer os maiores rasgões na parede.

Após a finalização da casa e as aberturas feitas antes do chumbamento das caixinhas, o levantamento das dimensões das aberturas na parede de bloco estrutural foi realizado. Com uma trena, foi medida o comprimento, a altura e a profundidade dessas aberturas, e logo após foi feita a subtração da dimensão da caixa elétrica (5x6) podendo a partir desses dados, calcularmos o volume gasto de argamassa para o assentamento completo da caixa.

A equação utilizada para encontrar os valores foi:

- $\text{Comprimento da área quebrada} \times \text{altura da área quebrada} \times \text{profundidade (espessura do bloco)} - (\text{Comprimento da caixa} \times \text{altura da caixa})$

Uma vez que, nessa obra, fazendo a compra de massa pronta de uma concreteira, o valor do m³ dessa massa é de 416,90 reais. Para conseguirmos encontrar o valor gasto por casa, basta uma regra de três simples. Se 1 m³ equivale a 416,90 reais, “x” m³ irão valer “x” reais.

Para conseguirmos calcular o prejuízo causado pelo retrabalho, ou seja, o tempo gasto pelo pedreiro para realizar esse serviço, montamos uma composição simples do pedreiro com seu salário e encargos sociais, uma vez que, não é o objetivo principal desse trabalho mensurar

esse valor exato. Fizemos a multiplicação pela quantidade de pedreiros realizando esse serviço e o tempo gasto por ele por casa.

Ao somarmos todos os valores e dividirmos pela quantidade de casas que foi realizado o levantamento, obtivemos a média do volume de massa que foi reutilizada.

A imagem a seguir demonstra como foi realizado o levantamento:

Figura 5 - Realização do levantamento em campo.



Fonte: Autor (2023).

4.2 Erro na execução do reboco externo e erro na dimensão das portas internas

4.2.1 Materiais:

O material utilizado para levantamentos das aberturas na lateral das portas, foi:

- Trena metálica.

4.2.2 Métodos:

Para o problema da falta de alinhamento nas prontas externas, para conseguirmos realizar o levantamento das quantidades, foi calculada a área da fachada da residência, que foi

aplicado o reboco e feito o assentamento do revestimento, tal área foi completamente escariada para ser realizada a diminuição da espessura, tal procedimento pode ser visto na imagem abaixo:

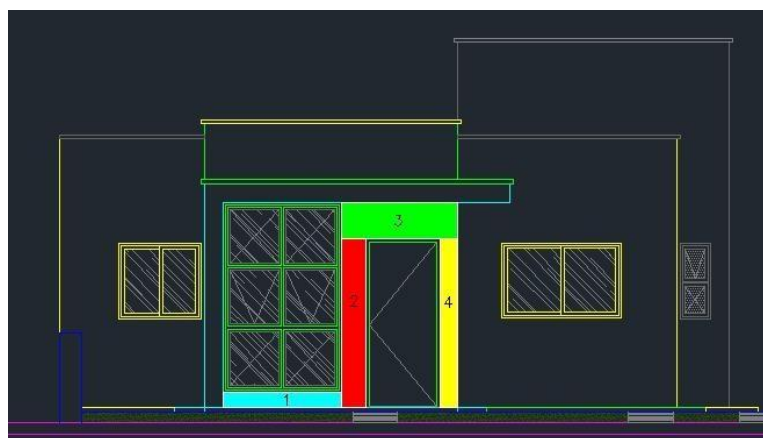
Figura 6 - Escariação do reboco externo.



Fonte: Autor (2023).

Para um melhor levantamento in loco, dividimos a área total em 4 retângulos. A fachada da residência e a divisão da área que foi escariada, pode ser vista na imagem abaixo:

Figura 7 - Projeto da fachada da residência com áreas escariadas hachuradas.



Fonte: Autor (2023).

O primeiro retângulo (área em azul), possui uma área de $0,336 \text{ m}^2$, o retângulo dois (área em vermelho) possui $0,7378 \text{ m}^2$, o terceiro retângulo (área em verde) $0,7578 \text{ m}^2$, e por fim, o quarto retângulo (área em amarelo) possui uma área de $0,5108 \text{ m}^2$. Ao fazermos a soma, a área total é de $2,3424 \text{ m}^2$, com isso, sabemos a quantidade de massa de reboco externo reutilizada, em cada casa, considerando a redução de 1 centímetro na mestra, além da argamassa para assentamento do revestimento e a quantidade de revestimento.

Ao chegarmos na fase de fazermos essas correções nas dimensões das portas internas, o pedreiro contratado pela própria empresa, ou seja, não terceirizado, mede a dimensão da porta com uma trena metálica, e ao ver a necessidade, é realizada a quebra do bloco estrutural, utilizando marreta e talhadeira, o colaborador faz essa quebra. Ao realizar isso, com o auxílio de uma trena metálica, realizamos a medição da parte que foi quebrada, medindo o comprimento, a altura e a profundidade, podendo a partir desses dados, calcularmos o volume gasto de argamassa para a reconstrução com as dimensões corretas da porta.

As imagens a seguir demonstram o problema, e o serviço da solução do mesmo.

Figura 8 - Execução da resolução do problema.



Fonte: Autor (2023).

Figura 9 - Execução da resolução do problema.

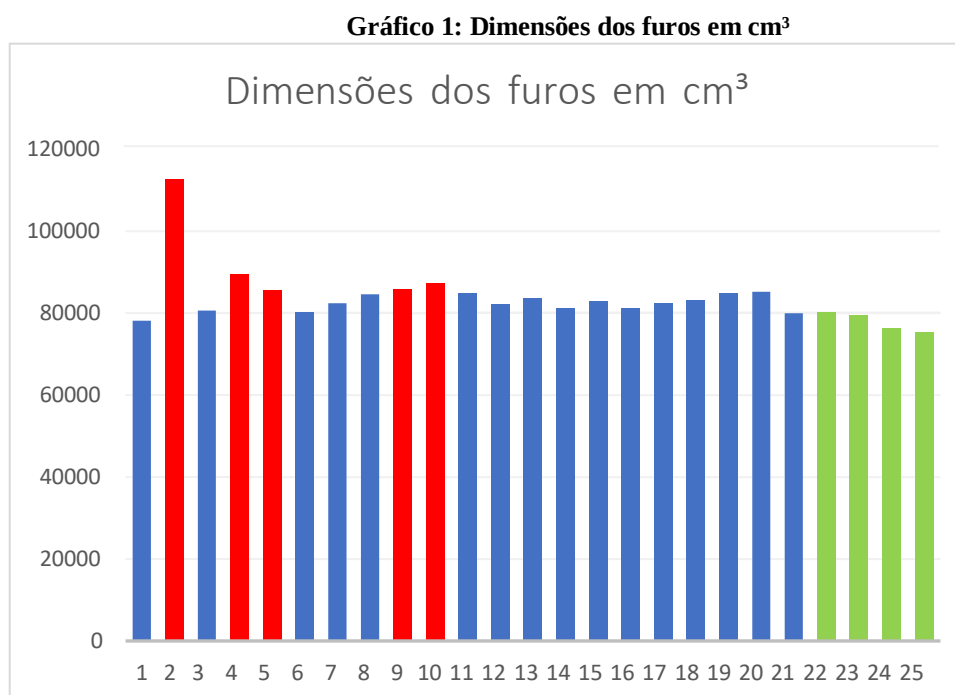


Fonte: Autor (2023).

5 RESULTADOS

5.1 Problema na locação dos pontos elétricos

Em uma amostragem de 25 casas foram analisadas de modo a verificar e evidenciar o prejuízo no gasto médio de argamassa para preencher os buracos nas paredes, e o retrabalho. No gráfico, são mostrados os valores em centímetros quadrados das dimensões dos furos nas paredes, de todas as 25 amostras coletadas in loco, no qual, os valores na cor vermelha, são os maiores, os valores em azul os médios, e os valores em verde, correspondem aos menores.



Fonte: Autor (2023).

É possível observar que os maiores valores encontrados, foram:

- 112.659 cm³; 89.485 cm³; 85.501 cm³; 85.896 cm³; 87.358 cm³.

Também é possível observar que após as soluções sugeridas, houve uma queda um tanto significativa dos valores dos furos, sendo eles:

- 79.985 cm³; 80.125 cm³; 79.528 cm³; 76.258 cm³; 75.205 cm³.

O gráfico abaixo foi realizado apenas para os valores máximos e mínimos encontrados. Com isso, podemos observar visualmente com mais clareza a diferença de valores, antes e depois das soluções propostas.

Gráfico 2: Valores máximos e mínimos das dimensões dos furos



Fonte: Autor (2023).

Ao efetuarmos as contas com base nos valores das dimensões dos furos, foi evidenciado um gasto médio de 0,08385 m³ de massa por casa para realizar o chumbamento das caixinhas e preencher todos os furos. Segue abaixo as tabelas das casas e imagens correspondentes ao problema da unidade em questão, com os valores de maiores aberturas, encontrados em campo na amostragem:

Para a casa denominada como “número 5”, os valores podem ser vistos na tabela abaixo, além de imagens do problema da casa em questão:

Tabela 3 - valores das dimensões dos furos casa nº 5.

Casa nº 5	
Cômodo	Dimensões dos furos (cm³)
Sala	6559
	17720
	8158
Quarto 1	9875
	7541
	4258
	3208
Quarto 2	8452
	3985
	4587
	3684
	4479
SOMA	4852
	87358

Fonte: Autor (2023).

Figura 8 - Quebra de alvenaria na casa número 5



Fonte: Autor (2023).

Figura 9 - Quebra de alvenaria na casa número 5.



Fonte: Autor (2023).

Figura 10 - Quebra de alvenaria na casa número 5.



Fonte: Autor (2023).

Para a casa denominada como “número 2” os valores das dimensões dos rasgões podem ser evidenciados na tabela abaixo, com suas respectivas imagens. Nesse caso, evidenciamos a pior situação, onde o total de abertura que foram preenchidas por argamassa foi de 112.659 cm³.

Tabela 4 - Valores das dimensões dos furos casa nº 2. Figura 11 - Quebra de alvenaria na casa número 2.

Casa nº 2	
Cômodo	Dimensões dos furos (cm³)
Sala	9320
	1455
	7450
	17570
	8594
	8220
	1257
Quarto 1	5690
	3941
	11850
	3358
	3270
Quarto 2	1158
	4370
	1510
	3842
	3105
	2170
	1301
	3688
	9540
SOMA	112659

Fonte: Autor (2023).



Fonte: Autor (2023).

Figura 12 - Quebra de alvenaria na casa número 2.



Fonte: Autor (2023).

Figura 13 - Quebra de alvenaria na casa número 2.



Fonte: Autor (2023).

Para a casa denominada como “número 4”, os valores podem ser vistos na tabela abaixo, além de imagens do problema da casa em questão:

Tabela 5 - Valores das dimensões dos furos casa nº 4.

Casa nº 4	
Cômodo	Dimensões dos furos (cm³)
Sala	6985
	18925
	7536
Quarto 1	8541
	9985
	1863
	1985
Quarto 2	7452
	4589
	3984
	3698
	6211
	4214
SOMA	85968

Fonte: Autor (2023).

Figura 14 - Quebra de alvenaria na casa número 4.



Fonte: Autor (2023).

Figura 15 - Quebra de alvenaria na casa número 4.



Fonte: Autor (2023).

Para a casa denominada como “número 1”, os valores podem ser vistos na tabela abaixo, além de imagens do problema da casa em questão:

Tabela 6 - valores das dimensões dos furos casa nº 1.

Casa nº 1	
Cômodo	Dimensões dos furos (cm³)
Sala	7520
	19801
	9887
Quarto 1	9802
	10253
	2298
	2354
Quarto 2	8924
	3129
	3588
	2220
	6458
	3251
SOMA	89485

Fonte: Autor (2023).

Figura 16 - Quebra de alvenaria na casa número 1.



Fonte: Autor (2023).

Figura 17 - Quebra de alvenaria na casa número 1.



Fonte: Autor (2023).

Essa imagem mostra com clareza onde o ponto elétrico e os conduítes deviam estar e por consequência dos problemas citados, não estão.

Para a casa denominada como “número 2”, os valores podem ser vistos na tabela abaixo, além de imagens do problema da casa em questão:

Tabela 7 - valores das dimensões dos furos casa nº 2.

Casa nº 2	
Cômodo	Dimensões dos furos (cm³)
Sala	6178
	18766
	9442
Quarto 1	7930
	10028
	2456
	2482
Quarto 2	8125
	3568
	3984
	2584
	6748
	3210
SOMA	85501

Fonte: Autor (2023).

Figura 18 - Quebra na alvenaria casa nº 2.



Fonte: Autor (2023).

Figura 19 - Quebra de alvenaria na casa número 2.



Fonte: Autor (2023).

Com isso, em todos os casos é evidenciado o conjunto de todos os problemas, como:

O erro de falta de compatibilização de projeto, sendo esse desde a primeira fiada que é a marcação, ou o erro na execução do mesmo no momento da concretagem do radier, onde maior parte dos conduítes estão passando pelo local errado, distantes do real ponto elétrico;

A falta de instrução dos profissionais ao realizar a quebra das paredes de alvenaria estrutural realizando cortes maiores do que o necessário para o chumbamento da caixinha.

5.1.1 Análise específica dos prejuízos financeiros no serviço do chumbamento das caixinhas elétricas

Com isso, podemos mensurar o prejuízo em material gasto nesse serviço de chumbamento de caixinhas. Uma vez que, na obra em questão, fazendo a compra de massa pronta de uma concreteira, o valor do m³ dessa massa é de 416,90 reais, com isso conseguimos encontrar o valor gasto por casa, realizando uma regra de três simples. Se 1 m³ equivale a 416,90 reais, 0,08385 m³ irão valer 34,96 reais.

Para conseguirmos calcular o prejuízo causado pelo retrabalho, se o salário atual do pedreiro é dessa obra é de 1885,62 reais, em uma pesquisa realizada no setor de orçamento da construtora, o valor utilizado para os encargos é de 110%, ou seja, quando eles realizam o orçamento da obra, eles multiplicam o salário do colaborador por 2,1 para considerar o valor dos encargos. Então, com isso, ao considerarmos de encargos sociais, multiplicamos 1885,62 por 2,1, chegando a um total de 3959,802 reais por mês, gastos pela empresa por Pedreiro. Ao dividirmos por 22 dias úteis, obtemos um valor de 179,99 reais por dia. Uma vez que, a produtividade do pedreiro leva dois dias para conclusão de uma casa, temos um prejuízo de 359,98 reais por casa, de mão de obra para o chumbamento das caixinhas e dos furos nas paredes que estão abertos.

Fazendo uma análise só para os valores máximos, obtivemos uma média de 0,092180 m³, ou seja, analisando os piores casos, iríamos ter um prejuízo de argamassa de 38,43 reais por casa. A questão da produtividade se manteve em uma casa a cada 2 dias.

Fazendo uma análise só para os valores mínimos, obtivemos uma média de 0,078220 m³, ou seja, analisando os melhores casos, após as medidas cabíveis tomadas, iríamos ter um valor de argamassa gasta de 32,60 reais por casa. E ao analisarmos a mão de obra, visto que a produtividade do pedreiro aumentou, os colaboradores conseguiam finalizar uma casa em um dia e meio, a empresa passou a gastar 269,99 reais por casa. Tendo uma redução de quase 90,00 reais por casa.

A tabela a seguir visa demonstrar o comparativo desses valores:

Tabela 8 - Comparativos dos prejuízos.

Totais das Dimensões (cm³)		Valor de prejuízo de argamassa (R\$)	Valor de prejuízo da mão de obra por casa, com o retrabalho (R\$)	Soma (R\$)
Média Máxima	92179,8	38,43	359,98	398,41
Média de todas amostras	83544	34,96	359,98	394,94
Médias Mínimas	78220,2	32,60	269,99	302,59

Fonte: Autor (2023).

Com isso, podemos notar um lucro após as correções de 95,82 reais, por casa, se compararmos a médias dos máximos valores, com a média dos valores mínimos encontrados. E um lucro de 92,35 reais, por casa, ao compararmos os valores da média de todas as amostras com a média dos valores mínimos.

Podemos ter a análise de que se ocorressem a média dos valores máximos das dimensões de quebras nas paredes encontradas em todas as 220 unidades da primeira etapa da obra, teríamos um prejuízo final de $398,41 \times 220 = 87.650,2$ R\$. Analisando os valores encontrados na média das 25 amostras teríamos um prejuízo de $394,94 \times 220 = 86.886,8$ R\$. E o valor de prejuízo com os a média dos menores valores encontrados que foram após as medidas adotadas para redução desse prejuízo seria de $302,59 \times 220 = 66.569,8$ R\$. Ocasionando uma economia de aproximadamente 20 mil reais para a obra.

5.2 Erros encontrados durante a execução das portas

5.2.1 Portas externas

Para as portas externas, quando o problema foi detectado, nas 60 primeiras casas, o reboco externo já tinha sido feito, e em 30 delas o revestimento externo também já tinha sido realizado, ou seja, o desperdício de material nesses casos foram:

- Da massa para reboco externo, que foi necessário retirar toda a massa de reboco que já tinha sido feito para diminuir a espessura do reboco, reduzindo as mestras e com isso a dimensão da aduela da porta;

- Argamassa para o revestimento externo;
- Revestimento.

Vale ressaltar que todos os preços foram coletados direto da obra, o preço que a obra está comprando determinado insumo, exceto o valor da argamassa ACIII, utilizada no assentamento do revestimento externo, que foi coletado através do ORSE.

Tendo em vista que em média, um saco de 20 quilos de argamassa é suficiente para fazer o acabamento de até 4 metros quadrados, e segundo o ORSE o valor do Kg da argamassa é de 2,33 R\$. Portanto, se 20 quilos fazem 4 metros quadrados e a área total da fachada é de 2,3424 m², multiplicamos $20 \times 2,3424$ e dividimos por 4, obtendo assim, um valor de 11,71 kg de argamassa por fachada. Logo após, multiplicamos $11,71 \times 2,33 = 27,29$ R\$, de argamassa por fachada, considerando que utilizamos dupla colagem, basta multiplicar esse valor por 2, chegando a um valor de 54,58 R\$ de argamassa por casa.

Para a massa de reboco externo, consideramos uma média de um centímetro da nova mestra, uma vez que, antes de escariar a mestra da parede da fachada, a maior parte das casas levantadas, possuía mais de dois centímetros de mestra. Com isso, foi realizada a multiplicação da área analisada por 0,01 m, para encontrarmos o volume de massa que foi utilizado no serviço. Com isso, conseguimos encontrar o valor em reais da massa utilizada, uma vez que, o preço dessa massa é de 416,90 R\$. Sendo assim obtemos, $416,90 \times 0,023424 = 9,77$ R\$ de massa para reboco externo por casa.

Para o revestimento externo, o preço da cerâmica por metro quadrado, equivale a 48,05 R\$, como possuímos uma área de 2,3424 m², temos um valor de 112,55 R\$, por unidade.

Na questão do prejuízo com o retrabalho, as horas de pedreiro perdidas com esse serviço, seguindo os mesmos cálculos utilizados no serviço do chumbamento das caixinhas elétricas, uma vez que, o dia do pedreiro vale 179,99 R\$ para a empresa, e a produtividade do pedreiro que leva três dias para conclusão de uma casa, temos um prejuízo de 539,97 reais por casa, de mão de obra para a correção das portas externas.

Com isso, podemos observar esses valores dos prejuízos causados a obra, através da tabela a seguir:

Tabela 9 - prejuízo no serviço do problema na instalação das portas externas.

VALORES GASTOS NAS PORTAS EXTERNAS POR CASA (R\$)			
Massa Reboco Externo	Argamassa Revestimento Externo	Retrabalho	Total de Prejuízo
9,77	54,58	539,97	604,32

Fonte: Autor (2023).

Se o problema ocorresse nas 220 casas a primeira etapa da obra teria um prejuízo final de $604,32 * 220 = 132.950,4$ R\$.

5.2.2 Portas internas

Nas portas internas, como essa área ainda não havia sido rebocada, o prejuízo se deu apenas com a argamassa e por conta do retrabalho.

Figura 20 - Serviço das dimensões das portas internas finalizado.



Fonte: Autor (2023).

Como já citados, para solucionar os problemas nas dimensões das portas internas, foi necessário realizar uma quebra do lado contrário da boneca da porta, para aumentar a dimensão da mesma para uma colocação correta da porta. Como pode ser visto na imagem abaixo:

Figura 21 - Serviço das dimensões das portas internas em execução.



Fonte: Autor (2023).

Além disso, foi necessário retirar os blocos compensadores da boneca da porta, e recolocá-los, para aumentar a espessura da mesma, uma vez que, após a realização do gesso, essa espessura iria ficar muito pequena para a colocação dos alisares. O compensador possui 4 centímetros, a espessura da massa para o assentamento do mesmo estava sendo de 1 centímetro, resultando em uma espessura de 5 centímetros. Com realização do gesso, ao depender da espessura da mestra da parede do gesso, a espessura da boneca da porta passava para 2 ou 3 centímetros, uma vez que o alisar possui 4 centímetros, ficaria inviável a colocação do mesmo. Tal problema da boneca das portas, pode ser visto na imagem a seguir:

Figura 22 - Problema na espessura para colocação dos alisares.



Fonte: Autor (2023).

Ao realizarmos a amostragem em 25 casas, podemos notar que as modificações nas dimensões, ocasionando áreas de quebra, para preenchimento de argamassa, foram praticamente iguais em todas as casas, com isso adotaremos um valor médio de dimensões de quebra para preenchimento de argamassa, e com isso, encontrarmos os valores médios de prejuízo com os gastos de material e retrabalho por casa, nessa obra.

Tais valores das dimensões das quebras podem ser vistos na tabela a seguir:

Tabela 10 - Dimensão da quebra no serviço das portas internas.

Cômodo	Dimensões de quebra (cm³)
Quarto 1	37.800
Quarto 2	37.800
Quarto 3	7.875
SOMA	83.475

Fonte: Autor (2023).

Para o prejuízo de material podemos encontrar através de uma regra de três simples, uma vez que, se 1 m³ da massa custa 416,90 reais, 0,083475 m³, equivalem a 34,80 R\$ gasto no reuso de massa para a devida reconstrução dos vãos das portas, por casa.

Na questão do aumento da boneca das portas, o bloco estrutural de 4 centímetros, denominado de compensador, foi reaproveitado, causando perdas apenas da massa de assentamento. Foi aumentada a espessura da massa para chegar nos 7 centímetros desejado, ou seja, 3 centímetros de argamassa. A altura adotada do vão da porta foi de 2,25 metros e a profundidade do bloco é de 14 centímetros. Com isso, foi realizado o cálculo da massa utilizada para aumentar a espessura da boneca da porta, realizando um cálculo simples de volume, *largura x altura x espessura*, resultando em, $0,03 \times 2,25 \times 0,14 = 0,00945 \text{ m}^3$ de massa, uma vez que, cada casa analisada possui 3 quartos, $0,00945 \times 3 = 0,02835 \text{ m}^3$ de massa reutilizada, por casa. Como o valor do m³ da massa é de 416,90 reais, multiplicamos esse valor para encontrarmos o prejuízo financeiro desse serviço por casa, resultando em, $416,90 \times 0,02835 = 11,82 \text{ R\$}$.

Na questão do prejuízo com o retrabalho, as horas de pedreiro perdidas com esse serviço, seguindo os mesmos cálculos utilizados no serviço do chumbamento das caixinhas elétricas, uma vez que, o dia do pedreiro vale 179,99 R\$ para a empresa, e a produtividade do pedreiro

que leva dois dias para conclusão de uma casa, temos um prejuízo de 359,98 reais por casa, de mão de obra para a regularização das dimensões dos vãos das portas internas.

Tais valores de prejuízos são demonstrados na tabela a seguir:

Tabela 11 - Valores gastos nas portas internas por casa.

VALORES GASTOS NAS PORTAS INTERNAS POR CASA (R\$)			
Massa para reconstrução	Massa para boneca das portas	Retrabalho	Total de Prejuízo
34,8	11,82	359,98	406,6

Fonte: Autor (2023).

Ao analisarmos um contexto geral, para as 220 casas a obra teria para esse serviço um prejuízo de $406,60 * 220 = 89.452 \text{ R\$}$.

5.3 Análise de possíveis falhas estruturais

Ao olharmos com uma visão para o futuro das edificações, além de prejuízos financeiros a construtora também terá problemas com as possíveis e prováveis manifestações patológicas causados por esses problemas. A quebra da alvenaria estrutural não prevista no projeto estrutural pode causar uma série de danos a edificação.

As principais manifestações patológicas nessa obra em questão, irão serem provenientes da falta de capacidade de carga que a estrutura sofre decorrente da quebra em suas paredes, uma vez que quebras não dimensionadas em projeto, irão diminuir a capacidade de carga da edificação, e cargas provenientes do próprio peso das paredes, da laje, da cobertura e das cargas fixas como pessoas, móveis e objetos, podem acabar acarretando manifestações patológicas como a fissuração, por exemplo, e decorrente dela surgirem outras manifestações patológicas mais graves.

Nos serviços estudados, existe uma enorme quebra não prevista em projeto da alvenaria estrutural, tanto no serviço do chumbamento das caixinhas elétricas, onde se encontra os maiores danos causados a estrutura, como no serviço de reconstrução das dimensões das portas.

De acordo com Falcão Bauer (2000), as manifestações patológicas mais corriqueiras encontradas em edifícios de alvenaria estrutural são infiltrações de água, e fissuras. Sendo o problema de fissuras a manifestação mais comum que pode vir a ocorrer nessa obra em questão, uma vez que os principais problemas estudados foram devidos a quebras não calculadas na alvenaria estrutural. De acordo com Falcão Bauer (2000) e Mamede (2016) as fissuras, são destacadas como a principal patologia desse sistema construtivo, decorrentes de erros de projetos, má execução, problemas com materiais, todos esses erros já foram citados e comprovados que ocorreram nessa obra. Portanto, é de suma importância conhecer e dominar o método executivo e realizar um acompanhamento durante a execução do empreendimento desde a elaboração do projeto até seu acabamento.

Obras em alvenaria estrutural tem que serem construídas com cuidados especiais, uma vez que, são as paredes que sustentam a edificação. Com o objetivo de atender os requisitos de desempenho técnico das edificações especificados na NBR 15575 (2013), deverão ser tomados cuidados especiais nas fases de concepção e projeto, como a conceituação dos projetos arquitetônicos e estrutural, conhecimentos técnicos adquiridos com base em experiência nacional, visando à adequação e concepção dos projetos de fundação e estrutural, normalização técnica existente quanto à especificação dos materiais constituintes e procedimento de execução (Falcão Bauer, 2000).

Com relação às manifestações das fissuras em alvenaria estrutural, elas podem vir a acontecer de várias formas, como nos casos das paredes de alvenaria convencional em que existem incidências maiores de fissuras com orientações inclinadas, verticais ou horizontais. As fissuras são classificadas tendo como orientação alguns parâmetros, seguindo como exemplo: a atividade, a abertura, a direção, a forma, as causas, as tensões envolvidas, e o tipo (Richter, 2007).

Sejam quaisquer que forem os tipos de fissuras detectadas ou a etapa em que elas surgiram na obra em questão, é de suma importância a procura pela sua causa para a vida útil da obra como um todo. Tal ação pode acabar por evitar fissuras futuras e até mesmo outras manifestações patológicas na obra. Além de uma prévia correção no caso de a obra ainda estar em andamento. A alvenaria estrutural naturalmente, quando subordinada a solicitações de compressão apresentam um bom comportamento, entretanto, isso não acontece no caso de exposição à tensão de cisalhamento e de tração, uma vez que essas são as causas que influenciam de forma mais significativa quando se trata de fissuras em obras de alvenaria estrutural (ABCI, 1990).

6 CONCLUSÃO

Portanto, evidenciado e analisado tais resultados, o presente trabalho concluiu o objetivo geral de demonstrar em valores, os aproximados prejuízos financeiros da obra devido a problemas em sua execução e pontuar os prováveis problemas patológicos que irão ocorrer futuramente.

A partir dos problemas levantados em campo, como o da quebra da alvenaria estrutural para colocação das caixinhas elétricas, o erro na dimensão das portas internas e o erro de execução no reboco externo causando problemas na instalação das portas externas, foi possível através de levantamentos em campo estimar valores de prejuízos que se somados podem chegar a mais de 305 mil reais não contabilizados no orçamento inicial da obra. Além dos financeiros durante sua execução, foi possível afirmar que após o empreendimento entregue devido as várias quebras nas paredes estruturais não previstas em projeto, a construção apresentará manifestações patológicas, a mais provável sendo a fissuração, causando problemas para futuros moradores, gerando também, prejuízos financeiros para a empresa com o setor de manutenção e consequentemente acarretando uma imagem negativa para a empresa.

Com isso, o presente trabalho evidenciou a importância de uma boa compatibilização de projetos, gestão e planejamento de obra, mão de obra qualificada e devidamente instruída, sendo tais pontos de essencial importância para a construção de uma obra enxuta sem déficits financeiros e de uma boa qualidade, atendendo todas as exigências dos clientes, como também das normas regulamentadoras.

REFERÊNCIAS

ROMAN, H. R. MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N.; Construindo em Alvenaria Estrutural. Editora da UFSC, Florianópolis – SC, 1999

SAMPAIO, M. B.; Fissuras em Edifícios Residenciais em Alvenaria Estrutural. 2010. 122f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

DUARTE, R. B. Recomendações para o projeto e execução de edifícios de Alvenaria Estrutural, ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, Porto Alegre - RS, 1999.

CAMACHO, J. S. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural – Notas de Aula, Ilha Solteira-SP, 2001.

FRANCO, Luiz Sérgio Franco, Alvenaria Estrutural. 2004. Apresentações Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

AUIL, C.A.; NESSE, F.J.M. Alvenaria Estrutural: Metodologia do projeto, detalhes, mão de obra, normas e ensaios. São Paulo, Pini. 2010

NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. (2016)

NBR 16868-1: Alvenaria Estrutural, Parte 1: Projeto. ABNT, 2020, 70p.

_____. NBR 16868-2: Alvenaria Estrutural, Parte 2: Execução e controle de obras. ABNT, 2020, 23p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2 (2011) - Alvenaria estrutural – blocos e concreto – execução e controle de obras

MENEZES, B. R. P.; JUNIOR, L.; DINIZ, T. I.; EIRAS, D. H. M.; GOMES, G. J. C.; PASCHOAL, C. J. F. Alvenaria estrutural na construção civil. Revista Eletrônica Teccen, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 16-22, jul./dez. 2018.

GARRONI, Elker. Materiais para alvenaria estrutural. 139 f. Centro universitário do sul de minas – UNIS-MG, 2018.

_____. NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. (2016).

MOHAMAD, G. (coord.) Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho. São Paulo: Edgard Blücher, 2015

CAMACHO, J.S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural, 2006. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Ilha Solteira, São Paulo.

SAMPAIO, M.B. Fissuras em Edifícios Residenciais em Alvenaria estrutural, 2010. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo.

PASTRO, Z. Alvenaria Estrutural Sistema Construtivo. Monografia (Monografia em engenharia civil) - USF. Itatiba, 2007.

_____. NBR 15812-1: Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos - Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15961-1: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto - Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

RICHTER, C. Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise de confiabilidade e da conformidade. 2007.

AS. Australian Standard. AS 3700-2011: Masonry structures. Sydney, 2011

ACI. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI C-444: Models of Concrete Structures – Models of Concrete Structures – State of the Art. Detroit, 1987

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. Rio de Janeiro, Editora LTC, V. 1 e 2. 2001