



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUIS RAUL SANTOS DE SÁ LEITÃO

**PLANILHA ELETRÔNICA PARA DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE ALVENARIA
ESTRUTURAL À COMPRESSÃO SIMPLES**

ANGICOS-RN
2024

LUIS RAUL SANTOS DE SÁ LEITÃO

**PLANILHA ELETRÔNICA PARA DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE
ALVENARIA ESTRUTURAL À COMPRESSÃO SIMPLES**

Trabalho Final de Graduação
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-árido como requisito
para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Dr. Klaus André de
Sousa Medeiros

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS111 Sá Leitão, Luis Raul Santos de.
p PLANILHA ELETRÔNICA PARA DIMENSIONAMENTO DE
 PAREDES DE ALVENARIA ESTRUTURAL À COMPRESSÃO
 SIMPLES / Luis Raul Santos de Sá Leitão. - 2024.
 68 f. : il.

 Orientador: Klaus André de Sousa Medeiros.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de , 2024.

 1. Alvenaria. 2. Macros. 3. Dimensionamento.
 4. Planilha. 5. Resistência. I. Medeiros, Klaus
 André de Sousa, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUIS RAUL SANTOS DE SÁ LEITÃO

**PLANILHA ELETRÔNICA PARA DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE
ALVENARIA ESTRUTURAL À COMPRESSÃO SIMPLES**

Trabalho Final de Graduação
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Defendida em: 16 / 04 / 2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

KLAUS ANDRE DE SOUSA MEDEIROS

Data: 17/04/2024 14:07:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Klaus André de Sousa Medeiros (UFERSA Campus Angicos)
Presidente



Documento assinado digitalmente

GILVAN BEZERRA DOS SANTOS JUNIOR

Data: 18/04/2024 17:38:49-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Gilvan Bezerra dos Santos Junior (UFERSA Campus Caraúbas)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

WALLISON ANGELIM MEDEIROS

Data: 19/04/2024 16:37:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Wallison Angelim Medeiros (IFPI Campus Teresina)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos meus anos de estudos.

Aos meus familiares, amigos, professores e orientador por todo apoio, correções e pela ajuda nessa caminhada, e que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos aqueles que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

E agradecer a UFERSA, essencial no meu processo de formação profissional e por tudo que aprendi ao longo dos anos do curso.

*“Não há sensação melhor que
a de superar um obstáculo que
pensávamos ser impossível e
descobrir o quanto somos
fortes.”*

(Autor Desconhecido)

RESUMO

Introduzindo o tema do uso de macros em planilhas para dimensionamento de alvenarias, este trabalho teve como objetivo geral desenvolver uma planilha eletrônica para o dimensionamento à compressão simples das paredes e a especificar a resistência de seus respectivos componentes (prisma, bloco, argamassa e graute), visando a facilitação e automatização do processo de cálculo. Realizou-se a reunião de dados normativos de especificação dos materiais e componentes para análise, a criação de macros eficientes dentro de uma planilha eletrônica para calcular a resistência dos elementos, o desenvolvimento de uma interface intuitiva para a planilha, a verificação da precisão da planilha com exemplos da literatura e casos reais de paredes de alvenaria, e a sugestão de traços de argamassa e graute a partir da resistência calculada. A metodologia partiu de um estudo experimental, resultando na elaboração de uma planilha de dimensionamento que contém informações para blocos de concreto e cerâmicos. Com base nos resultados obtidos e na análise realizada, é evidente que o objetivo principal foi alcançado pois a facilidade de uso e a automatização do processo de cálculo proporcionadas pela planilha a tornam uma ferramenta extremamente valiosa para engenheiros civis, arquitetos e demais profissionais do setor da construção civil.

Palavras-chave: Alvenaria; Macros; Dimensionamento; Planilha; Resistência.

Abstract

Introducing the topic of using macros in spreadsheets for masonry design, this study aimed to develop a general spreadsheet for the simple compression design of walls and to specify the strength of their respective components (prism, block, mortar, and grout), aiming to facilitate and automate the calculation process. Normative data gathering was performed to specify materials and components for analysis, efficient macros were created within a spreadsheet to calculate the strength of the elements, an intuitive interface for the spreadsheet was developed, the spreadsheet's accuracy was verified with examples from literature and real cases of masonry walls, and mortar and grout mixes were suggested based on calculated strength. The methodology involved an experimental study, resulting in the development of a design spreadsheet containing information for both concrete and ceramic blocks. Based on the results and analysis, it is evident that the main objective was achieved as the ease of use and automation of the calculation process provided by the spreadsheet make it an extremely valuable tool for civil engineers, architects, and other professionals in the construction industry.

Keywords: Masonry; Macros; Design; Spreadsheet; Strength.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas da criação do Macro no Excel.....	29
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Traços (em volume) para Argamassa.	24
Tabela 2 - Traços (em volume) para Graute.	25
Tabela 3 - Informações para referência especificando a resistência dos itens listados.	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aba dos dados iniciais para cálculo e dimensionamento.	32
Figura 2 - Informativo da tabela de dimensionamento.....	33
Figura 3 - Aba de tutorial com vídeo.	34
Figura 4 - Aba de resultados - Bloco de Concreto.....	35
Figura 5 - Tabela de resultados - Bloco Cerâmico.	36
Figura 6 - Memória de cálculo para Bloco de Concreto.....	37
Figura 7 – Dados (Exemplo 1).	40
Figura 8 - Tabela de cálculos - Dados Iniciais.....	40
Figura 9 - Dados dos parâmetros calculados.	41
Figura 10 - Memória de cálculo das resistências para bloco de concreto.....	42
Figura 11 - Disposição dos resultados obtidos para cada tipo condicionante e seus respectivos parâmetros.....	43
Figura 12 - Memória de cálculo para blocos cerâmicos (Exemplo 1).	53
Figura 13 - Resultados obtidos de parâmetros para blocos cerâmicos (Exemplo 1).	54
Figura 14 - Dados (Exemplo 2).	55
Figura 15 - Aba de Dados Iniciais (Exemplo 2).	56
Figura 16 - Resultados obtidos de parâmetros para blocos de concreto (Exemplo 2).	57
Figura 17 - Memória de cálculo para blocos de concreto (Exemplo 2).	58
Figura 18 - Resultados obtidos de parâmetros para blocos cerâmicos (Exemplo 2).	59
Figura 19 - Memória de cálculo para blocos cerâmicos (Exemplo 2).	60
Figura 20 - Aba de macro para esbeltez	61
Figura 21 - Aba de macro para aviso (1).....	62
Figura 22 - Aba de macro para aviso (2).....	63
Figura 23 - Aba de macro para aviso (3).....	64
Figura 24 - Aba de macro para aviso (4).....	65
Figura 25 - Aba de macro para aviso (5).....	66
Figura 26 - Aba de macro do botão resetar.....	67
Figura 27 - Aba de macro para ligar tela cheia.....	68

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a/c	Água/cimento (proporção de água para cimento)
α_h	Coeficiente de esbeltez horizontal
α_v	Coeficiente de esbeltez vertical
cm	Centímetros (unidade de medida de comprimento)
f_{bk}	Resistência característica à compressão do bloco
f_{gk}	Resistência característica à compressão do graute
f_a	Resistência característica à compressão da argamassa
f_k	Resistência característica à compressão da parede
h_{ef}	Altura equivalente da parede de alvenaria
kN/m	Kilonewton por metro (unidade de medida de carga)
kN	Kilonewton (unidade de medida de força)
i	Índice de esbeltez
MPa	Megapascal (unidade de medida de pressão)
m	Metros (unidade de medida de comprimento)
NBR	Norma Brasileira Registrada
s/unidade	Sem unidade
tef	Espessura efetiva do bloco
VBA	Visual Basic for Applications (linguagem de programação)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	15
2.2	ALVENARIAS ESTRUTURAIS	17
2.2.1	Alvenaria convencional (vedação)	19
2.2.2	Alvenaria estrutural em blocos de concreto	20
2.2.3	Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos	21
2.3	COMPRESSÃO SIMPLES	22
2.5	PLANILHAS ELETRÔNICAS	27
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	30
3.1	TIPO DE PESQUISA	30
3.2	NATUREZA DA PESQUISA	30
3.3	UNIVERSO E AMOSTRA	30
3.4	TRATAMENTO DOS DADOS	30
3.5	ANÁLISE DOS DADOS	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	APRESENTAÇÃO DA PLANILHA DESENVOLVIDA	32
4.2	RESULTADOS OBTIDOS COM A TABELA DE DIMENSIONAMENTO	35
4.3	MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CONCRETO E BLOCO DE CONCRETO CERÂMICO	37
4.4	EXEMPLO PRÁTICO	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICE I – DIMENSIONAMENTO À COMPRESSÃO SIMPLES DE PAREDES PARA BLOCOS CERÂMICOS (EXEMPLO 1)	53
	APÊNDICE II – DIMENSIONAMENTO À COMPRESSÃO SIMPLES DE PAREDES EM ALVENARIA ESTRUTURAL (EXEMPLO 2)	55
	APÊNDICE III – MACROS UTILIZADOS NO EXCEL POR MEIO DO VBA (LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO)	61

1 INTRODUÇÃO

A técnica de estruturas de alvenarias tem sido empregada ao longo dos séculos, desde empreendimentos de menor porte até ícones da engenharia, como o Coliseu e a Muralha da China. Estas construções, além de possuírem um imenso valor histórico, são referências clássicas da aplicação bem-sucedida da alvenaria como componente estrutural, algo que perdura até os dias atuais (Lopes, 2019).

É importante ressaltar que a utilização da alvenaria em obras antigas não se baseava primariamente em conhecimentos técnicos sistematizados sobre o método construtivo (Lopes, 2019).

Ao longo dos anos, este campo científico e prático passou por significativas melhorias, evoluindo para um sistema construtivo amplamente adaptado na construção civil. O sistema se baseia no uso de blocos de alvenaria, geralmente de concreto ou cerâmico, como elementos estruturais (Silva, 2017).

Trata-se de um método construtivo simples que dispensa a necessidade de equipamentos sofisticados, permitindo um elevado grau de otimização na construção. Esse sistema tem evidenciado um desempenho satisfatório em uma variedade de obras, combinando alta produtividade, custos acessíveis e bom desempenho estrutural.

No contexto brasileiro, pode haver uma crescente demanda por projetos que adotam a alvenaria estrutural devido à sua capacidade de proporcionar uma série de vantagens, incluindo a redução no uso de fôrmas e no consumo de aço (Rodrigues, 2023). No entanto, o seu processo de dimensionamento é complexo envolvendo cálculos, consulta a tabelas e normas técnicas.

Para facilitar e agilizar esse processo, a utilização de *softwares* e planilhas eletrônicas são imprescindíveis. A automatização dos processos de cálculo garante uma maior confiabilidade e segurança, contribuindo para um dimensionamento mais preciso e eficiente. A utilização das ferramentas de macros contidas no *Microsoft Excel*, por exemplo, traz consigo agilidade e redução de erros em tarefas repetitivas.

Destarte, o projeto em questão consiste na criação de uma ferramenta contemporânea utilizando o *Microsoft Excel*, direcionada ao dimensionamento a compressão simples de paredes de alvenaria estrutural. O desenvolvimento da planilha eletrônica visa fornecer eficácia, precisão e facilidade no processo de

dimensionamento, considerando a resistência dos materiais, a geometria da estrutura e as condições de carregamento.

1.1 OBJETIVOS

Considerando a relevância do dimensionamento à compressão para uma edificação em alvenaria estrutural, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma planilha eletrônica para dimensionamento a compressão simples das paredes e especificação da resistência dos seus respectivos componentes e materiais (prisma, bloco, argamassa e graute), visando a facilitação e automatização do processo de cálculo.

Os objetivos específicos que podem contribuir para atingir o objetivo principal da presente pesquisa são:

- Reunir dados normativos de especificação dos materiais e componentes para análise;
- Criar macros eficientes dentro de uma planilha eletrônica para calcular a resistência do prisma, do bloco, da argamassa e do graute;
- Desenvolver uma interface intuitiva para a planilha eletrônica;
- Verificar a precisão da planilha com exemplos da literatura e casos reais de paredes de alvenaria;
- Sugerir traços para a argamassa e o graute a partir da resistência calculada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria remonta a eras ancestrais, nas quais suas aplicações primordiais estavam intrinsecamente ligadas à edificação de estruturas emblemáticas e monumentos. Desde civilizações antigas, como os egípcios na construção das imponentes pirâmides, até a grandiosidade das catedrais góticas medievais, a alvenaria revelou sua robustez, versatilidade e importância na arquitetura e engenharia ao longo dos tempos (Accetti, 1998).

Contudo, a virada do século XX testemunhou a ascensão de novos materiais de construção, como o aço e o concreto armado, que revolucionaram o cenário da construção civil. Essa revolução levou a um declínio no uso da alvenaria como elemento estrutural, relegando-a, predominantemente, ao papel de vedação nas edificações (Schmitz; Martins, 2017).

A transição foi marcada pela substituição da alvenaria por materiais que ofereciam maior resistência e flexibilidade estrutural, deslocando-a de sua posição proeminente na construção. No entanto, foi a partir dos anos 1920 que a alvenaria estrutural começou a ressurgir, impulsionada pelo desenvolvimento de estudos científicos que possibilitaram a formulação de teorias mais racionais para projetos nesse formato construtivo. Essa evolução permitiu a concepção de edifícios com paredes de menor espessura, combinando eficiência estrutural e economia de materiais, como enfatizado por Accetti (1998).

Essa fase representou um retorno significativo da alvenaria estrutural como uma opção viável e sólida na construção. A transição da alvenaria como elemento puramente de vedação para um papel novamente estrutural foi um marco na história da construção civil (Schmitz; Martins, 2017).

Tal revolução não apenas destacou a adaptabilidade da alvenaria às necessidades contemporâneas, mas também evidenciou sua resiliência como técnica construtiva ao longo dos séculos, adaptando-se e evoluindo diante das demandas e desafios impostos pelas mudanças de paradigmas na construção de edificações (Santos; Basso, 2020).

No contexto brasileiro, a alvenaria surge como uma técnica construtiva já nos primórdios da colonização portuguesa no século XVI. Entretanto, a alvenaria

estrutural demorou consideravelmente a se estabelecer como uma prática de destaque, emergindo efetivamente no cenário construtivo nacional na década de 1960 (Santos; Basso, 2020).

Seu aparecimento estava estreitamente ligado aos programas habitacionais populares desenvolvidos na época, visando atender à crescente demanda por moradias. Esta associação inicial com projetos de habitação social acabou por suscitar preconceitos e dúvidas quanto à sua capacidade estrutural, qualidade e expressividade arquitetônica (Ramalho; Corrêa, 2003; Mata, 2006).

Apesar do início relativamente tardio e das incertezas iniciais, a alvenaria estrutural gradualmente consolidou-se como uma alternativa viável, econômica e eficiente para edifícios residenciais e industriais no país. O cenário brasileiro presenciou um crescimento notável de empresas dedicadas à produção de blocos cerâmicos e de concreto, fomentando ainda mais o uso dessa técnica construtiva (Ramalho; Corrêa, 2003).

Ao longo do tempo, a alvenaria estrutural, especialmente na forma de blocos de concreto vazados e blocos cerâmicos, tem se mostrado promissora, especialmente com o desenvolvimento de fornecedores confiáveis e aprimoramento da resistência, alcançando valores superiores a 24 MPa (Santos, 2021).

A superação gradual dos preconceitos iniciais e a evidente adaptação da alvenaria estrutural às necessidades da construção civil brasileira refletem um notável progresso na aceitação e incorporação dessa técnica no mercado. A crescente confiança dos profissionais da construção, aliada à constante evolução técnica e à oferta de materiais cada vez mais aprimorados, pavimentou o caminho para a consolidação da alvenaria estrutural como uma opção sólida e competitiva no panorama construtivo do país (Santos; Basso, 2020).

Na atualidade, a alvenaria estrutural está passando por um avanço significativo, aproximando-se cada vez mais dos padrões de cálculo e execução das estruturas de aço e concreto, graças a um contínuo investimento em pesquisas e à implementação de normativas eficazes (Santos, 2021).

Esse processo impulsionou a adoção de tecnologias inovadoras, resultando em uma alvenaria estrutural que se tornou uma opção não apenas viável, mas também competitiva e de alto desempenho no campo da construção civil. O avanço tecnológico desempenhou um papel fundamental nessa evolução. Novos métodos de construção, materiais mais aprimorados e técnicas de análise estrutural mais

precisas permitiram o desenvolvimento de sistemas construtivos em alvenaria que superaram desafios do passado, como a complexidade no planejamento e execução, além de garantir maior eficiência e durabilidade das estruturas (Santos, 2021).

Além disso, a padronização e a criação de normativas específicas para a alvenaria estrutural têm desempenhado um papel crucial no seu avanço. Esses padrões estabelecidos oferecem diretrizes claras para o projeto, execução e controle de qualidade, promovendo uma maior confiabilidade nos sistemas construtivos em alvenaria e, conseqüentemente, incentivando sua adoção em larga escala (Schmitz; Martins, 2017).

Em resumo, apesar de um início mais tardio e dos desafios iniciais enfrentados, a alvenaria estrutural consolidou-se como uma técnica robusta e eficaz na construção civil. Sua evolução contínua, impulsionada por avanços tecnológicos e normativos mais precisos, permitiu que essa técnica se adaptasse e atendesse plenamente às exigências contemporâneas do setor, garantindo sua relevância e posição sólida no panorama da construção civil atual.

2.2 ALVENARIAS ESTRUTURAIS

A alvenaria estrutural é um método de construção que se destaca pelo uso da própria alvenaria como elemento estrutural, proporcionando resistência às cargas verticais e horizontais da edificação. Ela consiste no conjunto de peças justapostas, coladas em sua interface por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso (Moraes, 2018).

Ao contrário do sistema de concreto armado, na alvenaria estrutural, vigas e pilares não são utilizados como parte da estrutura. Neste método, as paredes portantes integram e sustentam a edificação, recebendo e distribuindo as cargas dos pavimentos de maneira uniforme ao longo das fundações, dispensando o uso de vigas e pilares convencionais (Tauil; Nese, 2010).

Os principais componentes desse sistema construtivo incluem unidades (blocos de concreto ou cerâmico), argamassa de assentamento, graute e eventuais armaduras. As unidades são responsáveis por suportar as cargas verticais e horizontais da edificação, assim como a argamassa que além de compor o sistema estrutural é utilizada para unir as unidades e distribuir esforços uniformemente (Moraes, 2018).

O graute, aplicado nos vazios dos blocos, aumenta a resistência à compressão e auxilia na estabilidade da estrutura. É essencial minimizar sua necessidade para aumentar a produtividade e economizar recursos financeiros (Camacho, 2006).

As armaduras, projetadas para absorver esforços calculados no edifício, são divididas em armaduras de cálculo e construtivas. Para a alvenaria estrutural, são utilizadas as mesmas barras de aço comuns em concreto armado, mas é crucial que as tensões sejam compatíveis com a deformação da alvenaria (Manziona, 2004).

Existem distintos tipos de alvenaria estrutural, sendo classificados principalmente pela presença e necessidade de armaduras. Conforme elucidado por Taui e Nese (2010), a alvenaria não armada, a armada (ou parcialmente armada) e a protendida representam categorias que variam na aplicação de reforços em aço, correspondendo a diferentes exigências estruturais, desde elementos passivos para evitar manifestações patológicas até protensão ativa para suportar compressão, flexão e tração.

Um dos pontos cruciais na alvenaria estrutural é a coordenação de projetos. Diferentemente de outras técnicas construtivas, essa modalidade requer uma interdependência minuciosa entre os diversos projetos de uma edificação, incluindo arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico, entre outros. Camacho (2006), ressalta a importância da coordenação para identificar interferências entre os projetos e evitar improvisações durante a execução da obra.

As vantagens da alvenaria estrutural são expressivas. Silva (2023), destaca benefícios como economia de fôrmas, redução de desperdícios de materiais e mão de obra, além de menor necessidade de especialistas. Entretanto, é importante ponderar as desvantagens, como a dificuldade de adaptação arquitetônica futura e a complexidade na coordenação de projetos complementares. No contexto dos componentes, os elementos básicos como blocos, argamassa, graute e armaduras desempenham papéis cruciais.

Em síntese, a alvenaria estrutural exige precisão no planejamento, na execução e na coordenação de projetos. Seu uso proporciona inúmeras vantagens econômicas e construtivas, mas requer atenção aos detalhes e conformidade com as normas para garantir a qualidade e a segurança das edificações.

2.2.1 Alvenaria convencional (vedação)

A alvenaria, como sistema construtivo de longa data, tem suas raízes na história da construção, remontando a práticas milenares de empilhamento de materiais para atingir objetivos específicos. Seu desenvolvimento ao longo do tempo foi impulsionado por diversos fatores, incluindo mudanças econômicas e a crescente competitividade do mercado, levando à necessidade de soluções mais eficientes e abrangentes (Azevedo, 1997).

A alvenaria convencional, conforme descrita por Azevedo (1997), engloba o uso de estruturas de fundação, vigas e pilares de concreto armado, complementadas por blocos cerâmicos para a vedação. No entanto, esse método, embora enraizado na cultura habitacional brasileira, apresenta desafios significativos, tais como a lentidão na produção, o alto desperdício de materiais, a falta de padronização na execução e a exigência de uma mão de obra numerosa (Santiago, 2010).

Por outro lado, Fernandes e Filho (2010 *apud* Klein; Maronezi, 2013) apontam vantagens do concreto armado, destacando sua durabilidade, resistência a impactos e temperaturas elevadas, além da facilidade de acesso aos materiais necessários para sua construção.

O processo de construção em alvenaria convencional é composto por diversas etapas interligadas, cada uma desempenhando um papel fundamental na edificação de estruturas sólidas e duráveis. Inicialmente, a preparação do terreno é essencial, envolvendo o nivelamento e a limpeza da área onde a construção será realizada. Isso inclui possíveis escavações para a criação da fundação, etapa crucial para garantir a estabilidade e segurança da obra (Nolla, 2022).

O processo de construção de alvenaria como um todo é composta por vigas e pilares de concreto, onde é dimensionada de acordo com as cargas que a estrutura irá suportar.

Conforme as paredes vão sendo erguidas, paralelamente é realizada a instalação das tubulações e fiações, integrando os sistemas elétrico e hidráulico à estrutura. Essa etapa demanda precisão e planejamento para evitar interferências futuras na construção. Ao concluir a alvenaria, segue-se para os acabamentos finais, incluindo revestimentos internos e externos, como reboco e pintura. Além disso, são

instalados os elementos que conferem funcionalidade à edificação, como portas, janelas e rodapés, finalizando o processo de construção (Ponciano; Silva, 2020).

Cada uma dessas etapas é essencial para assegurar a qualidade e durabilidade da construção em alvenaria convencional, resultando em estruturas sólidas e adequadas às necessidades dos usuários.

2.2.2 Alvenaria estrutural em blocos de concreto

Os blocos empregados na alvenaria podem ser produzidos com diversos materiais, sendo os mais comuns os blocos de concreto, compostos por uma mistura de cimento, agregados (areia e brita) e água.

A alvenaria estrutural utilizando blocos de concreto é uma técnica amplamente empregada na construção civil, destacando-se pela sua eficiência e versatilidade. Nesse método construtivo, os blocos de concreto desempenham não apenas o papel de vedação, mas também de sustentação das cargas verticais e horizontais da edificação (Pascoalino *et al.*, 2024).

A utilização desses blocos como elemento estrutural oferece diversas vantagens, tais como a redução do tempo de execução da obra, economia de materiais e mão de obra, além de proporcionar um maior controle de qualidade durante todo o processo construtivo. A alvenaria estrutural com blocos de concreto é uma opção cada vez mais adotada em projetos residenciais, comerciais e industriais, demonstrando-se como uma alternativa viável e eficaz para a construção de edificações seguras e duráveis (Pascoalino *et al.*, 2024).

A norma NBR 6136 da ABNT (2016), que aborda sobre Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria, define bloco vazado de concreto simples como um elemento utilizado na construção de alvenaria, caracterizado por possuir vazios nas faces superior e inferior, podendo ou não ter função estrutural, e com área líquida igual ou inferior a 75% da área bruta.

Segundo Prudêncio Jr, Oliveira e Bedin (2002), os conjuntos de blocos são denominados por famílias, que apresentam diferentes tipologias. No cenário brasileiro, são reconhecidas as famílias de blocos com dimensões de 11,5 cm x 19 cm x 39 cm, 14 cm x 19 cm x 39 cm e 19 cm x 19 cm x 39 cm, sendo que, devido à alta demanda, o bloco de 14 cm x 19 cm x 39 cm, conhecidos como M40 e se padronizou e se tornou o mais utilizado (Ramalho, 2003).

De acordo com a NBR 6136:2016, os blocos de concreto devem ter uma menor dimensão de furo não inferior a 70 milímetros para a família M15 e 110 milímetros para a família M20. Essas medidas são válidas para os blocos de classes A e B, assegurando a conformidade com as normas de fabricação e qualidade estabelecidas (ABNT, 2016).

A classificação em classes A e B se refere a diferentes níveis de qualidade e resistência dos blocos. Os blocos classe A são reconhecidos por sua alta qualidade, resistência e uniformidade dimensional, sendo preferidos em estruturas que demandam precisão e durabilidade, como paredes de suporte em edifícios. Por outro lado, os blocos classe B, embora mantenham uma qualidade satisfatória, podem apresentar variações nas dimensões, acabamento assim como na resistência.

São mais adequados para aplicações onde a precisão dimensional e o acabamento superficial não são tão críticos, como em paredes divisórias internas. Mohamad (2021) destaca que os blocos podem ser classificados não apenas por suas dimensões, mas também por sua finalidade e formato, incluindo Bloco Inteiro (ou Bloco Predominante), Meio Bloco, Blocos de amarração L e T (usados para encontro de paredes), Blocos compensadores, Blocos tipo canaleta, entre outros.

Um aspecto fundamental a ser mencionado para esse material é a resistência à compressão, que é definida pela norma NBR 16868-1 da ABNT (2020), estabelecendo uma resistência mínima de 4,0 MPa para uso acima do nível do solo.

2.2.3 Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos

A técnica de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é amplamente difundida na construção civil, onde esses blocos desempenham um papel crucial na resistência e estabilidade das estruturas (Ramalho; Corrêa, 2003).

De acordo com a NBR 15270-2 (ABNT, 2023), os blocos cerâmicos estruturais são definidos como elementos vazados que devem ser assentados com seus furos na vertical, sendo as unidades responsáveis pela resistência da estrutura.

A resistência à compressão das unidades modulares é reconhecida como o principal fator na resistência à compressão da alvenaria, em que a fabricação dos blocos cerâmicos estruturais segue padrões rigorosos (Duarte, 1999).

Esses blocos devem ser produzidos por conformação plástica de argila, podendo conter aditivos, e são submetidos a altas temperaturas de queima, sendo imprescindível que, durante a fabricação, os blocos não apresentem imperfeições, como trincas, deformações ou quebras conforme indicado por Sabbatini (2003).

Além disso, segundo a NBR 15270-1 é obrigatório que esses blocos contenham a identificação do fabricante, as dimensões do bloco, a indicação "EST" para identificação como estruturais e informações de rastreabilidade gravadas em uma das faces externas, seguindo as diretrizes da (ABNT, 2017).

Por fim, para calcular a altura efetiva em um sistema de travamento de parede, é crucial considerar as condições de travamento em cada extremidade. Na extremidade superior, o travamento é geralmente alcançado por uma viga de amarração ou laje de piso para evitar movimentos verticais. Na extremidade inferior, uma fundação sólida ou outro método de suporte é necessário para impedir deslocamentos verticais (Vieira, 2022).

Nas extremidades esquerda e direita, o travamento para evitar movimentos horizontais, normalmente conseguido por meio de conexões adequadas com outras estruturas. Quando todas as extremidades estão corretamente travadas, a altura efetiva da parede é igual à sua altura total. No entanto, falhas no travamento em qualquer extremidade podem reduzir a altura efetiva, exigindo medidas adicionais de suporte ou reforço Vieira (2022).

2.3 COMPRESSÃO SIMPLES

A compressão simples é resultado da aplicação das cargas verticais sobre a estrutura. Conforme apontado por Ramalho e Corrêa (2003), essa é a solicitação mais comum e também a mais básica, sendo os pilares e paredes os elementos frequentemente submetidos a esse tipo de carregamento.

A resistência à compressão de uma parede varia conforme o tipo de bloco utilizado. A resistência característica à compressão da alvenaria deve ser obtida através de ensaios de paredes. Em alvenarias de blocos com 19 cm de altura e juntas de argamassa de 1 cm, a relação entre as resistências à compressão da parede e do prisma pode ser considerada, aproximadamente, igual a 0,7 (ou seja, a resistência da parede é cerca de 70% da resistência do prisma) (Parsekian; Medeiros, 2021).

Segundo Bell'aver (2015), a resistência característica à compressão simples da alvenaria (f_k) deve ser determinada utilizando uma das seguintes abordagens: com base no ensaio de parede; estimada como 70% da resistência característica de compressão simples de prisma (f_{pk}); ou como 85% da resistência característica de compressão simples de pequena parede (f_{ppk}).

Para calcular a compressão simples em alvenarias, tal cálculo pode ser realizado através da Equação 1:

$$f_{pk} \geq \left(\frac{\gamma_f \times \gamma_m}{0,7 \times R \times t_e} \right) \times q_k \quad \text{Equação 01}$$

Onde,

f_{pk} : é a resistência característica à compressão do prisma;

γ_f : é o coeficiente de majoração das ações;

γ_m : é o coeficiente de minoração da resistência;

R : é o coeficiente redutor devido à esbeltez;

t_e : é a espessura do bloco;

q_k : é a carga distribuída da parede.

A equação apresentada é fundamental para o cálculo da resistência característica da alvenaria em compressão simples. Essa fórmula é derivada de normas técnicas, como a NBR 16868-1:2020, e é amplamente utilizada no projeto e dimensionamento de estruturas de alvenaria (Parsekian; Medeiros, 2021).

Ela leva em consideração diversos parâmetros, incluindo os coeficientes de majoração das ações (γ_f), coeficientes de minoração da resistência (γ_m), o coeficiente redutor devido à esbeltez (R) e a espessura do bloco (t_e).

Já a espessura efetiva do bloco (t_e), pode ser diferente da espessura nominal devido à presença de camadas de argamassa. Também é considerado o fator 0,7, que é a relação entre parede e prisma, utilizado para levar em conta incertezas e variações nos materiais e no processo construtivo.

A equação $\left(R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right] \right)$ representa o coeficiente redutor devido a esbeltez, nela é envolvido o índice de esbeltez (λ). Essa equação é essencial para garantir que a alvenaria possua uma resistência adequada para suportar as cargas atuantes, contribuindo para a segurança e estabilidade das estruturas construídas com esse material. Quanto a esbeltez da parede (λ), é representada pela relação

entre a altura efetiva (hef) e a espessura do bloco (te), é um fator crucial na determinação da sua capacidade de suporte.

Por meio da equação 1, é possível determinar a resistência mínima requerida para os blocos, permitindo o dimensionamento correto das paredes de alvenaria em diferentes situações de projeto.

Agora, quando tratamos na indústria da construção civil, materiais como argamassa, graute e prismas desempenham papéis cruciais na estabilidade e durabilidade das estruturas. A argamassa, uma mistura cuidadosamente balanceada de cimento, areia, água e cal, é um dos principais ligantes utilizados na alvenaria.

Sua função principal é unir os blocos de construção, fornecendo não apenas resistência, mas também absorvendo pequenas deformações e impedindo a entrada de água. É fundamental que a argamassa atenda a critérios específicos de resistência, com valores superiores a 4 MPa e dentro de uma faixa entre 0,7 a 1,5 do f_{bk} , conforme estabelecido por Fortes (2012).

Além disso, a espessura da junta de argamassa é uma consideração importante, pois afeta diretamente a resistência e a integridade da parede.

Para garantir o cumprimento dos padrões de qualidade, a argamassa industrializada é amplamente preferida na alvenaria estrutural, devido ao seu maior controle de qualidade e homogeneidade, bem como à presença de aditivos e tecnologias que melhoram suas propriedades (Fortes, 2012).

Os traços sugeridos são baseados nas recomendações contidas no livro Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural (Parsekian; Hamid; Drysdale, 2014), mas não dispensam as recomendações da NBR 13281:2019, que especifica os traços de argamassa para assentamento de alvenaria. Diversos traços de argamassa estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Traços (em volume) para Argamassa.

Cimento	Cal	Areia	f_a (MPa)
1	3	5	4
1	2	3	6
1	1	7	8
1	0,5	6	12
1	1	5	14
1	0,25	5	18

Fonte: Adaptado em Parsekian, Hamid e Drysdale (2014).

Já o graute, uma forma especializada de micro concreto, desempenha um papel crucial no reforço de pontos estratégicos nas estruturas. Sua alta fluidez e capacidade de retenção de água permitem que ele preencha completamente os espaços vazios nos blocos de concreto e cerâmicos, aumentando assim a resistência e melhorando a aderência entre as armaduras e o concreto e o bloco (Fernandes, 2022).

Na sequência temos a Tabela 2 com o traço para graute, onde esses Os traços são adaptados das recomendações contidas no livro Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural (Parsekian; Hamid; Drysdale, 2014), seguindo as especificações da NBR 8798:2019, que estabelece os traços para graute em obras de alvenaria.

Tabela 2 - Traços (em volume) para Graute.

Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f_{gk} (MPa)
1	0,1	2,4	2,2	0,7	15
1	0,1	2,2	2	0,66	20
1	0,1	1,5	1,6	0,58	25
1	0,1	1,3	1,5	0,52	30
1	0,1	1	1,3	0,45	35

Fonte: Adaptado em Parsekian, Hamid e Drysdale (2014).

Os requisitos mínimos de resistência à compressão para graute de blocos estruturais são estabelecidos em 15 MPa, garantindo que ele possa suportar as cargas aplicadas de forma eficaz. No entanto, é importante ressaltar que a resistência do graute não é apenas uma questão de força; sua capacidade de preencher adequadamente os espaços vazios e envolver completamente as armaduras é fundamental para garantir a integridade estrutural (Canato, 2015).

Os ensaios de prisma, conduzidos de acordo com as normas da ABNT NBR 16868, (ABNT, 2020), são vitais para o controle de qualidade e a avaliação da resistência dos blocos na construção civil.

Esses ensaios, realizados após 28 dias, envolvem a sobreposição de dois blocos com uma junta de argamassa, podendo ser com ou sem grauteamento, dependendo dos requisitos do projeto. Durante o ensaio, a argamassa é aplicada com uma espessura padrão de 1 centímetro, com tolerância de ± 5 milímetros, para garantir a uniformidade dos resultados (Fernandes, 2022).

Para prismas grauteados, segundo NBR 16868-3, os procedimentos adicionais são necessários, incluindo a remoção do excesso de argamassa nos

furos dos blocos e a aplicação cuidadosa do graute, seguida por técnicas de compactação adequadas. A precisão e a consistência desses ensaios são essenciais para garantir a segurança e a confiabilidade das estruturas de alvenaria (ABNT, 2018).

Esses materiais e processos desempenham papéis complementares e interligados na construção civil, trabalhando em conjunto para garantir a integridade e a durabilidade das estruturas. A Tabela 3 apresenta informações de valores com referência para especificação da resistência da argamassa e graute, a partir da resistência do bloco, o que é de grande valia para evitar a especificação de elementos com resistências inadequadas.

Tabela 3 - Especificação da resistência dos materiais e componentes da alvenaria.

TIPO DE BLOCO	fbk	fa	fgk	f _{pk} /fbk	f _{pk} */f _{pk}	f _{pk}	f _{pk} *	Espessura mínima de parede do bloco (mm)
	MPa					MPa		
Bloco Vazado de Concreto (ABNT NBR 6136/2016) – Ref. 14X39 cm	3,0	4,0	15,0	0,80	2,00	2,40	4,80	25
	4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	3,20	6,40	25
	6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	4,50	7,90	25
	8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	6,00	10,50	25
	10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	7,00	12,30	25
	12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	8,40	13,40	25
	14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	9,80	15,70	25
	16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	10,40	16,60	25
	18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	11,70	18,70	25
	20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	1,00	19,20	25
	22,0	18,0	35,0	0,55	1,60	12,10	19,40	25
	24,0	18,0	40,0	0,55	1,60	13,20	21,10	25
Bloco Cerâmico de Parede Vazada (ABNT NBR 15.270- 1/2005) Ref. 14X29 cm	4,0	4,0	15,0	0,50	1,60	2,00	3,20	8
	6,0	6,0	15,0	0,50	1,60	3,00	4,80	8
	8,0	6,0	20,0	0,50	1,60	4,00	6,40	8
	10,0	8,0	25,0	0,45	1,60	4,50	7,20	8
	12,0	8,0	25,0	0,45	1,60	5,40	8,60	8
Bloco Cerâmico de Parede Maça (ABNT NBR 15.270- 1/2005) Ref. 14x29 cm	10,0	8,0	20,0	0,60	1,60	6,00	9,60	22
	14,0	12,0	25,0	0,60	1,60	8,40	13,40	25
	18,0	15,0	30,0	0,60	1,60	10,80	17,30	30

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16868-1 (2020)

A seguir, temos os significados dos termos presentes na Tabela 3:

- Resistência à compressão do bloco (f_{bk}): É a resistência à compressão do bloco de concreto ou cerâmico em megapascal (MPa). Essa resistência é determinada por testes de laboratório conforme as normas ABNT NBR 6136 e ABNT NBR 15270-1 para blocos de concreto e cerâmico, respectivamente.
- Resistência à tração na flexão da argamassa (f_a): Representa a resistência à tração na flexão da argamassa utilizada na alvenaria, também medida em megapascal (MPa).
- Resistência à compressão do graute (f_{gk}): Refere-se à resistência à compressão do graute utilizado para preencher as juntas e cavidades nos blocos de alvenaria, expressa em megapascal (MPa).
- Relação entre a resistência à compressão do prisma e a resistência à compressão do bloco ($\frac{f_{pk}}{f_{bk}}$): É a relação entre a resistência à compressão do prisma e a resistência à compressão do bloco de alvenaria. Essa relação é usada para avaliar a qualidade e a conformidade da alvenaria em relação aos padrões de resistência especificados.
- Relação entre a resistência à compressão do prisma com graute e a resistência à compressão do prisma ($\frac{f_{pk}^*}{f_{pk}}$): É outra relação entre a resistência à compressão do prisma com graute e a resistência do prisma. Essa relação também é utilizada para avaliar a qualidade e conformidade da alvenaria.

Além disso, a tabela também fornece informações sobre a espessura mínima da parede do bloco e sua respectiva resistência à compressão.

2.5 PLANILHAS ELETRÔNICAS

A planilha eletrônica é um *software* que organiza, calcula e analisa dados em formato de tabela. Permite realizar cálculos automáticos, aplicar fórmulas matemáticas, estatísticas e financeiras, além de criar gráficos para visualização dos dados. Ferramentas de análise e modelagem, como as planilhas, facilitam a interpretação de informações e previsões (Silva, 2013).

Sua contribuição se destaca pela eficiência, produtividade e facilidade de uso, agilizando cálculos, reduzindo erros e apoiando tomadas de decisão embasadas em dados. Com aplicação versátil em áreas como finanças, engenharia, ciência de dados e gerenciamento de projetos, a planilha eletrônica revolucionou a maneira como lidamos com dados, tornando-se indispensável para análise, organização e apresentação de informações de forma acessível e funcional (Brambilla Junior, 2014).

No contexto da engenharia civil, as planilhas eletrônicas desempenham um papel crucial no processo de realização de cálculos de dimensionamento. Com precisão e exatidão essenciais para o sucesso de qualquer projeto, essas ferramentas oferecem uma abordagem eficiente e confiável para realizar cálculos complexos (Brambilla Junior, 2014).

As planilhas eletrônicas são empregadas extensivamente para calcular parâmetros vitais, como resistência de materiais, cargas atuantes, momentos fletores, esforços cortantes, entre outros. Uma das principais vantagens das planilhas eletrônicas é a capacidade de executar cálculos repetitivos e complexos de forma rápida e precisa (Rother, 2020).

Permitem a criação de modelos detalhados que podem ser ajustados conforme as especificações do projeto, possibilitando a análise de diversas alternativas e cenários. No dimensionamento estrutural, por exemplo, são utilizadas para calcular tensões, deformações e solicitações em elementos estruturais como vigas, pilares e lajes (Rother, 2020).

Além disso, as planilhas são empregadas no cálculo de quantidades de materiais necessários para a construção, na estimativa de custos e na gestão de cronogramas de obra, otimizando processos e viabilizando um planejamento mais eficaz. Entretanto, é imprescindível ressaltar que a precisão dos resultados depende da correta inserção de dados e fórmulas na planilha, bem como da validação dos métodos utilizados (Januário, 2023).

À medida que a tecnologia avança, surgem softwares especializados em engenharia civil que oferecem recursos mais avançados e específicos para determinadas áreas, complementando o uso das planilhas eletrônicas em certos contextos (Fagundes, 2020).

O uso de macros associadas às planilhas eletrônicas é útil para usuários que buscam alternativas que facilitem os cálculos. Para desenvolver uma macro, é

necessário, primeiramente, levantar os parâmetros que influenciam nos procedimentos de cálculo (Silvano; Oliveira, 2018).

Após a criação, é imprescindível validar e testar a funcionalidade da macro no Excel, inserindo diferentes conjuntos de dados para verificar sua precisão nos cálculos. A validação é crucial para garantir a exatidão dos resultados (Fernandes, 2015). O Quadro 1 traz as etapas para a criação de uma Macro no *Excel*.

Quadro 1 - Etapas da criação do Macro no Excel.

Etapas	Considerações
Levantamento dos Parâmetros	Inicialmente, é necessário ter os parâmetros que influenciam nas formulações. Isso inclui as resistências, dimensões, tipo de material, entre outros.
Configuração da Planilha no <i>Excel</i>	A planilha do <i>Excel</i> deve ser configurada para incluir células específicas para entrada de dados relacionados aos parâmetros iniciais.
Desenvolvimento da Macro	A macro no <i>Excel</i> pode ser criada utilizando a linguagem VBA (<i>Visual Basic for Applications</i>). Ela automatiza o cálculo da resistência do bloco com base nos parâmetros fornecidos.
Validação e Teste da Macro	Após a criação da macro, é crucial validar e testar sua funcionalidade. Isso envolve inserir diferentes conjuntos de dados na planilha para verificar se a macro está calculando corretamente. A validação é essencial para garantir a precisão dos resultados.

Fonte: Adaptado de Nascimento (2018).

Em suma, a utilização de macros agiliza consideravelmente o processo de cálculo, poupando tempo tanto de engenheiros quanto de outros profissionais envolvidos (Nascimento, 2018). Sua interface de fácil utilização possibilita que seja adotada por uma ampla gama de profissionais, independentemente de sua experiência em programação. Adicionalmente, a macro pode ser customizada para se adequar a diferentes tipos de elementos estruturais, materiais ou fórmulas de cálculo, tornando-a altamente versátil para várias aplicações na engenharia civil (Silvano; Oliveira, 2018).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Este estudo classifica-se como uma pesquisa aplicada, visto que foram aplicados conhecimentos teóricos existentes (dimensionamento de paredes de alvenaria estrutural a compressão simples), que resultaram no desenvolvimento de uma ferramenta prática (planilha eletrônica no *Excel*).

3.2 NATUREZA DA PESQUISA

A natureza desta pesquisa partiu de um modelo predominantemente qualitativa, pois envolveu a análise das características e propriedades dos componentes e materiais de alvenaria, e também quantitativa, quando empregou fórmulas e cálculos que estimaram as respectivas resistências.

3.3 UNIVERSO E AMOSTRA

O universo da pesquisa consistiu em analisar condicionantes de blocos, prismas, argamassas e grautes de alvenaria estrutural utilizados em projetos de construção civil. A amostra foi constituída de informações determinadas, considerando diferentes dimensões e cargas, em que resultou no teste de precisão da planilha eletrônica.

3.4 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram coletados por meio de informações técnicas dos blocos, argamassas, formato do prisma, tipo de graute, dimensões da parede (largura, altura e comprimento), resistência à compressão, entre outros.

Tais informações foram obtidas através das Normas:

- ABNT NBR 6136:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – componentes;
- NBR 16868-1:2020 - Alvenaria estrutural - Parte 1: Determinação da resistência à compressão;

- NBR 13281:2019 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
- ABNT NBR 15270-1:2017 - Componentes Cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 15270-2:2023 - Componentes Cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de ensaios.

Essas informações foram organizadas e inseridas na planilha do *Excel* com o qual foi possível programar a Macro para cálculo das resistências em alvenarias de blocos de concretos e blocos cerâmicos.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada por meio da criação e aplicação da Macro desenvolvida na planilha eletrônica. Foram realizadas várias comparações entre os resultados obtidos pela planilha e os valores de exemplos encontrados na literatura, assim essa comparação valida a precisão e confiabilidade da ferramenta.

É importante frisar que a planilha pode ser utilizada para dimensionamento de paredes com blocos de concreto e blocos cerâmicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 APRESENTAÇÃO DA PLANILHA DESENVOLVIDA

A planilha apresentada na Figura 1 foi elaborada para simplificar o dimensionamento da compressão simples em alvenaria estrutural, ao qual se dá pelo preenchimento dos dados geométricos necessários para o cálculo da compressão simples, podendo se obter qual a resistência do bloco, traços de argamassa, traço de graute, resistência da argamassa e resistência do graute.

É encontrado na parte inferior direita a aparição de botões aos quais são variados de funções, mas bem descrita neles, como o tutorial, informações, resetar e resultados.

Figura 1 - Aba dos dados iniciais para cálculo e dimensionamento.

DADOS INICIAIS	
DADOS GEOMÉTRICOS Altura (H) : cm Comprimento (L) : cm Largura do Bloco (t) : cm Travamento de Parede: Extremidade Superior : ☐ Extremidade Inferior : ☐ Extremidade Esquerda : ☐ Extremidade Direita : ☐	CARGAS E COEFICIENTES Carga Permanente (G_k) : kN/m Carga Acidental (Q_k) : kN/m Majoração das Ações (γ_f) : 1,4 S/Und Minoração da Resistência (γ_m) : 2 S/Und TUTORIAL RESULTADOS INFORMAÇÕES RESETAR
Aviso: O usuário deve incluir o peso próprio da parede no carregamento permanente !!!	

Fonte: Autor (2024).

A seção dedicada aos dados geométricos é essencial para o dimensionamento estrutural adequado da parede. Nesta seção, o usuário deve inserir informações sobre as dimensões físicas da parede, como altura, comprimento e espessura. Esses dados geométricos são fundamentais para calcular a capacidade de carga da estrutura e garantir sua estabilidade e segurança.

Por outro lado, na seção de cargas e coeficientes, o usuário deve fornecer informações sobre as cargas atuantes na parede, expressas em kilonewtons por metro (kN/m). Isso inclui a carga permanente, como o próprio peso da parede, bem

como quaisquer cargas variáveis que possam agir sobre ela, como cargas de vento, sobrecargas acidentais, entre outras.

Além disso, a planilha permite que o usuário especifique o tipo e a quantidade de travamento de parede utilizado. O travamento é fundamental para reforçar a estabilidade da estrutura, especialmente contra cargas laterais, como aquelas provocadas por ventos ou pressão do solo. Essa informação é marcada na seção correspondente da planilha, garantindo que seja considerada na avaliação da resistência da parede.

Portanto, é crucial que todas as informações necessárias sejam inseridas corretamente na planilha para garantir uma avaliação precisa das cargas permanentes atuantes sobre a estrutura, se houver a falta de informação haverá a aparição de um aviso notificando qual item está faltando para haver o cálculo.

Figura 2 - Informativo da tabela de dimensionamento.

Dados Iniciais	INFORMAÇÕES SOBRE A PLANILHA
· A planilha foi criada para agilizar o dimensionamento à compressão simples de paredes em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos ou de concreto; · A especificação dos materiais e componentes são recomendações baseadas na NBR 16868-1 (ABNT, 2020), mas não dispensa os ensaios de caracterização destes; · Os traços sugeridos são baseados nas recomendações contidas no livro Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural (Parsekian; Hamid; Drysdale, 2014); · A planilha foi desenvolvida especificamente para situações de paredes não armadas e não muito esbeltas; · Caso o índice de esbeltez resulte em valores acima de 24, os cálculos não serão efetuados e um aviso será emitido informando que a parede precisa ser armada; · Caso o índice de esbeltez resulte em valores acima de 30, os cálculos não serão efetuados e um aviso será emitido informando que a parede é muito esbelta; · O traço de argamassa se dá pela sequência: cimento, cal e areia; · O traço de graute se dá pela sequência: cimento, cal, areia e brita 0 e o fator de a/c; · É preciso habilitar o uso dos macros da planilha no seu computador, se for ao caso clique no botão direito na planilha, logo após clique em propriedades e habilitar;	

Fonte: Autor (2024).

A especificação dos materiais e elementos é baseada nas indicações das normas técnicas ABNT NBR 6136:2016 para blocos vazados de concreto simples para alvenaria, ABNT NBR 15.270-1:2017 para componentes de vedações verticais, NBR 16868-1:2020 para determinação da resistência à compressão, NBR 13281:2019 para argamassa de assentamento e revestimento.

A planilha foi projetada para paredes não armadas, emitindo avisos se o índice de esbeltez exceder o valor calculado de 24, o que impede o cálculo.

No canto inferior direito, o usuário pode clicar no botão "Tutorial", que o direcionará para uma aba contendo um vídeo explicativo passo a passo sobre como utilizar a planilha. No vídeo explicativo a planilha é executada com um exemplo e demonstrando os avisos e suas funções. Na figura 3, é demonstrada a aba do tutorial.

Figura 3 - Aba de tutorial com vídeo.

Dados Iniciais **VÍDEO TUTORIAL**

Tutorial - Planilha para dimensionamento a compressão simples de paredes em Alvenaria Estrutural

DADOS INICIAIS

DADOS GEOMÉTRICOS

Altura (H): cm

Comprimento (L): cm

Largura do Bloco (t): cm

Travamento de Parede:

Extremidade Superior: ☐

Extremidade Inferior: ☐

Extremidade Esquerda: ☐

Extremidade Direita: ☐

CARGAS E COEFICIENTES

Carga Permanente (G_k): kN/m

Carga Acidental (Q_k): kN/m

Majoração das Ações (γ_f): S/Und

Minoração da Resistência (γ_m): S/Und

TUTORIAL **RESULTADOS**

INFORMAÇÕES **RESETAR**

Aviso: O usuário deve incluir o peso próprio da parede no carregamento permanente !!!

0:00 / 14:36

YouTube

Fonte: Autor (2024).

4.2 RESULTADOS OBTIDOS COM A TABELA DE DIMENSIONAMENTO

Na Figura 4, é exibida a aba dedicada à exibição dos resultados obtidos no dimensionamento de paredes, levando em consideração tanto a argamassa quanto o grauteamento, juntamente com suas especificações detalhadas.

Figura 4 - Aba de resultados - Bloco de Concreto.

RESULTADOS PARA BLOCO DE CONCRETO								
f _{pk} = 0 MPa (Valor Calculado)								
TIPO	PARÂMETROS							
	f _{pk} (MPa)	f _{bk} (MPa)	f _{pk} / f _{bk}	f _a (MPa)	Traço Arg.	f _{gk} (MPa)	Traço Graute	a/c
Argamassamento Total Sem Graute	0,0	-	-	-	#N/D	--	--	--
Argamassamento Total Graute Total	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
Argamassamento Total Graute a cada 2 furos	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
Argamassamento Parcial Sem Graute	0,0	-	-	-	#N/D	--	--	--
Argamassamento Parcial Graute Total	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
Argamassamento Parcial Graute a cada 2 furos	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
DADOS INICIAIS			BLOCO CERÂMICO			MEMÓRIA DE CÁLCULO		

Fonte: Autor (2024).

A Figura 4 apresenta diversos parâmetros importantes para o dimensionamento das paredes. O f_{pk} calculado representa a resistência à compressão do prisma. Já o f_{pk} adotado é o valor escolhido para essa resistência durante o dimensionamento sendo retirados da tabela da ABNT NBR 16868-1 (2020) geralmente optando-se por um valor conservador para garantir a segurança da estrutura.

Além disso, tem-se o f_{bk} e f_a calculados, que indicam, respectivamente, a resistência à compressão do bloco e da argamassa. A relação prisma/bloco mostra a proporção entre a resistência à compressão do prisma de alvenaria e a do bloco individual, o que é crucial para avaliar a qualidade e eficácia da alvenaria como um todo.

Os traços representam as proporções dos materiais utilizados na composição da argamassa e do graute. Por fim, o f_{gk} indica a resistência à compressão do graute utilizado na alvenaria.

Na construção, estão a Argamassa Total Sem Graute, Argamassa Total com Graute Total, Argamassa Total com Graute a cada 2 furos.

É interessante notar que, embora haja seis opções no total, na verdade existem apenas dois tipos de aplicações distintas de argamassa e três tipos distintas de utilização do graute. A diferenciação entre esses tipos se dá principalmente pelas variações na aplicação de argamassa e grauteamento, o que resulta em diferentes desempenhos e modificando o valor necessário da resistência do bloco necessária para a parede.

Com base nas informações fornecidas, a relação *a/c* (água/cimento) geralmente é um parâmetro associado ao traço do graute. Essa relação *a/c* indica a quantidade de água em relação à quantidade de cimento presente na mistura do graute.

Geralmente, uma relação *a/c* mais baixa indica uma mistura mais densa e resistente, pois há menos água presente para misturar com cimento, o que contribui para uma melhor resistência e durabilidade do material. Por outro lado, uma relação *a/c* mais alta pode resultar em uma mistura mais fácil de trabalhar e aplicar, mas pode comprometer a resistência e durabilidade do graute.

Em relação a Figura 5, são apresentados os mesmos parâmetros analisados na tabela da Figura 4, sendo que para blocos cerâmicos, acrescentado apenas o tipo de bloco (com paredes vazadas ou maciças).

Figura 5 - Tabela de resultados - Bloco Cerâmico.

RESULTADOS PARA BLOCO CERÂMICO									
f _{pk} = 0 MPa (Valor Calculado)									
TIPO	PARÂMETROS								
	Tipo	f _{pk} (MPa)	f _{bk} (MPa)	f _{pk} / f _{bk}	f _a (MPa)	Traço Arg.	f _{gk} (MPa)	Traço Graute	a/c
Argamassamento Total Sem Graute	Parede Vazada	0,0	-	-	-	#N/D	--	--	--
Argamassamento Total Graute Total	Parede Vazada	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
Argamassamento Total Graute a cada 2 furos	Parede Vazada	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
Argamassamento Parcial Sem Graute	Parede Vazada	0,0	-	-	-	#N/D	--	--	--
Argamassamento Parcial Graute Total	Parede Vazada	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
Argamassamento Parcial Graute a cada 2 furos	Parede Vazada	0,0	-	-	-	#N/D	-	#N/D	#N/D
DADOS INICIAIS			BLOCO CONCRETO				MEMÓRIA DE CÁLCULO		

Fonte: Autor (2024).

Assim como a tabela para bloco de concreto, a tabela de resultados de dimensionamento de blocos cerâmicos apresenta uma série de cenários variados, cada um com diferentes parâmetros, argamassamento e grauteamento.

Ou seja, as opções de resultados considerados incluem Argamassamento Total Sem Graute, Argamassamento Total com Graute Total e Argamassamento Total com Graute a cada 2 furos.

Cada célula determinada na tabela especifica o tipo de parede vazada ou parede Maciça do bloco, juntamente com os parâmetros de traço da argamassa e traço do graute, bem como a relação água/cimento.

4.3 MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CONCRETO E BLOCO DE CONCRETO CERÂMICO

Na Figura 6, é apresentada a memória de cálculo onde contém inúmeras tabelas para que seja feita todo o dimensionamento da compressão simples, como as tabelas dos traços de argamassa, traços de graute, índice de esbeltez, coeficiente redutor em função a esbeltez e a tabela de especificações dos materiais.

Figura 6 - Memória de cálculo para Bloco de Concreto.

BLOCO DE CONCRETO										MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CONCRETO																																																																																																																																																																																																																																	
Altura Efetiva (m)					Argamassam. Total Sem graute (MPa)					Argamassam. Total Com graute Total (MPa)					Argamassam. Total Com graute a cada 2 furos (MPa)																																																																																																																																																																																																																												
$\alpha_c = \text{FALSO}$					$f_{pk} = 0,0$					$f_{pk} = 0,0$					$f_{pk} = 0,0$																																																																																																																																																																																																																												
$\alpha_h = \text{FALSO}$					$f_{tk} = -$					$f_{tk} = -$					$f_{tk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
$H_{ef} = 0$					$f_2 = -$					$f_2 = -$					$f_2 = -$																																																																																																																																																																																																																												
Índice de Esbeltez					$f_{pk} = -$					$f_{pk} = -$					$f_{pk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
$\lambda = \#DIV/0!$					$f_{pk}/f_{tk} = -$					$f_{pk}/f_{tk} = -$					$f_{pk}/f_{tk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
Coeficiente Redutor em Função da Esbeltez					Argamassam. Parcial Sem graute (MPa)					Argamassam. Parcial Com graute Total (MPa)					Argamassam. Parcial Com graute a cada 2 furos (MPa)																																																																																																																																																																																																																												
$R = \#DIV/0!$					$f_{pk} = 0,0$					$f_{pk} = 0,0$					$f_{pk} = 0,0$																																																																																																																																																																																																																												
Espessura Acabada (m)					$f_{tk} = -$					$f_{tk} = -$					$f_{tk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
$e_{cab} = -$					$f_2 = -$					$f_2 = -$					$f_2 = -$																																																																																																																																																																																																																												
Carga Concentrada da Parede (kN)					$f_{pk} = -$					$f_{pk} = -$					$f_{pk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
$N_k = 0,0$					$f_2 = -$					$f_2 = -$					$f_2 = -$																																																																																																																																																																																																																												
Carga Distribuída da Parede (kN/m)					$f_{pk} = -$					$f_{pk} = -$					$f_{pk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
$q_k = -$					$f_{pk}/f_{tk} = -$					$f_{pk}/f_{tk} = -$					$f_{pk}/f_{tk} = -$																																																																																																																																																																																																																												
Resistência Mínima do Prisma (Mpa)					TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL					TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL (ADAPTADA PARA GRAUTE A CADA 2 FUROS)					TABELA DE TRACÇOS (Volume) Graute																																																																																																																																																																																																																												
$f_{pk} = 0,0$					<table border="1"> <thead> <tr> <th>f_{pk}</th> <th>f_{tk}</th> <th>f_2</th> <th>f_{pk}</th> <th>f_{pk}/f_{tk}</th> <th>f_{pk}^*/f_{pk}</th> <th>f_{pk}^*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3,2</td><td>4,0</td><td>4,0</td><td>15,0</td><td>0,80</td><td>2,00</td><td>6,4</td></tr> <tr><td>4,5</td><td>6,0</td><td>6,0</td><td>15,0</td><td>0,75</td><td>1,75</td><td>7,9</td></tr> <tr><td>6,0</td><td>8,0</td><td>6,0</td><td>20,0</td><td>0,75</td><td>1,75</td><td>10,5</td></tr> <tr><td>7,0</td><td>10,0</td><td>8,0</td><td>20,0</td><td>0,70</td><td>1,75</td><td>12,3</td></tr> <tr><td>8,4</td><td>12,0</td><td>8,0</td><td>25,0</td><td>0,70</td><td>1,60</td><td>13,4</td></tr> <tr><td>9,8</td><td>14,0</td><td>12,0</td><td>25,0</td><td>0,70</td><td>1,60</td><td>15,7</td></tr> <tr><td>10,4</td><td>16,0</td><td>12,0</td><td>30,0</td><td>0,65</td><td>1,60</td><td>16,6</td></tr> <tr><td>11,7</td><td>18,0</td><td>14,0</td><td>30,0</td><td>0,65</td><td>1,60</td><td>18,7</td></tr> <tr><td>12,0</td><td>20,0</td><td>14,0</td><td>35,0</td><td>0,60</td><td>1,60</td><td>19,2</td></tr> <tr><td>13,2</td><td>22,0</td><td>18,0</td><td>35,0</td><td>0,60</td><td>1,60</td><td>21,1</td></tr> <tr><td>14,4</td><td>24,0</td><td>18,0</td><td>40,0</td><td>0,60</td><td>1,60</td><td>23,0</td></tr> </tbody> </table>					f_{pk}	f_{tk}	f_2	f_{pk}	f_{pk}/f_{tk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*	3,2	4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	6,4	4,5	6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	7,9	6,0	8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	10,5	7,0	10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	12,3	8,4	12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	13,4	9,8	14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	15,7	10,4	16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	16,6	11,7	18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	18,7	12,0	20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	19,2	13,2	22,0	18,0	35,0	0,60	1,60	21,1	14,4	24,0	18,0	40,0	0,60	1,60	23,0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>f_{pk}</th> <th>f_{tk}</th> <th>f_2</th> <th>f_{pk}</th> <th>f_{pk}/f_{tk}</th> <th>f_{pk}^*/f_{pk}</th> <th>f_{pk}^*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3,2</td><td>4,0</td><td>4,0</td><td>15,0</td><td>0,80</td><td>1,50</td><td>4,8</td></tr> <tr><td>4,5</td><td>6,0</td><td>6,0</td><td>15,0</td><td>0,75</td><td>1,38</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>6,0</td><td>8,0</td><td>6,0</td><td>20,0</td><td>0,75</td><td>1,38</td><td>8,3</td></tr> <tr><td>7,0</td><td>10,0</td><td>8,0</td><td>20,0</td><td>0,70</td><td>1,38</td><td>9,6</td></tr> <tr><td>8,4</td><td>12,0</td><td>8,0</td><td>25,0</td><td>0,70</td><td>1,30</td><td>10,9</td></tr> <tr><td>9,8</td><td>14,0</td><td>12,0</td><td>25,0</td><td>0,70</td><td>1,30</td><td>12,7</td></tr> <tr><td>10,4</td><td>16,0</td><td>12,0</td><td>30,0</td><td>0,65</td><td>1,30</td><td>13,5</td></tr> <tr><td>11,7</td><td>18,0</td><td>14,0</td><td>30,0</td><td>0,65</td><td>1,30</td><td>15,2</td></tr> <tr><td>12,0</td><td>20,0</td><td>14,0</td><td>35,0</td><td>0,60</td><td>1,30</td><td>15,6</td></tr> <tr><td>13,2</td><td>22,0</td><td>18,0</td><td>35,0</td><td>0,60</td><td>1,30</td><td>17,2</td></tr> <tr><td>14,4</td><td>24,0</td><td>18,0</td><td>40,0</td><td>0,60</td><td>1,30</td><td>18,7</td></tr> </tbody> </table>					f_{pk}	f_{tk}	f_2	f_{pk}	f_{pk}/f_{tk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*	3,2	4,0	4,0	15,0	0,80	1,50	4,8	4,5	6,0	6,0	15,0	0,75	1,38	6,2	6,0	8,0	6,0	20,0	0,75	1,38	8,3	7,0	10,0	8,0	20,0	0,70	1,38	9,6	8,4	12,0	8,0	25,0	0,70	1,30	10,9	9,8	14,0	12,0	25,0	0,70	1,30	12,7	10,4	16,0	12,0	30,0	0,65	1,30	13,5	11,7	18,0	14,0	30,0	0,65	1,30	15,2	12,0	20,0	14,0	35,0	0,60	1,30	15,6	13,2	22,0	18,0	35,0	0,60	1,30	17,2	14,4	24,0	18,0	40,0	0,60	1,30	18,7	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">TABELA DE TRACÇOS (Volume) Graute</th> </tr> <tr> <th>Cimento</th> <th>Cal</th> <th>Areia</th> <th>Brita 0</th> <th>a/c</th> <th>f_{pk} (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>2,4</td><td>2,2</td><td>0,7</td><td>15</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>2,2</td><td>2</td><td>0,66</td><td>20</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>1,5</td><td>1,6</td><td>0,58</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>0,52</td><td>30</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,1</td><td>1</td><td>1,3</td><td>0,45</td><td>35</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>40</td></tr> </tbody> </table>					TABELA DE TRACÇOS (Volume) Graute						Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f_{pk} (MPa)	1	0,1	2,4	2,2	0,7	15	1	0,1	2,2	2	0,66	20	1	0,1	1,5	1,6	0,58	25	1	0,1	1,3	1,5	0,52	30	1	0,1	1	1,3	0,45	35	-	-	-	-	-	40
f_{pk}	f_{tk}	f_2	f_{pk}	f_{pk}/f_{tk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*																																																																																																																																																																																																																																					
3,2	4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	6,4																																																																																																																																																																																																																																					
4,5	6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	7,9																																																																																																																																																																																																																																					
6,0	8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	10,5																																																																																																																																																																																																																																					
7,0	10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	12,3																																																																																																																																																																																																																																					
8,4	12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	13,4																																																																																																																																																																																																																																					
9,8	14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	15,7																																																																																																																																																																																																																																					
10,4	16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	16,6																																																																																																																																																																																																																																					
11,7	18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	18,7																																																																																																																																																																																																																																					
12,0	20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	19,2																																																																																																																																																																																																																																					
13,2	22,0	18,0	35,0	0,60	1,60	21,1																																																																																																																																																																																																																																					
14,4	24,0	18,0	40,0	0,60	1,60	23,0																																																																																																																																																																																																																																					
f_{pk}	f_{tk}	f_2	f_{pk}	f_{pk}/f_{tk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*																																																																																																																																																																																																																																					
3,2	4,0	4,0	15,0	0,80	1,50	4,8																																																																																																																																																																																																																																					
4,5	6,0	6,0	15,0	0,75	1,38	6,2																																																																																																																																																																																																																																					
6,0	8,0	6,0	20,0	0,75	1,38	8,3																																																																																																																																																																																																																																					
7,0	10,0	8,0	20,0	0,70	1,38	9,6																																																																																																																																																																																																																																					
8,4	12,0	8,0	25,0	0,70	1,30	10,9																																																																																																																																																																																																																																					
9,8	14,0	12,0	25,0	0,70	1,30	12,7																																																																																																																																																																																																																																					
10,4	16,0	12,0	30,0	0,65	1,30	13,5																																																																																																																																																																																																																																					
11,7	18,0	14,0	30,0	0,65	1,30	15,2																																																																																																																																																																																																																																					
12,0	20,0	14,0	35,0	0,60	1,30	15,6																																																																																																																																																																																																																																					
13,2	22,0	18,0	35,0	0,60	1,30	17,2																																																																																																																																																																																																																																					
14,4	24,0	18,0	40,0	0,60	1,30	18,7																																																																																																																																																																																																																																					
TABELA DE TRACÇOS (Volume) Graute																																																																																																																																																																																																																																											
Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f_{pk} (MPa)																																																																																																																																																																																																																																						
1	0,1	2,4	2,2	0,7	15																																																																																																																																																																																																																																						
1	0,1	2,2	2	0,66	20																																																																																																																																																																																																																																						
1	0,1	1,5	1,6	0,58	25																																																																																																																																																																																																																																						
1	0,1	1,3	1,5	0,52	30																																																																																																																																																																																																																																						
1	0,1	1	1,3	0,45	35																																																																																																																																																																																																																																						
-	-	-	-	-	40																																																																																																																																																																																																																																						
Resistência Mínima do Prisma Argamassamento Parcial (Mpa)					TABELA DE TRACÇOS (Volume) Argamassa					TABELA DE TRACÇOS (Volume) Graute																																																																																																																																																																																																																																	
$f_{pk} = 0,0$					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cimento</th> <th>Cal</th> <th>Areia</th> <th>f_2 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,5</td><td>6</td><td>12</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>5</td><td>14</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,25</td><td>5</td><td>18</td></tr> </tbody> </table>					Cimento	Cal	Areia	f_2 (MPa)	1	3	5	4	1	2	3	6	1	1	7	8	1	0,5	6	12	1	1	5	14	1	0,25	5	18	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cimento</th> <th>Cal</th> <th>Areia</th> <th>f_2 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,5</td><td>6</td><td>12</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>5</td><td>14</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,25</td><td>5</td><td>18</td></tr> </tbody> </table>					Cimento	Cal	Areia	f_2 (MPa)	1	3	5	4	1	2	3	6	1	1	7	8	1	0,5	6	12	1	1	5	14	1	0,25	5	18																																																																																																																																																																					
Cimento	Cal	Areia	f_2 (MPa)																																																																																																																																																																																																																																								
1	3	5	4																																																																																																																																																																																																																																								
1	2	3	6																																																																																																																																																																																																																																								
1	1	7	8																																																																																																																																																																																																																																								
1	0,5	6	12																																																																																																																																																																																																																																								
1	1	5	14																																																																																																																																																																																																																																								
1	0,25	5	18																																																																																																																																																																																																																																								
Cimento	Cal	Areia	f_2 (MPa)																																																																																																																																																																																																																																								
1	3	5	4																																																																																																																																																																																																																																								
1	2	3	6																																																																																																																																																																																																																																								
1	1	7	8																																																																																																																																																																																																																																								
1	0,5	6	12																																																																																																																																																																																																																																								
1	1	5	14																																																																																																																																																																																																																																								
1	0,25	5	18																																																																																																																																																																																																																																								
$\lambda = h_e / t_e$					$h_e \leq \left\{ \frac{\alpha_v \cdot h}{0,7 \cdot \sqrt{\alpha_v \cdot h \cdot \alpha_h \cdot l}} \right\}$					$f_{pk} \geq \left(\frac{\gamma_f \times \gamma_m}{0,7 \times R \times t_e} \right) \times q_k$																																																																																																																																																																																																																																	
$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]$																																																																																																																																																																																																																																											

Fonte: Autor (2024).

Estão dispostas as tabelas, formulas utilizadas e diversas informações sobre as etapas de cálculo, como:

- Coeficiente de esbeltez vertical (α_v): Este coeficiente é variado de acordo com os travamentos das extremidades da parede na vertical sendo travada em cima, travada em baixo ou travada nas 2 direções, sendo necessário para o cálculo da altura efetiva.
- Coeficiente de esbeltez horizontal (α_h): O coeficiente é variado de acordo com os travamentos das extremidades da parede sendo travado somente na esquerda, somente travada na direita ou travada nas 2 direções, sendo necessário para o cálculo da altura efetiva.
- Altura Efetiva (h_{ef}): Este é o primeiro ponto a ser considerado ao projetar uma parede de alvenaria. Refere-se à altura total da parede, que influencia diretamente sua estabilidade e resistência.
- Índice de Esbeltez (λ) e Coeficiente Redutor em Função da Esbeltez: Esses parâmetros avaliam a relação entre a altura efetiva e a espessura acabada da parede. A esbeltez da parede afeta sua capacidade de suportar cargas verticais e laterais, e o coeficiente redutor ajusta a resistência do prisma de acordo com esse fator.
- Carga Concentrada da Parede (kN) e Carga Distribuída da Parede (kN/m): Esses parâmetros representam as cargas aplicadas à parede de alvenaria, tanto concentradas em pontos específicos quanto distribuídas uniformemente ao longo da parede. Temos como exemplos que podem se citados, uma prateleira pesada fixada diretamente na parede. Uma viga de suporte de carga aplicando peso em um ponto específico da parede. Instalação de um quadro grande ou espelho pesado diretamente na parede. O peso de um ar-condicionado montado na parede.
- Resistência Mínima do Prisma (MPa) e Resistência Mínima do Prisma Argamassa Parcial (MPa): Esses valores definem a resistência mínima exigida para o prisma de alvenaria em diferentes situações, garantindo que a estrutura seja capaz de suportar as cargas aplicadas.
- Argamassa Total Sem Graute: Indica a resistência à compressão do bloco de concreto ou cerâmico quando se tem aplicação da argamassa na área total do bloco e não há graute na parede.
- Argamassa Total Com Graute Total: Indica a resistência à compressão

do bloco de concreto ou cerâmico quando se tem aplicação da argamassa na área total do bloco e contem graute total na parede.

- Argamassa Total Com Graute a Cada 2 Furos: Indica a resistência à compressão do bloco de concreto ou cerâmico quando se tem aplicação da argamassa na área total do bloco e contem graute a cada dois furos na parede.
- Tabela de Traços (Volume): Esta tabela lista as proporções de materiais como cimento, cal, areia e brita para preparar o graute.
- Tabela de Especificação dos Materiais da Alvenaria Estrutural: Esta tabela lista as especificações dos materiais utilizados na alvenaria estrutural.

Ao integrar todos esses aspectos, é possível projetar e dimensionar adequadamente paredes de alvenaria, garantindo sua capacidade de suportar cargas e sua estabilidade ao longo do tempo.

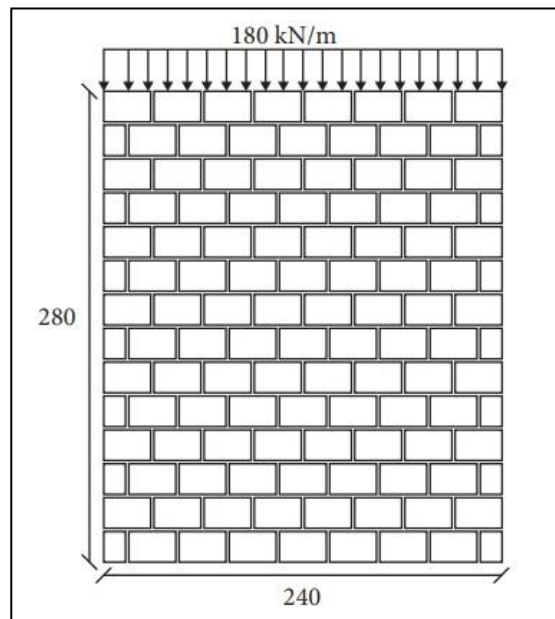
4.4 EXEMPLO PRÁTICO

Durante a execução do trabalho, foram realizados diversos exemplos práticos utilizando a planilha eletrônica para blocos de concreto e blocos cerâmicos. Esses testes abrangeram uma variedade de cenários de aplicação. Como exemplo a figura 7, consideremos uma parede dimensionada com altura de 280 cm e comprimento de 240 cm, utilizando blocos de largura de 14 cm.

Neste caso, os travamentos nas extremidades superior e inferior são aplicados, conforme ilustrado na Figura 8. A carga permanente foi estabelecida como 180 kN/m levando em consideração as considerações da NBR 6120 (ABNT, 2019), representando o peso próprio da parede e outros elementos fixos. Não há especificação para carga acidental.

Esses exemplos foram retirados do exemplo fornecido no livro "Parâmetros de Projetos de Alvenaria Estrutural com Bloco de Concreto" (Parsekian; Medeiros, 2021).

Figura 7 – Dados (Exemplo 1).



Fonte: Adaptado de Parsekian e Medeiros (2021).

Figura 8 - Tabela de cálculos - Dados Iniciais.

DADOS INICIAIS	
DADOS GEOMÉTRICOS Altura (H) : 280 cm Comprimento (L) : 240 cm Largura do Bloco (t) : 14 cm Travamento de Parede: Extremidade Superior : ☒ Extremidade Inferior : ☒ Extremidade Esquerda : ☐ Extremidade Direita : ☐	CARGAS E COEFICIENTES Carga Permanente (G_k) : 180,00 kN/m Carga Acidental (Q_k) : kN/m Majoração das Ações (γ_f) : 1,4 S/Und Minoração da Resistência (γ_m) : 2 S/Und TUTORIAL RESULTADOS INFORMAÇÕES RESETAR
Aviso: O usuário deve incluir o peso próprio da parede no carregamento permanente !!!	

Fonte: Autor (2024).

A partir da utilização do Macro, e consequentemente a inserção dos dados na planilha, foi possível obter os parâmetros das etapas de cálculo, conforme apresentado nas tabelas do memorial nas Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Dados dos parâmetros calculados.

RESULTADO DE BLOCO DE CONCRETO
Altura Efetiva (m)
$\alpha_e = \text{FALSO}$
$\alpha_{\phi} = \text{FALSO}$
$H_{ef} = 2,8$
Índice de Esbeltez
$\lambda = 20,0$
Coefficiente Redutor em Função da Esbeltez
$R = 0,88$
Espessura Acabada (m)
$e_{cab} = 0,15$
Carga Concentrada da Parede (kN)
$N_k = 432,0$
Carga Distribuída da Parede (kN/m)
$q_k = 180,0$
Resistência Mínima do Prisma (Mpa)
$f_{pk} = 5,9$
Resistência Mínima do Prisma Argamassamento Parcial (Mpa)
$f_{pk} = 7,3$

Fonte: Autor (2024).

A altura efetiva da parede foi calculada igual a 2,8 m. O índice de esbeltez da parede resultou em 20,0 e o coeficiente redutor em função da esbeltez foi de 0,88. A espessura da parede com revestimento é considerada 0,15 m. A carga concentrada na parede é de 432 kN, enquanto a carga distribuída uniformemente ao longo da parede é de 180 kN/m.

A resistência mínima exigida para o prisma de alvenaria resultou em 5,9 MPa, enquanto a resistência mínima exigida para o prisma de alvenaria quando a argamassa é aplicada parcialmente foi de 7,3 MPa.

Baseando-se nas informações contidas nas tabelas de especificação dos materiais da alvenaria estrutural, tabela de especificação dos materiais da alvenaria estrutural (adpatada para graute a cada 2 furos), tabela de traços de volumes para grautes e argamassas, foi possível chegar a seis resultados das resistências de acordo com o tipo de material, que podem ser vistos na Figura 10.

Figura 10 - Memória de cálculo das resistências para bloco de concreto.

MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CONCRETO					
Argamassam. Total Sem graute (MPa)		Argamassam. Total Com graute Total (MPa)		Argamassam. Total Com graute a cada 2 furos (MPa)	
$f_{pk} = 6,0$		$f_{pk^*} = 6,4$		$f_{pk^*} = 6,2$	
$f_{bk} = 8,0$		$f_{bk} = 4,0$		$f_{bk} = 6,0$	
$f_a = 6,0$		$f_a = 4,0$		$f_a = 6,0$	
$f_{gk} = --$		$f_{gk} = 15,0$		$f_{gk} = 15,0$	
$f_{pk}/f_{bk} = 0,75$		$f_{pk^*}/f_{bk} = 2,00$		$f_{pk^*}/f_{bk} = 1,38$	
Argamassam. Parcial Sem graute (MPa)		Argamassam. Parcial Com graute Total (MPa)		Argamassam. Parcial Com graute a cada 2 furos (MPa)	
$f_{pk} = 8,4$		$f_{pk^*} = 7,9$		$f_{pk^*} = 8,3$	
$f_{bk} = 12,0$		$f_{bk} = 6,0$		$f_{bk} = 8,0$	
$f_a = 8,0$		$f_a = 6,0$		$f_a = 6,0$	
$f_{gk} = --$		$f_{gk} = 15,0$		$f_{gk} = 20,0$	
$f_{pk}/f_{bk} = 0,70$		$f_{pk^*}/f_{bk} = 1,75$		$f_{pk^*}/f_{bk} = 1,38$	

Fonte: Autor (2024).

As tabelas apresentadas na Figura 10 correspondem à:

- Argamassa Total Sem Graute (MPa): Indica as resistências do prisma (f_{pk}), do bloco (f_{bk}), da argamassa (f_a) e não há graute presente na parede. Nesse contexto, a relação entre a resistência do prisma (f_{pk}) e a resistência do bloco (f_{bk}) é fundamental para avaliar a capacidade de suporte da parede de alvenaria.
- Argamassa Total Com Graute Total (MPa): São apresentadas as resistências do prisma (f_{pk}), do bloco (f_{bk}) e o graute é aplicado em toda a parede. Nesta descrição, é crucial considerar a relação entre a resistência do prisma grauteado (f_{pk^*}) e a resistência do bloco (f_{bk}), e também a resistência do graute (f_{gk}).
- Argamassa Total Com Graute a Cada 2 Furos (MPa): Têm-se as resistências do prisma (f_{pk}), do bloco (f_{bk}), da argamassa (f_a) e o graute é aplicado a cada dois furos na parede sendo 1 furo grauteado e outro não grauteado. Aqui também é importante incluir a resistência da argamassa (f_a), a relação entre a resistência do prisma grauteado a cada 2 furos ($f_{pk^{2*}}$) e a resistência do bloco (f_{bk}) e a resistência do graute (f_{gk}).
- Argamassa Parcial Com Graute a Cada 2 Furos (MPa): Nesta coluna indica as informações sobre a resistência do prisma (f_{pk}), resistência do bloco (f_{bk}),

resistência da argamassa (f_a) e nesta a argamassa é aplicada parcialmente, no caso é passada somente nas faces longitudinais dos blocos e contem graute a cada 2 furos no que se refere grautea 1 furo e outro não assim por diante na parede. Nesta descrição, a relação entre a resistência do prisma (f_{pk}), a resistência do bloco (f_{bk}) e a resistência da argamassa (f_a) é relevante.

Quanto à disposição dos resultados, esses são expressos da seguinte maneira, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Disposição dos resultados obtidos para cada tipo condicionante e seus respectivos parâmetros.

RESULTADOS PARA BLOCO DE CONCRETO								
$f_{pk} = 5,9 \text{ MPa (Valor Calculado)}$								
TIPO	PARÂMETROS							
	$f_{pk} \text{ (MPa)}$	$f_{bk} \text{ (MPa)}$	f_{pk} / f_{bk}	$f_a \text{ (MPa)}$	Traço Arg.	$f_{gk} \text{ (MPa)}$	Traço Graute	a/c
Argamassamento Total Sem Graute	6,0	8,0	0,75	6,0	1:2:3	--	--	--
Argamassamento Total Graute Total	6,4	4,0	1,60	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Total Graute a cada 2 furos	6,2	6,0	1,03	6,0	1:2:3	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Parcial Sem Graute	8,4	12,0	0,70	8,0	1:1:7	--	--	--
Argamassamento Parcial Graute Total	7,9	6,0	1,32	6,0	1:2:3	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Parcial Graute a cada 2 furos	8,3	8,0	1,03	6,0	1:2:3	20,0	1:0,1:2,2:2	0,66
DADOS INICIAIS			BLOCO CERÂMICO			MEMÓRIA DE CÁLCULO		

Fonte: Autor (2024).

Na categoria Argamassa Total Sem Graute, a resistência do prisma é de 6,0 MPa, enquanto a resistência do bloco de concreto é de 8,0 MPa, com relação entre a resistência característica do prisma e resistência característica do bloco no valor de 0,75. A resistência da argamassa é de 6,0 MPa. O traço da argamassa consiste em 1 parte de cimento para 2 partes de cal para 3 partes de areia.

Quanto a categoria Argamassa Total Graute Total, a resistência do prisma é de 6,4 MPa, seguida pela resistência do bloco de concreto 4,0 MPa, e relação entre a resistência característica do prisma grauteado e resistência característica do bloco no valor de 1,60. A resistência da argamassa diminui para 4,0 MPa. É utilizado um traço de argamassa de 1 parte de cimento para 3 de cal para 5 de areia. A resistência do graute necessária de 15,0 MPa, com traço de 1 parte de cimento para 0,1 parte de cal para 2,4 parte de areia para 2,2 parte de brita 0, com fator a/c de

0,7.

Para a categoria Argamassa Total Com Graute a Cada 2 Furos, a resistência do prisma é de 6,2 MPa, seguida pela resistência do bloco de concreto 6,0 MPa, e relação entre a resistência característica do prisma grauteado a cada 2 furos e resistência característica do bloco no valor de 1,03. A resistência da argamassa necessária é de 6,0 MPa. É utilizado um traço de argamassa de 1 parte de cimento para 2 de cal para 3 de areia. A resistência do graute necessária de 15,0 MPa, com traço de 1 parte de cimento para 0,1 parte de cal para 2,4 parte de areia para 2,2 parte de brita 0, com fator α/c de 0,7.

No Argamassa Parcial Sem Graute, a resistência do prisma é de 8,4 MPa, enquanto a resistência do bloco de concreto é de 12,0 Mpa, com relação entre a resistência característica do prisma e resistência característica do bloco no valor de 0,7. A resistência da argamassa é de 8,0 MPa. O traço da argamassa consiste em 1 parte de cimento para 1 partes de cal para 7 partes de areia.

Em Argamassa Parcial Com Graute Total, a resistência do prisma é de 7,9 MPa, seguida pela resistência do bloco de concreto 6,0 MPa, e relação entre a resistência característica do prisma grauteado e resistência característica do bloco no valor de 1,32. A resistência da argamassa diminui para 6,0 MPa. É utilizado um traço de argamassa de 1 parte de cimento para 2 de cal para 3 de areia. A resistência do graute necessária de 15,0 MPa, com traço de 1 parte de cimento para 0,1 parte de cal para 2,4 parte de areia para 2,2 parte de brita 0, com fator α/c de 0,7.

Para Argamassa Parcial Com Graute a Cada 2 Furos, a resistência do prisma é de 8,3 MPa, seguida pela resistência do bloco de concreto 8,0 MPa, e relação entre a resistência característica do prisma e resistência característica do bloco no valor de 1,03. A resistência da argamassa diminui para 6,0 MPa. É utilizado um traço de argamassa de 1 parte de cimento para 2 de cal para 3 de areia. A resistência do graute necessária de 20,0 MPa, com traço de 1 parte de cimento para 0,1 parte de cal para 2,2 parte de areia para 2 parte de brita 0, com fator α/c de 0,66.

Por fim, é possível visualizar que na aba de resultados existem opções de seleções, que podem direcionar a dados iniciais, bloco cerâmico (Exemplo no apêndice 1), e memória de cálculo já apresentado no decorrer do presente trabalho e passar para o dimensionamento para blocos cerâmicos.

Para manter a objetividade e evitar repetições excessivas, apenas este

exemplo está sendo apresentado em detalhes no texto. Outro exemplo utilizado para verificar a planilha de cálculo está disponível no Apêndice II, facilitando a consulta e compreensão do processo de dimensionamento das paredes de alvenaria estrutural.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de macros para criação de planilhas no Excel se mostrou fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. A capacidade de automatizar tarefas repetitivas e complexas permitiu uma maior eficiência no processo de dimensionamento de paredes de alvenaria a compressão simples, facilitando a análise e proporcionando resultados mais precisos em um curto espaço de tempo.

Ao associar o uso de macros à criação de planilhas para dimensionamento de paredes de alvenaria, tanto com blocos de concretos quanto com blocos cerâmicos, alcançamos um maior nível de eficiência e precisão. As macros desenvolvidas permitiram calcular de forma rápida e precisa a resistência do prisma, do bloco, da argamassa e do graute, levando em consideração uma série de parâmetros e normas técnicas.

Durante o desenvolvimento do trabalho, foram reunidos dados normativos de especificação dos materiais e componentes para análise. Foram criadas macros eficientes dentro da planilha eletrônica para realizar os cálculos necessários, desenvolvemos uma interface intuitiva para facilitar a utilização da planilha, foi verificado a precisão dos resultados obtidos com exemplos da literatura e casos reais de paredes de alvenaria, e sugerimos traços de argamassa e graute com base na resistência calculada.

Com base nos resultados obtidos e na análise realizada, é evidente que o objetivo de desenvolver uma planilha eletrônica para o dimensionamento à compressão simples das paredes e a especificação da resistência de seus componentes e materiais foi alcançado com sucesso. A facilidade de uso e a automatização do processo de cálculo proporcionadas pela planilha a tornam uma ferramenta extremamente valiosa para engenheiros civis, arquitetos e demais profissionais do setor da construção civil, assim como também no meio acadêmico.

Considerando o sucesso alcançado com o uso de macros e planilhas para o dimensionamento de paredes de alvenaria, bem como a análise abrangente realizada neste trabalho, algumas sugestões para trabalhos futuros podem incluir:

- Investigar formas de aprimorar ainda mais as macros desenvolvidas, buscando maior eficiência e velocidade de processamento. Isso pode envolver a revisão do código existente, a implementação de novas funcionalidades e a adaptação para lidar com mais cenários;

- Realizar testes experimentais para validar os resultados obtidos pela planilha eletrônica. Isso pode ser feito através da construção e ensaio de paredes de alvenaria em laboratório, comparando os resultados práticos com os calculados pela planilha;
- Expandir a planilha para incluir o dimensionamento de paredes de alvenaria utilizando materiais além de blocos de concreto e blocos cerâmicos. Isso pode incluir materiais alternativos, como blocos de solo-cimento ou blocos de EPS, e exigiria a adaptação dos cálculos e das especificações de materiais ainda sem normatização;
- Realizar estudos de caso específicos para investigar a aplicabilidade da planilha em diferentes contextos construtivos;
- Criar uma versão mais abrangente da planilha que incorpore não apenas o dimensionamento à compressão simples, mas também outras análises estruturais relevantes para paredes de alvenaria, como flexão, cisalhamento e estabilidade global;
- Realizar uma análise de custo-benefício para avaliar a viabilidade econômica da utilização da planilha em projetos reais de construção. Isso poderia incluir a comparação dos custos associados à utilização da planilha em relação aos métodos tradicionais de cálculo e projeto.

Essas sugestões representam áreas potenciais para pesquisa futura, visando aprimorar e expandir o conhecimento e as ferramentas disponíveis para o dimensionamento de paredes de alvenaria na construção civil.

REFERÊNCIAS

- ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria Estrutural**. 1998. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_KristianeMattarAccetti.pdf>. Acesso em: 2 Dez. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – 2016. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16815:2019** – Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Requisitos. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: 2017** - Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: 2023** - Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 2: Métodos de ensaios. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 16868-1**: Alvenaria Estrutural - Parte 1: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 16868-3**: Alvenaria Estrutural - Parte 3: Execução de prismas grauteados para ensaio de resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos parte 2: Execução e controle de obras. 2019.
- AZEVEDO, Hélio Alves de. **Edifício e seu Acabamento**. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 2004.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em Alvenaria**: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: Cientec, 1998. Boletim técnico n. 25.
- BRAMBILLA JUNIOR, Valdir. **Utilização de planilhas eletrônicas para o auxílio no dimensionamento de fundações profundas**. 2014. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- CAMACHO, J. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificiosde-alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso em: 03 Dez. 2023.

CANATO, Ricardo Luiz. **Considerações para o controle tecnológico de obras em alvenaria estrutural**. 2015.

FAGUNDES, Gabriel Gervásio. **Desenvolvimento e validação de planilha eletrônica para cálculo de aterro e sistema de contenção**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Curso de Engenharia Civil, 2020/1. 14 p.

FERNANDES, J. C. **Resistência de Materiais na Construção Civil: Utilização de Macros no Microsoft Excel para Cálculo de Blocos**. São Paulo: Editora Engenharia Moderna, 2015.

FERNANDES, Marcos J. G.; FILHO, Antonio F. S. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Salvador, 2010. Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0075.pdf>. Acesso em: 16 Fev. 2024.

FORTES, Ernesto Silva. **Caracterização da alvenaria estrutural de alta resistência**. 2017.

JANUÁRIO, Marcela Brandão. **Desenvolvimento de planilha eletrônica para o dimensionamento de instalações de recalque e seleção de bombas para edifícios multifamiliares verticais**. 2023. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

KLEIN, Bruno Gustavo, MARONEZI Vinícius. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e Light Steel Frame para construção de conjuntos habitacionais**. BS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

LOPES, Anna Christinna Secundo. **Avaliação do comportamento de edifícios de alvenaria estrutural sobre estrutura de transição considerando a interação solo-estrutura e o efeito construtivo**. 2019. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2004. 116 p.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural. Materiais, projeto e desempenho**. Página 22. Editora Blucher, 2014. Disponível em: <https://issuu.com/editorablucher/docs/issuuok-peq/9>. Acesso em: 2 Dez. 2023.

MORAES, Eduardo Nervis. **Dimensionamento de um edifício de seis pavimentos em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2018. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

MOHAMAD, Gihad; MACHADO, Diego Willian Nascimento; JANTSCH, Ana Cláudia Akele. **Alvenaria estrutural: construindo o conhecimento**. Editora Blücher,

2021.LUME-UFRG-site repositório digital, disponível em https://lume-re demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_calcareos.php. Acesso em 10 de Fev 2024.

NASCIMENTO, Robson Medeiros do. **Aplicação da Visual Basic for Applications no Microsoft Office Excel para a elaboração de orçamentos analíticos em projetos de engenharia civil**. João Pessoa, 2018. 69 f. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I – UFPB / Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

NOLLA, Artur Hernandes. **Análise comparativa entre métodos construtivos residenciais em alvenaria convencional e steel frame**. 2022. 52f.: il. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Natal, 2022.

PASCOALINO, J. S.; MAROTTA, L. I. M.; SANTOS, G. S.; CLEMENTE, G. A. B. F.; LIMA, G. de M.; CUNHA, F. M. Análise de viabilidade entre alvenaria estrutural cerâmica e a construção convencional. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 142–166, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i1.3187. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3187>. Acesso em: 17 mar. 2024

PARSEKIAN, Guilherme Aris; MEDEIROS, Wallison Angelim. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2021. 147 p.

PONCIANO, Ana Paula da Silva; SILVA, Giovanna Lyssa. **Estudo comparativo entre sistemas de construção de alvenaria convencional e monolite**. 2020, 46P. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Curso de Engenharia Civil. Goiás], 2020.

PRUDÊNCIO JR, L. R. ; OLIVEIRA, Alexandre Lima de ; BEDIN, Carlos Augusto. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: editora Pallotti, 2002. 207p.

RAMALHO, M. A.; CORREA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2003.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. 1.ed. (3. tiragem) São Paulo: Pini, 2003 (tiragem de 2008).

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. 2003

RODRIGUES, Heuller Freitas. **Alvenaria Estrutural em Edifícios: Revisão e Caso de Estudo**. 2023. 171f. Relatório Final (Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção) Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, para obtenção do grau. Bragança-SP. 2023.

SABBATINI, F. H. **Argamassa de assentamento para paredes de alvenaria resistente.**

São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. Boletim técnico n. 02/86.

SANTIAGO, A.K.; RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, M.S. de Light Steel Framing como alternativa para a construção de moradias populares. In: **CONSTRUMETAL**. 4ª edição, 2010, São Paulo. Congresso Latino-Americano da Construção Metálica.

SANTOS, Igor Antonio Pereira. **Alvenaria estrutural e uma análise comparativa entre blocos cerâmicos e de concreto.** 2021. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2021.

SANTOS, Gustavo Moreira Senes dos; BASSO, Otávio Lucas de Almeida Prado. **Qualidade na Construção Civil com Enfoque no Processo Construtivo de Alvenaria Estrutural Não Armada de Blocos de Concreto.** Palhoça, 2020. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina, 2020.

SCHMITZ, Guilherme Antonio; MARTINS, Willian. **Alvenaria Estrutural: Diretrizes para o Detalhamento de Projeto em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto.** Palhoça, 2017. 134 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina, 2017.

SILVA, Hugo Ricardo Aquino Sousa da. **Viabilidade estrutural dos blocos em concreto vazado produzidos com agregados da região do baixo amazonas estado do Pará, para a utilização em alvenaria estrutural.** 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2017. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/9868>>. Acesso em: 01 Dez. 2023.

SILVA, Romulo Nolasco Martins. **Estudo exploratório da cadeia de suprimentos da alvenaria estrutural: o caso dos blocos cerâmicos e de concreto.** 2023. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Foz do Iguaçu, 2023.

SILVA, Maicon Herverton Lino Ferreira da. **Planilhas Eletrônicas.** Pernambuco: Secretária da educação, 2013. Disponível em : <https://sisacad.educacao.pe.gov.br/bibliotecavirtual/bibliotecavirtual/texto/CadernodeINFOPlanilhaEletrnicaRDDI.pdf>. Acesso em: 13 Dez. 2023.

SILVANO, Maira Fernandes Gabriel; OLIVEIRA, Milena Fidelis de. **A utilização do Excel como ferramenta didática: funções de primeiro e segundo grau no primeiro ano do Ensino Médio.** Tubarão/SC, 2018. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado em Matemática) - Universidade do Sul de Santa Catarina. Orientadora: Prof. Me. Vanessa Soares Sandrini Garcia. 2018.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural.** São Paulo: PINI, 2010.

VIEIRA, Samara Dantas. **Estudo comparativo sobre o dimensionamento de alvenaria estrutural em flexocompressão no estágio II e estágio III.** 2022. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, 2022.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural.** São Carlos: EdUfscar. 2013.

APÊNDICE I – DIMENSIONAMENTO À COMPRESSÃO SIMPLES DE PAREDES PARA BLOCOS CERÂMICOS (EXEMPLO 1)

Figura 12 - Memória de cálculo para blocos cerâmicos (Exemplo 1).

RESULTADOS DE BLOCO CERÂMICO		MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CERÂMICO					
Altura Efetiva (m)		Argamassam. Total Sem graute (MPa)		Argamassam. Total Com graute Total (MPa)		Argamassam. Total Com graute a cada 2 furos (MPa)	
α_v = FALSO		f_{pk} = 6,0		$f_{pk}^* = 6,4$		$f_{pk}^* = 7,0$	
α_h = FALSO		f_{bk} = 10,0		$f_{bk} = 8,0$		$f_{bk} = 12,0$	
H_{ef} = 2,8		f_d = 8,0		$f_d = 6,0$		$f_d = 8,0$	
Índice de Esbeltez		$f_{pk} = --$		$f_{pk} = 20,0$		$f_{pk} = 25,0$	
λ = 20,0		$f_{pk}/f_{bk} = 0,60$		$f_{pk}^*/f_{bk} = 0,80$		$f_{pk}^*/f_{bk} = 0,59$	
Coefficiente Redutor em Função da Esbeltez							
R = 0,88							
Espessura Acabada (m)		Argamassam. Parcial Sem graute (MPa)		Argamassam. Parcial Com graute Total (MPa)		Argamassam. Parcial Com graute a cada 2 furos (MPa)	
e_{calc} = 0,15		f_{pk} = 8,4		$f_{pk}^* = 8,6$		$f_{pk}^* = 7,8$	
Carga Concentrada da Parede (kN)		f_{bk} = 14,0		$f_{bk} = 12,0$		$f_{bk} = 10,0$	
N_k = 432,0		f_d = 12,0		$f_d = 8,0$		$f_d = 8,0$	
Carga Distribuída da Parede (kN/m)		$f_{pk} = --$		$f_{pk} = 25,0$		$f_{pk} = 20,0$	
q_k = 180,0		$f_{pk}/f_{bk} = 0,60$		$f_{pk}^*/f_{bk} = 0,72$		$f_{pk}^*/f_{bk} = 0,78$	
Resistência Mínima do Prisma (Mpa)							
f_{pk} = 5,9							
Resistência Mínima do Prisma Argamassamento Parcial (Mpa)							
f_{pk} = 7,3							

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL							
f_{pk}	f_{bk}	f_d	f_{pk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*	
2,0	4,0	4,0	15,0	0,50	1,60	3,2	
3,0	6,0	6,0	15,0	0,50	1,60	4,8	
4,0	8,0	6,0	20,0	0,50	1,60	6,4	
4,5	10,0	8,0	25,0	0,45	1,60	7,2	
5,4	12,0	8,0	25,0	0,45	1,60	8,6	
6,0	10,0	8,0	20,0	0,60	1,60	9,6	
8,4	14,0	12,0	25,0	0,60	1,60	13,4	
10,8	18,0	15,0	30,0	0,60	1,60	17,3	

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL (ADAPTADA PARA GRAUTE A CADA 2 FUROS)							
f_{pk}	f_{bk}	f_d	f_{pk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*	
2,0	4,0	4,0	15,0	0,50	1,30	2,6	
3,0	6,0	6,0	15,0	0,50	1,30	3,9	
4,0	8,0	6,0	20,0	0,50	1,30	5,2	
4,5	10,0	8,0	25,0	0,45	1,30	5,9	
5,4	12,0	8,0	25,0	0,45	1,30	7,0	
6,0	10,0	8,0	20,0	0,60	1,30	7,8	
8,4	14,0	12,0	25,0	0,60	1,30	10,9	
10,8	18,0	15,0	30,0	0,60	1,30	14,0	

TABELA DE TRAÇOS (Volume)					
Graute					
Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f_{pk} (MPa)
1	0,1	2,4	2,2	0,7	15
1	0,1	2,2	2	0,66	20
1	0,1	1,5	1,6	0,58	25
1	0,1	1,3	1,5	0,52	30
1	0,1	1	1,3	0,45	35
-	-	-	-	-	40

TABELA DE TRAÇOS (Volume)			
Argamassa			
Cimento	Cal	Areia	f_c (MPa)
1	3	5	4
1	2	3	6
1	1	7	8
1	0,5	6	12
1	1	5	14
1	0,25	5	15

$$\lambda = h_e / t_e$$

$$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]$$

$$h_e \leq \left\{ 0,7 \cdot \sqrt{\alpha_v \cdot h \cdot \alpha_h \cdot l} \right.$$

$$f_{pk} \geq \left(\frac{\gamma_f \times \gamma_m}{0,7 \times R \times t_e} \right) \times q_k$$

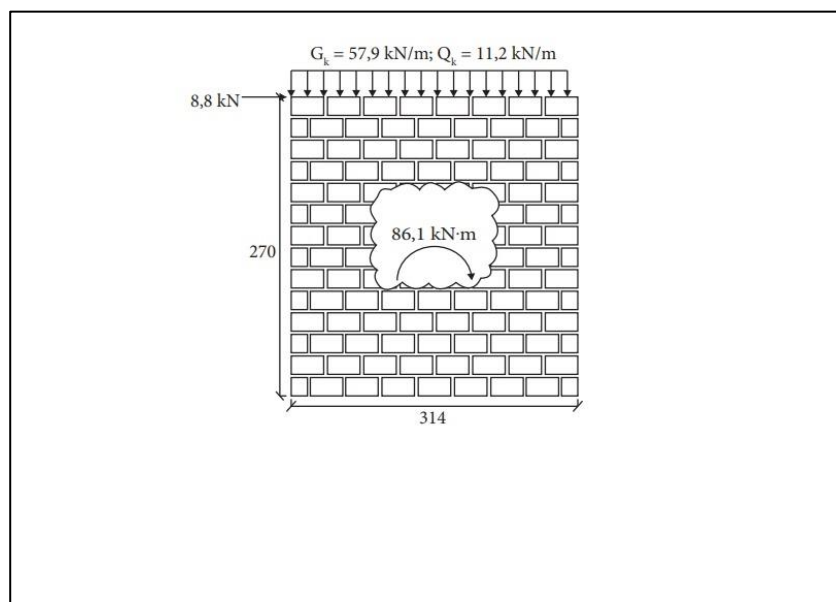
Figura 13 - Resultados obtidos de parâmetros para blocos cerâmicos (Exemplo 1).

RESULTADOS PARA BLOCO CERÂMICO									
f _{pk} = 5,9 MPa (Valor Calculado)									
TIPO	PARÂMETROS								
	Tipo	f _{pk} (MPa)	f _{bk} (MPa)	f _{pk} / f _{bk}	f _a (MPa)	Traço Arg.	f _{gk} (MPa)	Traço Graute	a/c
Argamassamento Total Sem Graute	Parede Maciça	6,0	10,0	0,60	8,0	1:1:7	--	--	--
Argamassamento Total Graute Total	Parede Vazada	6,4	8,0	0,80	6,0	1:2:3	20,0	1:0,1:2,2:2	0,66
Argamassamento Total Graute a cada 2 furos	Parede Maciça	7,0	12,0	0,59	8,0	1:1:7	25,0	1:0,1:1,5:1,6	0,58
Argamassamento Parcial Sem Graute	Parede Maciça	8,4	14,0	0,60	12,0	1:0,5:6	--	--	--
Argamassamento Parcial Graute Total	Parede Vazada	8,6	12,0	0,72	8,0	1:1:7	25,0	1:0,1:1,5:1,6	0,58
Argamassamento Parcial Graute a cada 2 furos	Parede Maciça	7,8	10,0	0,78	8,0	1:1:7	20,0	1:0,1:2,2:2	0,66
DADOS INICIAIS			BLOCO CONCRETO				MEMÓRIA DE CÁLCULO		

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE II – DIMENSIONAMENTO À COMPRESSÃO SIMPLES DE PAREDES EM ALVENARIA ESTRUTURAL (EXEMPLO 2)

Figura 14 - Dados (Exemplo 2).



Fonte: Autor (2024).

Figura 15 - Aba de Dados Iniciais (Exemplo 2).

DADOS INICIAIS

DADOS GEOMÉTRICOS

Altura (H) : 270 cm

Comprimento (L) : 314 cm

Largura do Bloco (t) : 14 cm

Travamento de Parede:

Extremidade Superior : ☒

Extremidade Inferior : ☒

Extremidade Esquerda : ☐

Extremidade Direita : ☐

CARGAS E COEFICIENTES

Carga Permanente (G_k) : 57,90 kN/m

Carga Acidental (Q_k) : 11,20 kN/m

Majoração das Ações (γ_f) : 1,4 S/Und

Minoração da Resistência (γ_m) : 2 S/Und

TUTORIAL

INFORMAÇÕES

RESULTADOS

RESETAR

Aviso: O usuário deve incluir o peso próprio da parede no carregamento permanente !!!

Fonte: Autor (2024).

Figura 16 - Resultados obtidos de parâmetros para blocos de concreto (Exemplo 2).

RESULTADOS PARA BLOCO DE CONCRETO								
$f_{pk} = 2,2 \text{ MPa}$ (Valor Calculado)								
TIPO	PARÂMETROS							
	f_{pk} (MPa)	f_{bk} (MPa)	f_{pk} / f_{bk}	f_a (MPa)	Traço Arg.	f_{gk} (MPa)	Traço Graute	a/c
Argamassamento Total Sem Graute	3,2	4,0	0,80	4,0	1:3:5	--	--	--
Argamassamento Total Graute Total	6,4	4,0	1,60	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Total Graute a cada 2 furos	4,8	4,0	1,20	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Parcial Sem Graute	3,2	4,0	0,80	4,0	1:3:5	--	--	--
Argamassamento Parcial Graute Total	6,4	4,0	1,60	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Parcial Graute a cada 2 furos	4,8	4,0	1,20	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
DADOS INICIAIS			BLOCO CERÂMICO			MEMÓRIA DE CÁLCULO		

Fonte: Autor (2024).

Figura 17 - Memória de cálculo para blocos de concreto (Exemplo 2).

RESULTADO DE BLOCO DE CONCRETO

Altura Efetiva (m)

α_e = FALSO

α_b = FALSO

H_{ef} = 2,7

Índice de Esbeltez

λ = 19,3

Coefficiente Redutor em Função da Esbeltez

R = 0,89

Espessura Acabada (m)

e_{cab} = 0,15

Carga Concentrada da Parede (kN)

N_k = 217,0

Carga Distribuída da Parede (kN/m)

q_k = 69,1

Resistência Mínima do Prisma (Mpa)

f_{pk} = 2,2

Resistência Mínima do Prisma Argamassamento Parcial (Mpa)

f_{pk} = 2,8

MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CONCRETO

Argamassam. Total Sem graute (MPa)

f_{pk} = 3,2

f_{bk} = 4,0

f_s = 4,0

f_{pk} = --

f_{pk}/f_{bk} = 0,80

Argamassam. Total Com graute Total (MPa)

f_{pk} = 6,4

f_{bk} = 4,0

f_s = 4,0

f_{pk} = 15,0

f_{pk}/f_{bk} = 1,60

Argamassam. Total Com graute a cada 2 furos (MPa)

f_{pk} = 4,8

f_{bk} = 4,0

f_s = 4,0

f_{pk} = 15,0

f_{pk}/f_{bk} = 1,20

Argamassam. Parcial Sem graute (MPa)

f_{pk} = 3,2

f_{bk} = 4,0

f_s = 4,0

f_{pk} = --

f_{pk}/f_{bk} = 0,80

Argamassam. Parcial Com graute Total (MPa)

f_{pk} = 6,4

f_{bk} = 4,0

f_s = 4,0

f_{pk} = 15,0

f_{pk}/f_{bk} = 1,60

Argamassam. Parcial Com graute a cada 2 furos (MPa)

f_{pk} = 4,8

f_{bk} = 4,0

f_s = 4,0

f_{pk} = 15,0

f_{pk}/f_{bk} = 1,20

TABELA DE TRAÇOS (Volume)

Graute

Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f_{pk} (MPa)
1	0,1	2,4	2,2	0,7	15
1	0,1	2,2	2	0,66	20
1	0,1	1,5	1,6	0,58	25
1	0,1	1,3	1,5	0,52	30
1	0,1	1	1,3	0,45	35
-	-	-	-	-	40

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

f_{pk}	f_{bk}	f_s	f_{pk}	f_{bk}	f_s	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*
3,2	4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	6,4		
4,5	6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	7,9		
6,0	8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	10,5		
7,0	10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	12,3		
8,4	12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	13,4		
9,8	14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	15,7		
10,4	16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	16,6		
11,7	18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	18,7		
12,0	20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	19,2		
13,2	22,0	18,0	35,0	0,60	1,60	21,1		
14,4	24,0	18,0	40,0	0,60	1,60	23,0		

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL (ADAPTADA PARA GRAUTE A CADA 2 FUROS)

f_{pk}	f_{bk}	f_s	f_{pk}	f_{bk}	f_s	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*
3,2	4,0	4,0	15,0	0,80	1,50	4,8		
4,5	6,0	6,0	15,0	0,75	1,38	6,2		
6,0	8,0	6,0	20,0	0,75	1,38	8,3		
7,0	10,0	8,0	20,0	0,70	1,38	9,6		
8,4	12,0	8,0	25,0	0,70	1,30	10,9		
9,8	14,0	12,0	25,0	0,70	1,30	12,7		
10,4	16,0	12,0	30,0	0,65	1,30	13,5		
11,7	18,0	14,0	30,0	0,65	1,30	15,2		
12,0	20,0	14,0	35,0	0,60	1,30	15,6		
13,2	22,0	18,0	35,0	0,60	1,30	17,2		
14,4	24,0	18,0	40,0	0,60	1,30	18,7		

$\lambda = h_e / t_e$

$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]$

$$h_e \leq \begin{cases} \alpha_v \cdot h \\ 0,7 \cdot \sqrt{\alpha_v \cdot h \cdot \alpha_h \cdot l} \end{cases}$$
$$f_{pk} \geq \left(\frac{\gamma_f \times \gamma_m}{0,7 \times R \times t_e} \right) \times q_k$$

Figura 18 - Resultados obtidos de parâmetros para blocos cerâmicos (Exemplo 2).

RESULTADOS PARA BLOCO CERÂMICO									
f _{pk} = 2,2 MPa (Valor Calculado)									
TIPO	PARÂMETROS								
	Tipo	f _{pk} (MPa)	f _{bk} (MPa)	f _{pk} / f _{bk}	f _a (MPa)	Traço Arg.	f _{gk} (MPa)	Traço Graute	a/c
Argamassamento Total Sem Graute	Parede Vazada	3,0	6,0	0,50	6,0	1:2:3	--	--	--
Argamassamento Total Graute Total	Parede Vazada	3,2	4,0	0,80	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Total Graute a cada 2 furos	Parede Vazada	2,6	4,0	0,65	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Parcial Sem Graute	Parede Vazada	3,0	6,0	0,50	6,0	1:2:3	--	--	--
Argamassamento Parcial Graute Total	Parede Vazada	3,2	4,0	0,80	4,0	1:3:5	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
Argamassamento Parcial Graute a cada 2 furos	Parede Vazada	3,9	6,0	0,65	6,0	1:2:3	15,0	1:0,1:2,4:2,2	0,7
DADOS INICIAIS			BLOCO CONCRETO				MEMÓRIA DE CÁLCULO		

Fonte: Autor (2024).

Figura 19 - Memória de cálculo para blocos cerâmicos (Exemplo 2).

RESULTADOS DE BLOCO CERÂMICO		MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA BLOCO DE CERÂMICO																																																									
Altura Efetiva (m)		Argamassam. Total Sem graute (MPa)				Argamassam. Total Com graute Total (MPa)				Argamassam. Total Com graute a cada 2 furos (MPa)				TABELA DE TRAÇOS (Volume) Graute <table><tr><th>Cimento</th><th>Cal</th><th>Areia</th><th>Brita 0</th><th>a/c</th><th>f_{gk} (MPa)</th></tr><tr><td>1</td><td>0,1</td><td>2,4</td><td>2,2</td><td>0,7</td><td>15</td></tr><tr><td>1</td><td>0,1</td><td>2,2</td><td>2</td><td>0,66</td><td>20</td></tr><tr><td>1</td><td>0,1</td><td>1,5</td><td>1,6</td><td>0,58</td><td>25</td></tr><tr><td>1</td><td>0,1</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>0,52</td><td>30</td></tr><tr><td>1</td><td>0,1</td><td>1</td><td>1,3</td><td>0,45</td><td>35</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>40</td></tr></table>				Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f _{gk} (MPa)	1	0,1	2,4	2,2	0,7	15	1	0,1	2,2	2	0,66	20	1	0,1	1,5	1,6	0,58	25	1	0,1	1,3	1,5	0,52	30	1	0,1	1	1,3	0,45	35	-	-	-	-	-	40
Cimento	Cal	Areia	Brita 0	a/c	f _{gk} (MPa)																																																						
1	0,1	2,4	2,2	0,7	15																																																						
1	0,1	2,2	2	0,66	20																																																						
1	0,1	1,5	1,6	0,58	25																																																						
1	0,1	1,3	1,5	0,52	30																																																						
1	0,1	1	1,3	0,45	35																																																						
-	-	-	-	-	40																																																						
α _c = FALSO		f _{gk} = 3,0				f _{gk} * = 3,2				f _{gk} * = 2,6																																																	
α _h = FALSO		f _{bk} = 6,0				f _{bk} = 4,0				f _{bk} = 4,0																																																	
H _{ef} = 2,7		f _s = 6,0				f _s = 4,0				f _s = 4,0																																																	
Índice de Esbeltezz		f _{gk} = ∞				f _{gk} = 15,0				f _{gk} = 15,0																																																	
λ = 19,3		f _{pk} /f _{bk} = 0,50				f _{pk} */f _{bk} = 0,80				f _{pk} */f _{bk} = 0,65																																																	
Coeficiente Redutor em Função da Esbeltezz																																																											
R = 0,89																																																											
Espessura Acabada (m)		Argamassam. Parcial Sem graute (MPa)				Argamassam. Parcial Com graute Total (MPa)				Argamassam. Parcial Com graute a cada 2 furos (MPa)																																																	
e _{cal} = 0,15		f _{gk} = 3,0				f _{gk} * = 3,2				f _{gk} * = 3,9																																																	
Carga Concentrada da Parede (kN)		f _{bk} = 6,0				f _{bk} = 4,0				f _{bk} = 6,0																																																	
N _k = 217,0		f _s = 6,0				f _s = 4,0				f _s = 6,0																																																	
Carga Distribuída da Parede (kN/m)		f _{gk} = ∞				f _{gk} = 15,0				f _{gk} = 15,0																																																	
q _k = 69,1		f _{pk} /f _{bk} = 0,50				f _{pk} */f _{bk} = 0,80				f _{pk} */f _{bk} = 0,65																																																	
Resistência Mínima do Prisma (Mpa)																																																											
f _{pk} = 2,2																																																											
Resistência Mínima do Prisma Argamassamento Parcial (Mpa)																																																											
f _{pk} = 2,8																																																											

$$\lambda = h_e / t_e$$

$$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]$$

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

f _{pk}	f _{bk}	f _s	f _{pk}	f _{pk} /f _{bk}	f _{pk} */f _{pk}	f _{pk} *
2,0	4,0	4,0	15,0	0,50	1,60	3,2
3,0	6,0	6,0	15,0	0,50	1,60	4,8
4,0	8,0	6,0	20,0	0,50	1,60	6,4
4,5	10,0	8,0	25,0	0,45	1,60	7,2
5,4	12,0	8,0	25,0	0,45	1,60	8,6
6,0	10,0	8,0	20,0	0,60	1,60	9,6
8,4	14,0	12,0	25,0	0,60	1,60	13,4
10,8	18,0	15,0	30,0	0,60	1,60	17,3

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ALVENARIA ESTRUTURAL (ADAPTADA PARA GRAUTE A CADA 2 FUROS)

f _{pk}	f _{bk}	f _s	f _{pk}	f _{pk} /f _{bk}	f _{pk} */f _{pk}	f _{pk} *
2,0	4,0	4,0	15,0	0,50	1,30	2,6
3,0	6,0	6,0	15,0	0,50	1,30	3,9
4,0	8,0	6,0	20,0	0,50	1,30	5,2
4,5	10,0	8,0	25,0	0,45	1,30	5,9
5,4	12,0	8,0	25,0	0,45	1,30	7,0
6,0	10,0	8,0	20,0	0,60	1,30	7,8
8,4	14,0	12,0	25,0	0,60	1,30	10,9
10,8	18,0	15,0	30,0	0,60	1,30	14,0

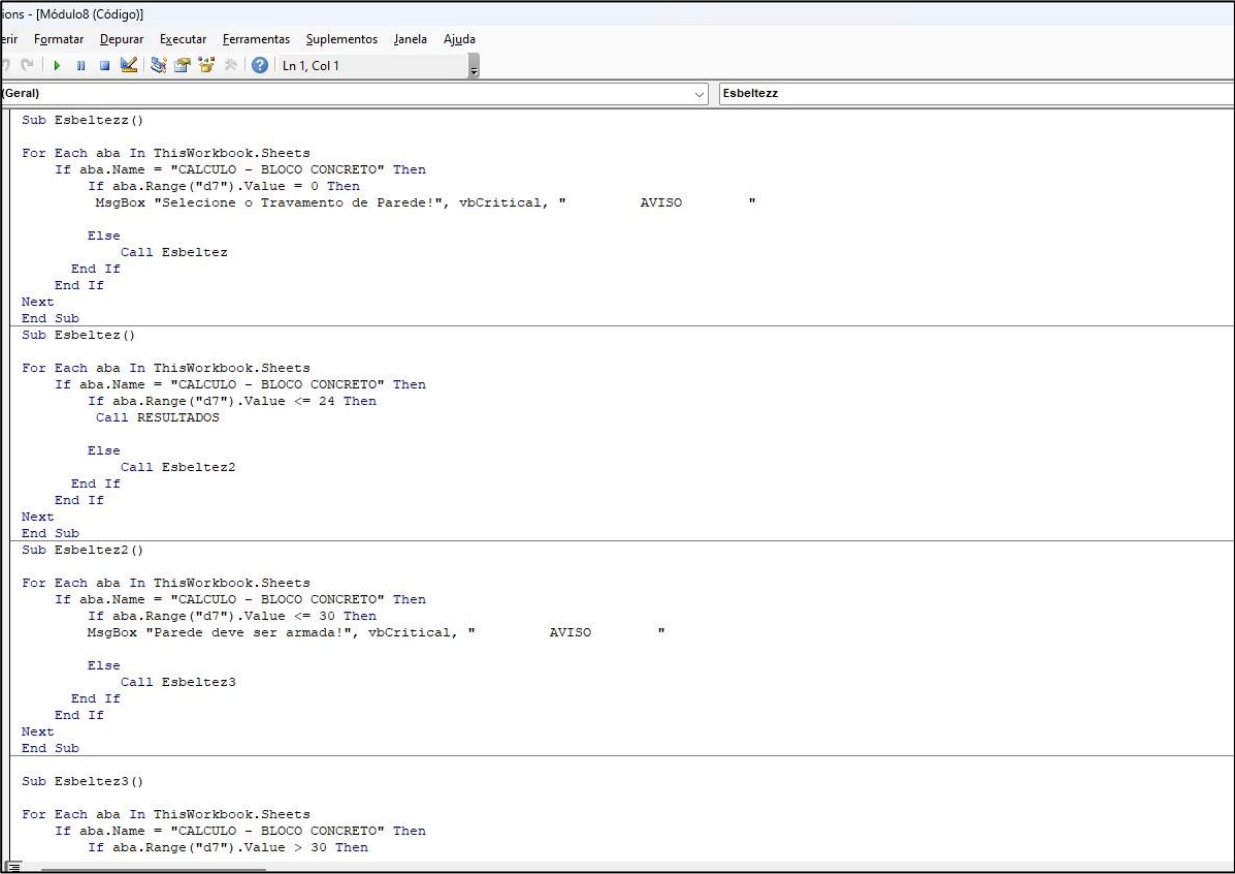
$$h_e \leq \left\{ \frac{\alpha_v \cdot h}{0,7 \cdot \sqrt{\alpha_v \cdot h \cdot \alpha_h \cdot l}} \right\}$$

$$f_{pk} \geq \left(\frac{\gamma_f \times \gamma_m}{0,7 \times R \times t_e} \right) \times q_k$$

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE III – MACROS UTILIZADOS NO EXCEL POR MEIO DO VBA (LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO).

Figura 20 - Aba de macro para esbeltez



```

ons - [Módulo8 (Código)]
erir  Formatar  Depurar  Executar  Ferramentas  Suplementos  Janela  Ajuda
Ln 1, Col 1

Geral)  Esbeltezz

Sub Esbeltezz()

For Each aba In ThisWorkbook.Sheets
If aba.Name = "CALCULO - BLOCO CONCRETO" Then
If aba.Range("d7").Value = 0 Then
MsgBox "Selecione o Travamento de Parede!", vbCritical, "      AVISO      "
Else
Call Esbeltez
End If
End If
Next
End Sub

Sub Esbeltez()

For Each aba In ThisWorkbook.Sheets
If aba.Name = "CALCULO - BLOCO CONCRETO" Then
If aba.Range("d7").Value <= 24 Then
Call RESULTADOS
Else
Call Esbeltez2
End If
End If
Next
End Sub

Sub Esbeltez2()

For Each aba In ThisWorkbook.Sheets
If aba.Name = "CALCULO - BLOCO CONCRETO" Then
If aba.Range("d7").Value <= 30 Then
MsgBox "Parede deve ser armada!", vbCritical, "      AVISO      "
Else
Call Esbeltez3
End If
End If
Next
End Sub

Sub Esbeltez3()

For Each aba In ThisWorkbook.Sheets
If aba.Name = "CALCULO - BLOCO CONCRETO" Then
If aba.Range("d7").Value > 30 Then

```

Fonte: Autor (2024).

Figura 21 - Aba de macro para aviso (1)

```

Sub RESULTADOS ()
'
' RESULTADOS Macro
'
'
'
    Sheets("Resultados Concreto").Select
End Sub

Sub preenchanto1()
If Range("d5").Value <= 0 Then
If Range("d7").Value <= 0 Then
If Range("d9").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then

        MsgBox "Falta preencher a Altura (H), Comprimento (L), Largura do Bloco (t) e Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "        AVISO

        Else
        Call preenchanto2

    End If
    Else
        Call preenchanto2

    End If
    Else
        Call preenchanto2

    End If
    Else
        Call preenchanto2

    End If

End Sub

Sub preenchanto2()
If Range("d7").Value <= 0 Then
If Range("d9").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then

        MsgBox "Falta preencher o Comprimento (L), Largura do Bloco (t) e Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "        AVISO        "

        Else
        Call preenchanto3

    End If

End Sub

```

Fonte: Autor (2024).

Figura 22 - Aba de macro para aviso (2)

```

Módulo2 (Código)
Ver  Formatar  Depurar  Executar  Ferramentas  Suplementos  Janela  Ajuda
Ln 1, Col 1

(Geral)  RESULTADOS

If Range("d5").Value <= 0 Then
If Range("d7").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then

    MsgBox "Falta preencher a Altura (H), Comprimento (L) e Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "        AVISO        "

    Else
    Call preenchimento4

    End If
    Else
    Call preenchimento4

    End If
    Else
    Call preenchimento4

    End If
End If

End Sub

Sub preenchimento4()
If Range("d5").Value <= 0 Then
If Range("d7").Value <= 0 Then
If Range("d9").Value <= 0 Then

    MsgBox "Falta preencher a Altura (H), Comprimento (L) e Largura do Bloco (t) !", vbExclamation, "        AVISO        "

    Else
    Call preenchimento5

    End If
    Else
    Call preenchimento5

    End If
    Else
    Call preenchimento5

    End If
End If

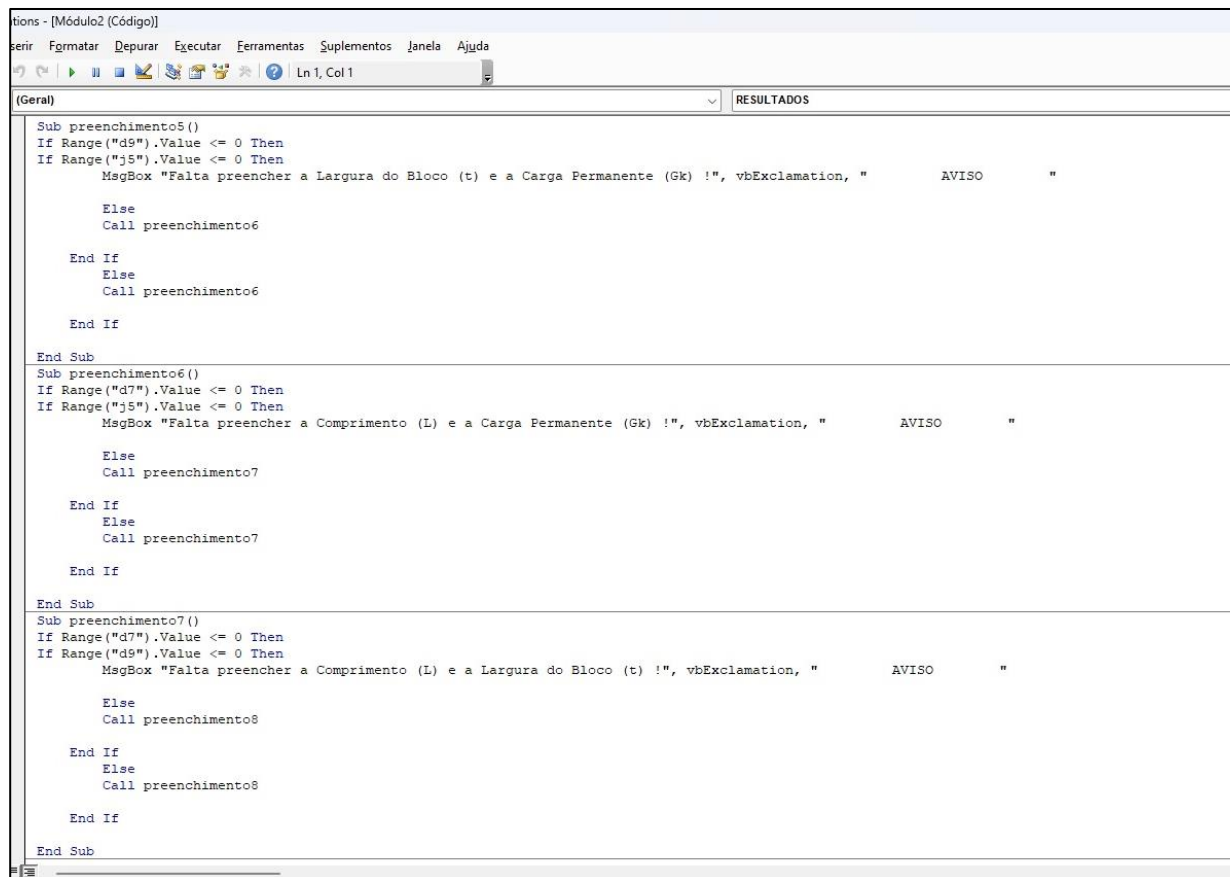
End Sub

Sub preenchimento5()
If Range("d9").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then

```

Fonte: Autor (2024).

Figura 23 - Aba de macro para aviso (3)



```

tions - [Módulo2 (Código)]
Arquivo  Editar  Formatar  Depurar  Executar  Ferramentas  Suplementos  Janela  Ajuda
Ln 1, Col 1

(Geral)  RESULTADOS

Sub preenchimento5()
If Range("d9").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher a Largura do Bloco (t) e a Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "    AVISO    "

Else
Call preenchimento6

End If
Else
Call preenchimento6

End If
End Sub

Sub preenchimento6()
If Range("d7").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher a Comprimento (L) e a Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "    AVISO    "

Else
Call preenchimento7

End If
Else
Call preenchimento7

End If
End Sub

Sub preenchimento7()
If Range("d7").Value <= 0 Then
If Range("d9").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher a Comprimento (L) e a Largura do Bloco (t) !", vbExclamation, "    AVISO    "

Else
Call preenchimento8

End If
Else
Call preenchimento8

End If
End Sub

```

Fonte: Autor (2024).

Figura 24 - Aba de macro para aviso (4)

```

tions - [Módulo2 (Código)]
Arquivo  Formatar  Depurar  Executar  Ferramentas  Suplementos  Janela  Ajuda
Ln 1, Col 1

(Geral)  RESULTADOS

Sub preenchimento8()
If Range("d5").Value <= 0 Then
If Range("j5").Value <= 0 Then
    MsgBox "Falta preencher a Altura (H) e a Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "        AVISO        "
Else
    Call preenchimento9
End If
Else
    Call preenchimento9
End If
End Sub

Sub preenchimento9()
If Range("d5").Value <= 0 Then
If Range("d9").Value <= 0 Then
    MsgBox "Falta preencher a Altura (H) e a Largura (t) !", vbExclamation, "AVISO"
Else
    Call preenchimento10
End If
Else
    Call preenchimento10
End If
End Sub

Sub preenchimento10()
If Range("d5").Value <= 0 Then
If Range("d7").Value <= 0 Then
    MsgBox "Falta preencher a Altura (H) e o Comprimento (L) !", vbExclamation, "AVISO"
Else
    Call preenchimento11
End If
Else
    Call preenchimento11
End If
End Sub

```

Fonte: Autor (2024).

Figura 25 - Aba de macro para aviso (5)

```

Macro2 (Código)
Arquivo Formatar Depurar Executar Ferramentas Suplementos Janela Ajuda
Ln 1, Col 1

End Sub
Sub preenchantment1()
If Range("j5").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher a Carga Permanente (Gk) !", vbExclamation, "AVISO"

Else
Call preenchantment2
End If
End Sub
Sub preenchantment2()
If Range("d9").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher a Largura do Bloco (t)!", vbExclamation, "AVISO"

Else
Call preenchantment3
End If
End Sub
Sub preenchantment3()
If Range("d7").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher o Comprimento (L)!", vbExclamation, "AVISO"

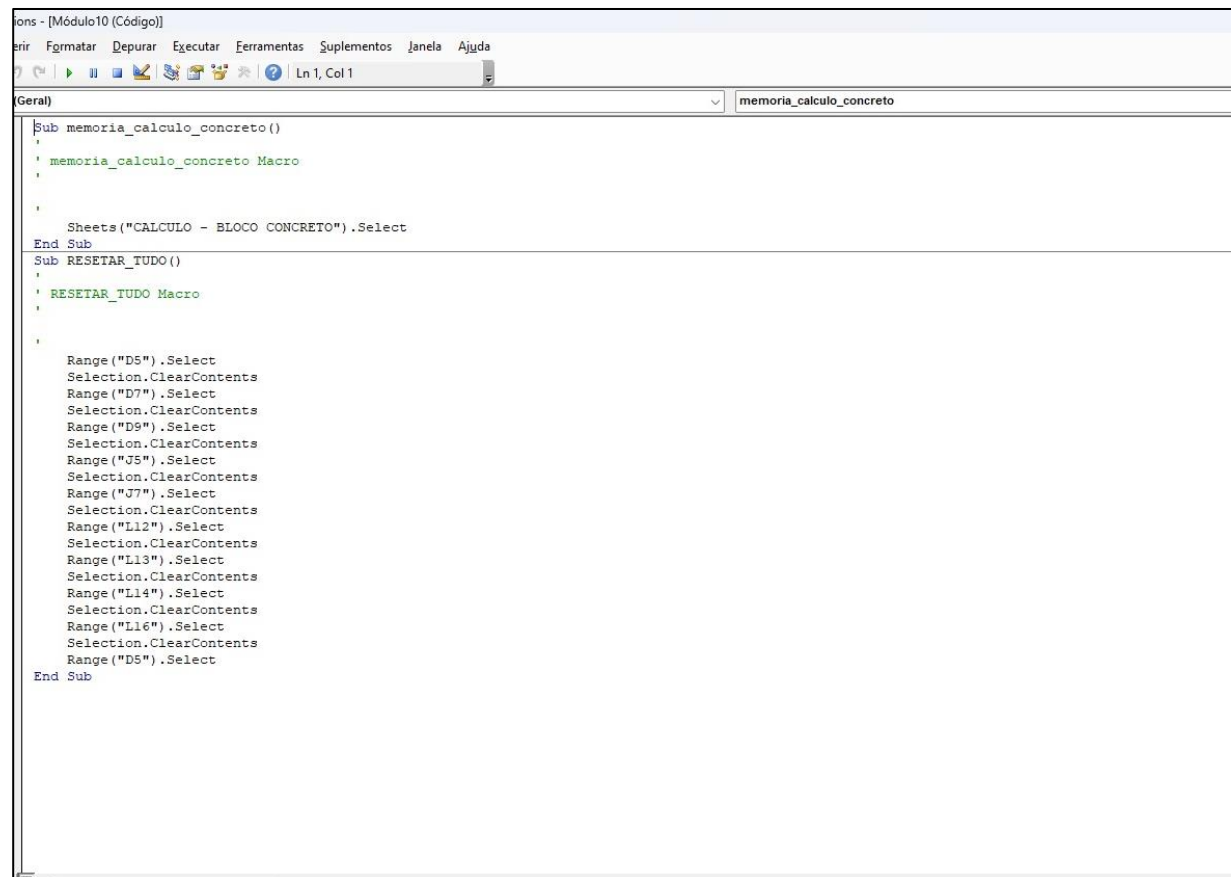
Else
Call preenchantment4
End If
End Sub
Sub preenchantment4()
If Range("d5").Value <= 0 Then
MsgBox "Falta preencher a Altura (H)!", vbExclamation, "AVISO"

Else
Call Esbeltezz
End If
End Sub

```

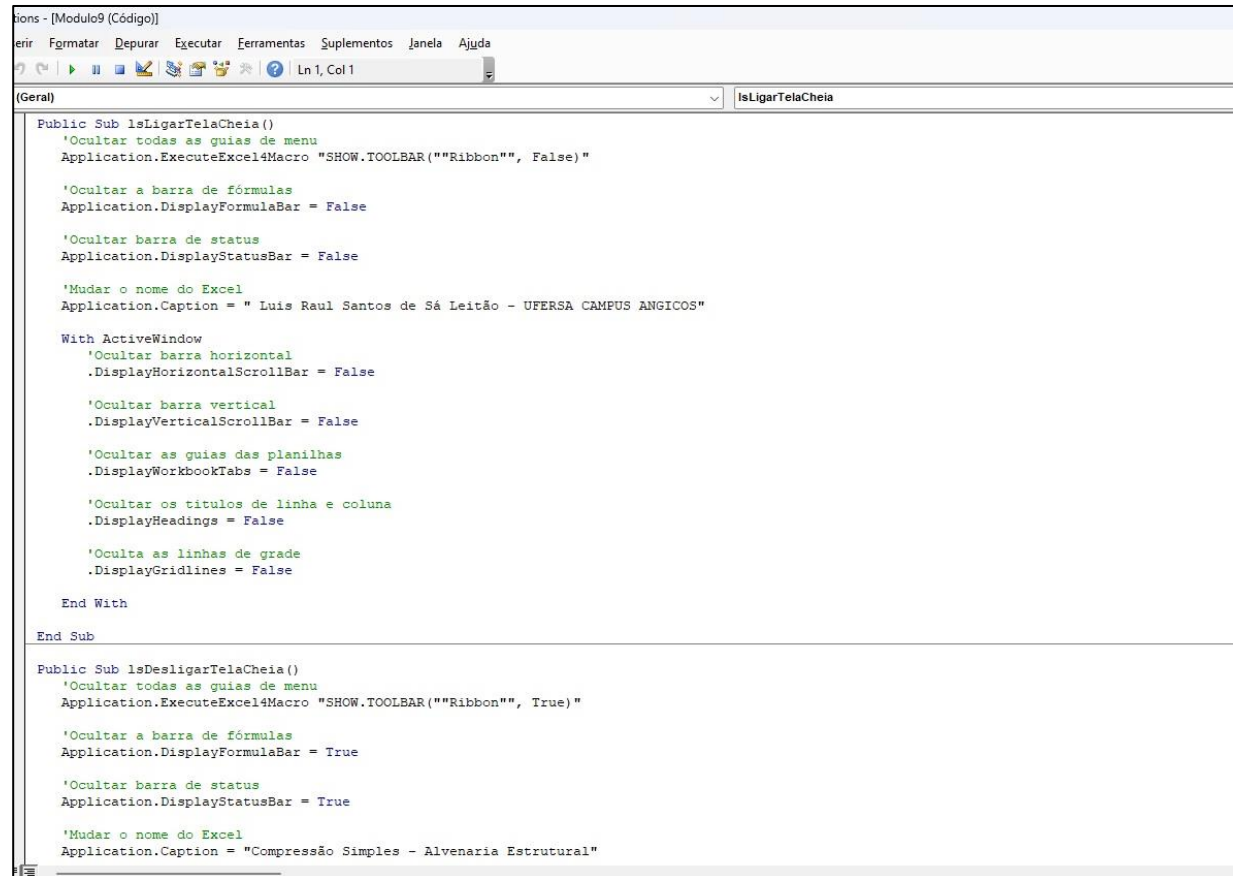
Fonte: Autor (2024).

Figura 26 - Aba de macro do botão resetar



Fonte: Autor (2024).

Figura 27 - Aba de macro para ligar tela cheia



```
Public Sub IsLigarTelaCheia()  
    'Ocultar todas as guias de menu  
    Application.ExecuteExcel4Macro "SHOW.TOOLBAR(""Ribbon"", False)"  
  
    'Ocultar a barra de fórmulas  
    Application.DisplayFormulaBar = False  
  
    'Ocultar barra de status  
    Application.DisplayStatusBar = False  
  
    'Mudar o nome do Excel  
    Application.Caption = " Luis Raul Santos de Sá Leitão - UFERSA CAMPUS ANGICOS"  
  
    With ActiveWindow  
        'Ocultar barra horizontal  
        .DisplayHorizontalScrollBar = False  
  
        'Ocultar barra vertical  
        .DisplayVerticalScrollBar = False  
  
        'Ocultar as guias das planilhas  
        .DisplayWorkbookTabs = False  
  
        'Ocultar os titulos de linha e coluna  
        .DisplayHeadings = False  
  
        'Ocultar as linhas de grade  
        .DisplayGridlines = False  
    End With  
End Sub  
  
Public Sub IsDesligarTelaCheia()  
    'Ocultar todas as guias de menu  
    Application.ExecuteExcel4Macro "SHOW.TOOLBAR(""Ribbon"", True)"  
  
    'Ocultar a barra de fórmulas  
    Application.DisplayFormulaBar = True  
  
    'Ocultar barra de status  
    Application.DisplayStatusBar = True  
  
    'Mudar o nome do Excel  
    Application.Caption = "Compressão Simples - Alvenaria Estrutural"
```

Fonte: Autor (2024).