

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

BRUNO DA ROSA WOSNIAK

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DE PRISMAS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL PRODUZIDOS COM BLOCOS DE CONCRETO E CERÂMICA**

Alegrete

2021

BRUNO DA ROSA WOSNIAK

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DE PRISMAS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL PRODUZIDOS COM BLOCOS DE CONCRETO E CERÂMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Aldo Leonel Temp

**Alegrete
2021**

BRUNO DA ROSA WOSNIAK

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DE PRISMAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL
PRODUZIDOS COM BLOCOS DE CONCRETO E CERÂMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 24 de Setembro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Me. ALDO LEONEL TEMP - Orientador - UNIPAMPA

Prof. Dr. ALISSON SIMONETTI MILANI - UNIPAMPA

Prof. Dr. JELSON BUDNY - UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **JELSON BUDNY, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 00:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ALDO LEONEL TEMP, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 11:13, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ALISSON SIMONETTI MILANI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 12:52, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0634502** e o código CRC **6F5BCC14**.

Dedico esse trabalho a meus pais, Sérgio Wosniak e Jane Wosniak e minha irmã Maria de Lurdes por todo o apoio e prestatividade ao longo da graduação.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao auxílio prestado pelo professor Aldo Leonel Temp, pela orientação ao longo deste trabalho e ensinamentos ao longo das disciplinas as quais fui seu aluno.

A todos os professores do curso, por contribuírem com seu conhecimento ao longo da graduação.

Aos meus colegas, pelo auxílio e companheirismo durante os períodos de estudo.

“Ninguém quer aprender a partir de erros, mas nós não podemos aprender o suficiente através do sucesso para ir além do estado da arte.”

Henry Petroski

“Science can amuse and fascinate us all, but it is engineering that changes the world.”

Isaac Asimov

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso, tem por objetivo a aplicação da metodologia da revisão sistemática de literatura no campo da engenharia civil, mais especificamente na área de alvenaria estrutural. A revisão sistemática de literatura é uma ferramenta de grande utilidade para o levantamento de dados e avaliação do estado das pesquisas em um determinado campo do conhecimento. A metodologia consiste numa série de filtros pelos quais as publicações científicas passam antes de terem seus dados levantados, analisados e publicados. O presente trabalho teve seu foco em publicações científicas que produziram dados da resistência a compressão axial de prismas de alvenaria de 2 e 3 blocos de altura, fabricados tanto em concreto quanto em cerâmica. Porém para a análise mais aprofundada dos dados, foram utilizados apenas dados de blocos de concreto. Para a análise dos resultados, estes foram divididos em faixas de resistência das unidades de alvenaria empregadas. A partir desta análise, foi concluído que a razão entre as resistências de blocos e prismas para a compressão axial foi aceitável, em vista do número variável de amostras empregadas pelos autores. Desta forma, também se conclui que a revisão sistemática de literatura pode ser empregada perfeitamente no campo da engenharia, da mesma forma como é empregada em demais áreas como a medicina por exemplo.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, revisão sistemática de literatura, resistência a compressão, prismas de alvenaria.

ABSTRACT

This undergraduate thesis has the objective to apply the methodology of systematic review of literature in the field of civil engineering and more specifically of structural masonry. The systematic review of literature is a tool of great utility in data survey and assessment in the state of researches in a specific field of knowledge. The methodology consists in a series of filters through which the publications pass before having their data collected, assessed and published. This thesis had its focus on scientific publications which produced data about the axial compressive strength of masonry prisms with height of 2 and 3 blocks constructed with concrete and ceramic. However, for the deeper data analysis, only data from concrete blocks were used. For the results analysis, they were divided into resistance ranges based on the masonry units employed. From this analysis it was concluded that the ratio between the block and prism resistance was acceptable due to the variable number of samples utilized by the authors. Thus, it was also concluded that the systematic review of literature may be employed perfectly in the field of engineering, as well as it is used in different areas, such as medicine, for instance.

Keywords: structural masonry, systematic review of literature, compressive strength, masonry prisms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comportamento geral dos prismas solicitados a compressão.	21
Figura 2 - Exemplo prismas de blocos cerâmicos rompidos a compressão axial.....	22
Figura 3 - Fluxograma das atividades realizadas.....	23
Figura 4 - Mapa-múndi com a quantidade de trabalhos utilizados por país.	29
Figura 5 - Resistência de componente – Soto.....	30
Figura 6 - Resistência de prismas – Soto.....	31
Figura 7 - Resistência de componente – Parsekian.....	32
Figura 8 - Resistência de prismas não-grauteados – Parsekian.....	33
Figura 9 - Resistência de prismas grauteados – Parsekian.....	34
Figura 10 - Dados de argamassa, bloco e graute – Fortes.....	35
Figura 11 - Prismas não-grauteados – Fortes.....	36
Figura 12 - Prismas grauteados– Fortes.....	37
Figura 13 - Resistência de componente – Martins.....	38
Figura 14 - Resistência de prisma não-grauteados e prismas grauteados – Martins.	39
Figura 15 - Resistência de componente – Fonseca.....	40
Figura 16 - Resistência de prisma não-grauteados – Fonseca.....	41
Figura 17 - Resistência de prisma grauteados – Fonseca.....	42
Figura 18 - Resistência de componentes – Gouda.....	43
Figura 19 - Resistência de prisma não-grauteado e grauteados – Gouda <i>et al.</i>	44
Figura 20 - Resistência de componentes – Syemiong.....	45
Figura 21 - Resistência de prisma – Syemiong.....	46
Figura 22 - Resistência de componente – Barbosa.....	47
Figura 23 - Resistência de prisma – Barbosa.....	48
Figura 24 - Resistência de componente – Mohamad.....	49
Figura 25 - Resistência de prismas – Mohamad.....	50
Figura 26 - Resistência de componentes – Oliveira.....	51
Figura 27 - Resistência de prismas – Oliveira.....	52
Figura 28 - Resistência de componentes – Schankoski.....	53
Figura 29 - Resistência de prismas – Schankoski.....	54
Figura 30 - Resistência de componentes – Santos.....	55
Figura 31 - Resistência de componentes – Matos.....	56
Figura 32 – Resistência de prismas – Matos.....	57

Figura 33 - Resistência de prismas – Santos.....	58
Figura 34 - Resistência de componentes – Zahra.....	59
Figura 35 - Resistência de prismas – Zahra.....	60
Figura 36 - Resistência de componentes – Carvalho.....	61
Figura 37 - Resistência de prismas – Carvalho.....	62
Figura 38 - Resistência de componentes – De Marco.....	63
Figura 39 - Resistência de prisma grauteado – De Marco.	64
Figura 40 - Resistência de prisma não-grauteados – De Marco.	65
Figura 41 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 5 MPa a 20 MPa..	67
Figura 42 - Resistência das argamassas correspondentes – Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.....	68
Figura 43 - Resistência dos prismas – Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa. ...	69
Figura 44 - Comparação entre resistência de prismas de 2 blocos e unidades de alvenaria.....	70
Figura 45 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 5 MPa a 20 MPa..	72
Figura 46 - Resistência das argamassas correspondentes – Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.....	73
Figura 47 - Resistência dos prismas – Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa. .	74
Figura 48 - Comparação entre resistência de prismas de 2 blocos e unidades de alvenaria - Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.....	75
Figura 49 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 5 MPa a 20 MPa - Prismas de 3 blocos.	76
Figura 50 - Resistência das argamassas correspondentes – Faixa de 5 MPa a 20 MPa – Prismas de 3 blocos.	77
Figura 51 - Resistência dos prismas 3 blocos – Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.....	78
Figura 52 - Comparação entre resistência de prismas de 3 blocos e unidades de alvenaria - Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.....	79
Figura 53 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 21 MPa a 50 MPa - Prismas de 3 blocos.	80
Figura 54 - Resistência das argamassas correspondentes – Faixa de 21 MPa a 45 MPa – Prismas de 3 blocos.....	81
Figura 55 - Resistência dos prismas 3 blocos – Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.....	82

Figura 56 - Comparação entre resistência de prismas de 3 blocos e unidades de alvenaria - Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.....83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades para a argamassa em estado fresco e endurecido.	16
Tabela 2 - Valores de \emptyset em função da quantidade de prismas.....	20
Tabela 3 - Valores de resistência a tração da argamassa.	22
Tabela 4 - Palavras-chave empregadas.....	23
Tabela 5 - Quantidade de trabalhos por portal de pesquisa.....	25
Tabela 6 - Processo de filtragem de trabalhos.	26
Tabela 7 - Trabalhos por ano de publicação.	28
Tabela 8 - Número de publicações por país.....	29
Tabela 9 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 2 unidades para a faixa de 5 MPa a 20 MPa.	71
Tabela 10 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 2 unidades para faixa de 21 a 45 MPa.....	75
Tabela 11 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 3 unidades para faixa de 5 a 20 MPa.....	79
Tabela 12 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 3 unidades para faixa de 21 a 45 MPa.....	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

F_c – Carga máxima aplicada no ensaio de compressão de argamassa;

F_t – Carga máxima de tração no ensaio de flexão de argamassa;

f_b – Resistência de bloco a compressão;

f_{bk} – Resistência característica de bloco a compressão;

f_{bm} – Resistência característica de bloco a compressão;

f_p – Resistência do prisma a compressão;

f_{pa} – Resistência de paredes de alvenaria estrutural;

f_{pk} – Resistência característica de prismas a compressão;

f_{pm} – Resistência média de prismas a compressão;

f_{tk} – Resistência característica a tração da alvenaria;

Mpa – Megapascal;

NBR – Norma técnica brasileira;

R_c – Resistência a compressão da argamassa

R_t – Resistência a tração na flexão em Megapascals;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral.....	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO	14
2.1 Conceito de Alvenaria Estrutural como sistema	14
2.2 Componentes da Alvenaria Estrutural.....	15
2.2.1 Bloco	15
2.2.2 Argamassa.....	16
2.2.3 Graute.....	17
2.3 Desempenho mecânico.....	18
2.3.1 Resistência e propriedades de blocos estruturais.....	18
2.3.2 Resistência mecânica da argamassa	19
2.3.3 Resistência a compressão de prismas	19
2.3.4 Resistência a tração.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Intenção de pesquisa	23
3.2 Filtragem das publicações encontradas.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Trabalhos por ano de publicação.....	28
4.2 Trabalhos por nacionalidade	28
4.3 Resistência de prismas de concreto de 2 blocos	30
4.3.1 Soto, Ramalho e Izquierdo (2012).....	30
4.3.2 Parsekian, Fortes e Fonseca (2014).....	31
4.3.3 Fortes et al. (2017).....	35
4.3.4 Martins <i>et al.</i> (2018).....	38
4.3.5 Fonseca <i>et al.</i> (2019)	40

4.3.6 Gouda <i>et al.</i> (2020)	43
4.3.7 Syemiong e Comingstarful (2021).....	45
4.4 Resistências de prismas de 3 blocos	47
4.4.1 Barbosa, Lourenço, Hainai (2009).....	47
4.4.2 Mohamad, Lourenço, Roman (2011).....	49
4.4.3 Oliveira <i>et al.</i> (2015).....	51
4.4.4 Schankoski, Prudêncio Jr., Pilar (2015)	53
4.4.7 Santos <i>et al.</i> (2017).....	55
4.4.5 Matos <i>et al.</i> (2019)	56
4.4.2 Zahra, Thamboo, Asad (2021)	59
4.5 Resistência de prismas cerâmicos de 2 blocos.....	61
4.5.1 Carvalho (2003).....	61
4.5.2 De Marco (2016).....	63
4.6 Análise de prismas baseando-se na resistência da unidade de alvenaria	66
4.6.1 Prismas de 2 blocos de concreto com resistência média entre 5 MPa e 20 MPa.....	66
4.6.2 Prismas de 2 blocos de concreto com resistência média entre 21 MPa e 45 MPa.....	72
4.6.3 Prismas de 3 blocos de concreto com resistência média entre 5 MPa e 20 MPa.....	76
4.6.4 Prismas de 3 blocos de concreto com resistência média entre 21 MPa e 45 MPa.....	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
5.1 Recomendações para trabalhos futuros	85
REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

A Alvenaria Estrutural é um sistema construtivo com boa difusão mundial e é particularmente bem consolidado no Brasil. Sendo as primeiras normas, padronizando as construções, publicadas no país durante a década de 1980. Uma das razões para a boa difusão mundial desse método se deve a possibilidade de um único elemento da construção assumir várias funções, tais como: estrutural, isolante (acústico e térmico), resistência a incêndios e proteção contra intempéries. Tendo um elemento exercendo tantas funções acaba por tornar o sistema atrativo.

Enquanto as primeiras normatizações para a alvenaria estrutural surgiram no Brasil na década de 1980, na Europa elas existem desde a década de 1950 onde essas foram impulsionadas através de publicações realizadas em periódicos e revistas científicas. Tais meios de divulgação científica também se utilizam de publicações de revisão para a compilação e análise de artigos publicados ao longo do tempo. Estas publicações se diferenciam de artigos de pesquisa pois o foco é: apresentação de autores que tem trabalhado em uma área específica, demonstração dos maiores avanços e descobertas, apontar as deficiências e exatidões nas pesquisas, os debates recorrentes e divulgar ideias que possam alterar o rumo das pesquisas. Daí a importância das publicações de revisão científica, essas são importantes para organizar e ilustrar assuntos específicos de uma área do conhecimento.

Ainda no âmbito das revisões existem duas classificações, a revisão narrativa e a revisão bibliográfica sistemática. A revisão narrativa é a mais comum, geralmente empregada nos artigos de pesquisa de forma a dar base para as conclusões apresentadas. Já a revisão sistemática de literatura, busca por meio de critérios rígidos, tais como: planejamento, definição da pesquisa, seleção dos estudos, extração de informações, síntese dos resultados, disseminação destes resultados (publicação) e correlação das evidências concluídas com a prática (Tranfield *et al.* 2003). Vale pontuar também o caráter de organização numérica dos dados que ocorrem em revisões sistemáticas da literatura, onde a partir dos dados coletados estes são sintetizados e podem ser apresentados por gráficos ou outras ferramentas estatísticas.

Percebe-se que na engenharia civil brasileira e até mesmo internacional o pouco emprego de revisões sistemáticas de literatura, devido aos artigos possuírem caráter puramente experimental. Ainda mais especificamente na área da alvenaria estrutural os artigos de revisão encontrados, possuem o foco em técnicas ou comportamento global de componentes da alvenaria estrutural. Portanto devido à escassez de revisões sistemáticas na área de compressão de prismas, justifica-se a elaboração deste trabalho.

1.1 Objetivo geral

- Realizar uma revisão sistemática da literatura a respeito da resistência mecânica de prismas de alvenaria estrutural.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar e compilar os resultados relacionados a resistência global de prismas de alvenaria;
- Separar e sintetizar os resultados das resistências dos prismas de alvenaria experimentados relacionando-os quanto aos componentes empregados: argamassa, bloco e emprego ou não de graute;
- Apresentar a relação de estudos realizados por ano na área pesquisada;
- Divulgar relação por nacionalidade dos estudos compilados;
- Analisar os resultados de compressão axial de prismas em relação aos resultados de compressão de blocos.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO.

2.1 Conceito de Alvenaria Estrutural como sistema

O sistema construtivo de Alvenaria Estrutural difere da alvenaria de vedação pois neste, o elemento parede além de servir como vedador acaba por resistir a esforços que venham a interferir na estabilidade da estrutura. Os esforços resistidos pelas paredes incluem: Compressão e Tração devido ao vento (MOHAMMAD *et al*, 2015).

Outra forma de definir a Alvenaria Estrutural é como um sistema construtivo o qual tem como unidade básica modular o bloco e com a devida união conseguida através da argamassa, faz-se a ligação e formam-se os elementos denominados paredes, as quais são responsáveis por absorver todas as ações atuantes na edificação (MOHAMMAD *et al*, 2015).

Além da definição básica da alvenaria, pode ocorrer a classificação da Alvenaria Estrutural de três formas: Alvenaria armada, não armada e protendida. Onde a utilização de armadura serve de forma a melhorar as características anisotrópicas apresentadas pelos painéis quando solicitados a tração (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Segundo Sinha (2002), o sistema construtivo em Alvenaria estrutural tem grande potencial, já que os blocos cerâmicos servem muito bem ao esforço de compressão, porém não há a mesma resistência ao esforço a tração, no entanto ao se construir alvenaria com armadura passiva ou protendida pode-se alcançar o potencial máximo deste sistema.

E é esta combinação de componentes, além da possibilidade de paginação e maior controle de qualidade durante as obras, que acaba por dar o diferencial para o sistema construtivo, porém antes de ser realizada a análise dos componentes de forma conjunta, ainda durante o período de projeto deve-se ter como objeto de estudo as propriedades individuais de cada um destes. A Seção 2.2 apresenta alguns dos componentes a serem combinados em uma obra de Alvenaria estrutural e suas principais características.

2.2 Componentes da Alvenaria Estrutural

Esta seção descreve alguns dos componentes básicos utilizados em estruturas de Alvenaria Estrutural.

2.2.1 Bloco

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 16868-1 (2020) de projeto em Alvenaria Estrutural o bloco é a unidade básica que forma a alvenaria. Os blocos representam de 80% a 95% do volume empregado na alvenaria estrutural, sendo assim determinantes nas características de paredes e em sua resistência a compressão axial (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Os blocos utilizados na Alvenaria Estrutural podem ser encontrados em diversos materiais, sendo alguns deles: Concreto, Cerâmica e Silicocalcário (MOHAMMAD *et al.*, 2015).

Blocos de concreto são os mais utilizados ao redor do mundo, devido a facilidade em se obter sua matéria-prima. Estes foram introduzidos no Brasil por volta da década de 1970. São produzidos a partir de areia, pedra, cimento, água e aditivos (materiais de relativa abundância ao longo do território nacional). São fabricados por vibro compactação, geralmente em unidades vazadas. O tempo de prontidão para ser utilizado em obra pode variar entre um mês e 14 dias, a depender do processo para a cura empregada (MOHAMMAD *et al.*, 2015).

Segundo Mohamad *et al.* (2015), os blocos de argila, são compostos por sílica de calcário, silicato de alumínio e quantidades que variam de óxidos de ferro.

Já segundo a Parsekian e Soares (2010) afirmam que os blocos cerâmicos são mais utilizados na região sul e sudeste do país, devido a maior presença de jazidas para a retirada do material. Os blocos cerâmicos são fabricados em fornos de túnel onde possuem uma melhor queima, ou em fornos mais simples, onde os blocos podem vir a ter propriedades variadas dependendo do seu posicionamento dentro do forno.

2.2.2 Argamassa

Na Alvenaria Estrutural a argamassa é o componente que tem a função de fazer a ligação e transferências de cargas de maneira uniforme entre os blocos. A argamassa geralmente é composta pelos materiais: cimento, cal e areia ou apenas cimento e areia. Porém segundo Parsekian e Soares (2010) também são utilizadas argamassas apenas com cal e areia as quais apresentam suas vantagens e desvantagens em relação as argamassas de cimento.

Para o bom desempenho das argamassas de assentamento algumas propriedades são desejáveis, algumas destas são apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Propriedades para a argamassa em estado fresco e endurecido.

Estado Fresco	Estado endurecido
Consistência	Resistência a compressão
Retenção de água	Aderência superficial
Coesão da mistura	Durabilidade
Exsudação	Resiliência

Fonte: Adaptado de Mohamad *et al.* (2015) apud Khoo e Hendry (1973)

Na Tabela 1, apresentam-se algumas das propriedades desejadas a argamassa de assentamento tanto em seu estado fresco, quanto no endurecido. Esta tabela procede de um dos primeiros estudos do comportamento de argamassas sob ensaios de tensão triaxial.

No Brasil a norma que define os requisitos mínimos para argamassas de assentamento é a NBR 13281 (2005). Alguns dos requisitos trazidos pela norma são: resistência a compressão, densidade de massa aparente no estado endurecido, resistência a tração na flexão, coeficiente de capilaridade, densidade de massa no estado fresco e a retenção de água.

Também é importante notar a propriedade das argamassas no estado endurecido a absorção de deformações para compensar irregularidades geométricas encontradas nos componentes utilizados (MOHAMAD *et al.*, 2015).

Devido a essa capacidade de absorção de deformações, é preferível que as argamassas utilizadas na Alvenaria Estrutural não possuam traços tão fortes, Parsekian e Soares (2010) argumentam que uma argamassa de apenas cimento e areia pode vir a ter elevada rigidez, facilitando assim o aparecimento de fissuras quando submetida diferentes carregamentos ou a bruscas mudanças de temperatura, no entanto argamassas com traços muito fracos (cal e areia apenas, como exemplo) acabam por ter baixa resistência e influenciam negativamente na resistência as solicitações nas paredes onde são empregadas.

Além da argamassa de assentamento para solidarizar os blocos de uma parede outros componentes podem ser utilizados para reforço e amarração, como o graute, apresentado na Subseção 2.2.2.

2.2.3 Graute

Conforme descrito por Mohammad *et al.* (2015), o graute é um concreto ou argamassa com o qual possui a finalidade de preencher os vazios dos blocos com a finalidade de reforçar a capacidade de resistência a compressão da parede, o graute também pode ser utilizado de forma armada para incrementar a resistência a tração da parede submetida a esforços.

O graute pode ser executado de duas maneiras conforme descrito por Parsekian e Soares (2010): O graute fino, composto apenas por cimento e areia e o graute grosso, o qual é composto por cimento, areia e brita. A composição do graute grosso é a semelhante a de um concreto convencional porém a diferença está na dimensão dos agregados utilizados.

O agregado graúdo utilizado no graute deve ser 100% passante na peneira de dimensão 12,5mm conforme argumenta Mohammad *et al.* (2015).

A relação água cimento é outro importante fator na dosagem de grautes estruturais, pois este estará diretamente em contato com as paredes dos blocos as quais retiram boa parte do excesso de água empregado para proporcionar a fluidez. Esse processo acaba por deixar o graute mais resistente dentro do vazio aplicado pois há a redução da relação água/cimento final. A redução da relação a/c no bloco acaba por proporcionar um graute mais resistente do que o inicialmente dosado, as relações finais podem estar entre 0,5 e 0,6 conforme Mohammad *et al.* (2015).

A definição de graute de acordo com a NBR 16868-1 (2020) é o componente utilizado para preenchimento dos espaços vazios que se encontram dentro dos blocos a fim de proporcionar aderência entre as armaduras e a alvenaria com o objetivo de aumentar a capacidade resistente.

Ainda conforme a NBR 16868-1 (2020) para determinar a influência do graute na compressão este deve ser submetido a ensaios preenchendo pequenas paredes, paredes e prismas. A Norma ainda especifica o valor mínimo de resistência a compressão do graute como sendo de 15 Mpa.

2.3 Desempenho mecânico

Esta Subseção descreve alguns conceitos os quais são empregados na análise de prismas de alvenaria estrutural submetidos a compressão.

2.3.1 Resistência e propriedades de blocos estruturais

A principal característica dos blocos apresentados na Subseção 2.2.1 e demais blocos de alvenaria estrutural, relacionadas ao dimensionamento é a resistência característica a compressão dada pela variável f_{bk} a qual está diretamente relacionada a área bruta destes (PARSEKIAN; SOARES, 2010). Porém, também é comum se utilizar a resistência média f_{bm} na publicação de artigos científicos devido ao menor número de amostras por ensaio.

O cálculo da resistência característica de blocos (f_{bk}) é realizado com base nas equações providenciadas através da NBR 16868-1. O procedimento para a escolha de f_{bk} se assemelha ao apresentado na Subseção 2.3.2 para o cálculo da resistência característica de blocos prismas de alvenaria (f_{pk}).

A Alvenaria Estrutural pode ter suas propriedades modificadas conforme o tipo de componente utilizado em sua construção. Sabendo-se que existem diferentes tipos de blocos conforme apresentado na Subseção 2.2.1 e que para cada um desses existem diferentes propriedades apresentadas durante a construção, a NBR 16868-1 padroniza os valores a serem adotados para as propriedades da alvenaria de acordo com o material utilizado no componente.

Outro ponto a ser levado em consideração, descrito por Parsekian e Soares (2010), é a razão de cerca de 0,5 para o fator de eficiência prisma/bloco cerâmicos.

Porém tais valores podem variar consideravelmente, em até 40% para menos, a se considerar os tipos de bloco, o que incluir blocos de concreto. Já segundo Lübeck (2016), o qual testou prismas de concreto com argamassa fraca e forte, encontrou resultados para o fator de eficiência entre prisma e bloco, de 0,67 e 0,72, respectivamente. Demonstrando que a razão estudada, tem influência das resistências de argamassa utilizadas. O autor apontou também que para o aumento da altura de prismas tal fator de eficiência diminui.

2.3.2 Resistência mecânica da argamassa

São duas as normas as quais podem ser utilizadas de forma a determinar a resistência a compressão da argamassa de assentamento, a NBR 13279 (2005) e o Anexo A pertencente a NBR 16868-2 (2020). A grande diferença entre os dois métodos é devido ao aparato para moldagem do corpo-de-prova utilizado.

Para a determinação da resistência da argamassa a compressão se utiliza a equação (2).

$$R_C = \frac{F_c}{1600} \quad (1)$$

Onde:

R_c - é a resistência a compressão em megapascals;

F_c - é a carga máxima aplicada em Newtons;

As informações encontradas a partir das Equações 2 e 3 são imprescindíveis para a escolha da argamassa a ser utilizada no assentamento de blocos no sistema de Alvenaria Estrutural.

2.3.3 Resistência a compressão de prismas

Na Alvenaria Estrutural o corpo-de-prova (CP) utilizado é o prisma, o qual é definido como o assentamento de blocos unidos por argamassa grauteados ou não, com a finalidade de serem ensaiados a compressão, o prisma determina a informação básica quanto a resistência quando submetido a ensaio de compressão. (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

A razão da escolha do prisma ser escolhido como o CP para a Alvenaria Estrutural é descrita pela NBR 16868-1 devido a razão entre a resistência de paredes (f_{pa}) de blocos de 190mm de altura e junta argamassada com espessura de 10mm e a resistência de prismas (f_p) ter um valor constante de 0,7, ou seja, a resistência a compressão de uma parede deve ser igual a 70% da resistência apresentada por um prisma submetido a mesma solicitação.

Conforme apresentado por pela NBR 16868-1 (2020) a resistência característica de prismas (f_{pk}) pode ser calculada utilizando-se a Equação (3).

$$f_{pk} = 2 \left[\frac{f_{p(1)} + f_{p(2)} + \dots + f_{p(i-1)}}{i-1} \right] - f_{pi} \quad (2)$$

Onde conforme NBR 15720-2 (2017) e NBR 16868 (2020):

f_{pk} é a resistência característica da amostra, em megapascals;

$f_{p(1)}, f_{p(2)}, \dots, f_{p(i)}$ são os valores de resistência a compressão individual do corpos-de-prova da amostra ordenados crescentemente;

$i = \frac{n}{2}$, se n for par;

$i = \frac{(n-1)}{2}$ se n for ímpar;

n é a quantidade de blocos da amostra;

Após o cálculo do f_{pk} este deve atender mais 3 critérios para a adoção de um valor definitivo.

Tabela 2 - Valores de \emptyset em função da quantidade de prismas

Quantidade de prismas	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	≥ 18
\emptyset	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

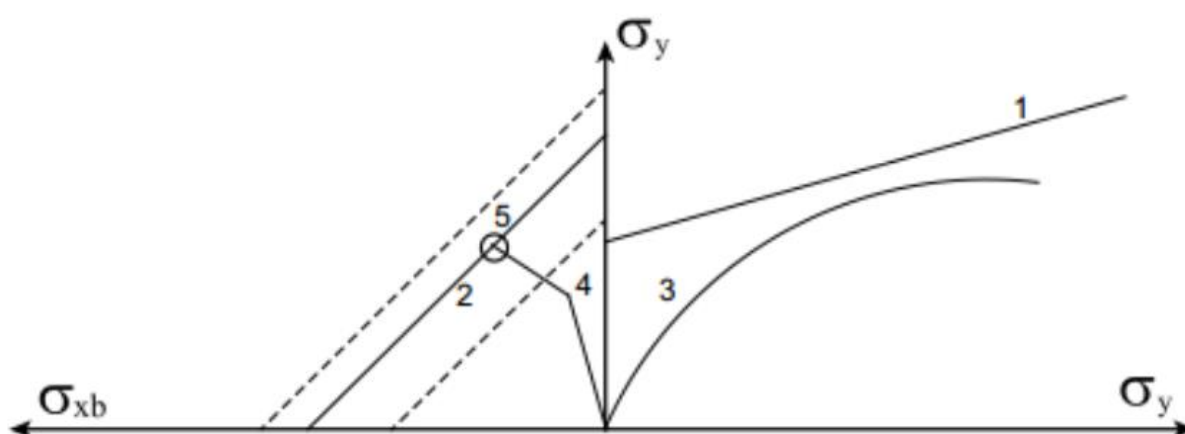
NOTA Recomenda-se adotar $n \geq 13$ para o emprego de blocos

Fonte: Adaptado de NBR 15720-2 (2017) e NBR 16868 (2020)

- 1 – Caso o valor do $f_{pk} \geq f_{pm}$ adota-se f_{pm} como sendo f_{pk} ;
- 2 – Se o valor do $f_{pk} < \emptyset \times f_{p(1)}$ adota-se a resistência como sendo o produto $\emptyset \times f_{p(1)}$;
- 3 - Se f_{pk} estiver entre $\emptyset \times f_{p(1)}$ e f_{pm} adota-se o valor de f_{pk} .

Além da tensão a compressão de um bloco submetido a uma carga uniaxial de ensaio, surgem tensões de tração no bloco e tensões de compressão na argamassa. A Figura 1 traz a exemplificação do comportamento geral dos prismas submetidos a carga de compressão (MOHAMAD *et al.* 2015).

Figura 1 - Comportamento geral dos prismas solicitados a compressão.



Fonte: Adaptado de MOHAMAD (1998).

Na Figura 1 observa-se as linhas e pontos enumerados, que conforme Mohamad *et al.* (2015), são:

- A linha 1 é a envoltória de ruptura da argamassa sob compressão triaxial;
- A linha 2 é a envoltória de ruptura dos blocos sob compressão e tração biaxial;
- A linha 3 é a curva de carregamento da argamassa;
- A linha 4 é a curva de carregamento do bloco;
- 5 é o ponto onde ocorre a ruptura por tração no bloco antes da argamassa atingir seu limite de esmagamento;

Izquierdo (2015) argumenta que a deformação lateral da argamassa é maior do que a do bloco, ou seja, baseado no apresentado na Figura 2 e no argumento da autora, deve-se dar a devida importância da compatibilização do traço da argamassa

a ser utilizado com o tipo de bloco empregado. Esta diferença de deformações argumentada pode ser descrita através do coeficiente de Poisson, o qual é apresentado na Subseção 2.3.2.1.

A Figura 2 traz um exemplo de prismas de blocos cerâmicos os quais foram rompidos em um ensaio de compressão durante os estudos de Izquierdo (2015). Nota-se o modo de ruptura através do esfacelamento do bloco, processo que ocorre devido ao esmagamento da argamassa de assentamento e subsequente abertura de fissuras.

Figura 2 - Exemplo prismas de blocos cerâmicos rompidos a compressão axial.



Fonte: Adaptado de Izquierdo (2015).

2.3.4 Resistência a tração

Na Alvenaria Estrutural os valores de resistência a tração são considerados baseados em uma tabela fornecida pela NBR 16868-1 (2020), tais valores são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de resistência a tração da argamassa.

Resistência média a compressão da argamassa	f_{tk} Mpa	
	Direção de tração perpendicular à fiada	Direção de tração paralela à fiada
Entre 1,5 e 3,4 Mpa	0,10	0,20

Entre 3,5 e 7,0 Mpa	0,20	0,40
Acima de 7 Mpa	0,25	0,50

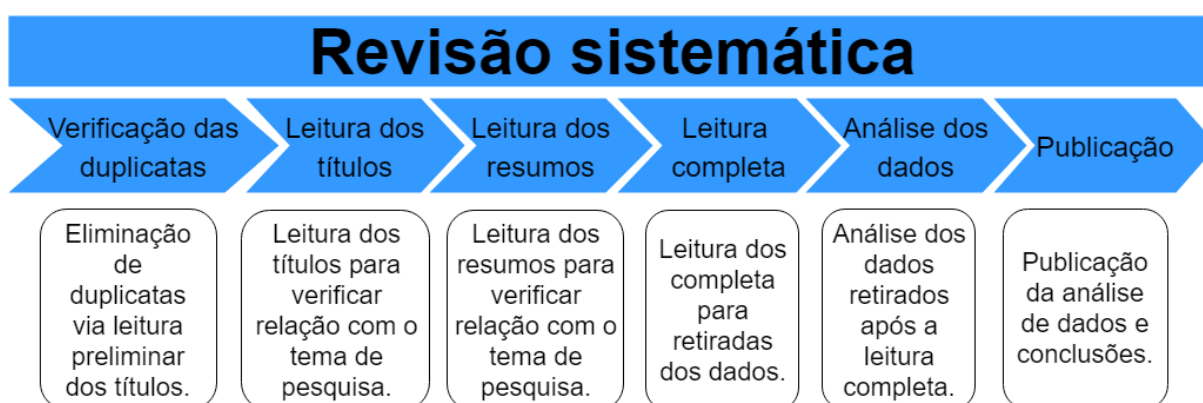
Fonte: Adaptado de NBR 16868-1 (2020).

Nota-se que os valores adotados dependem da direção em que se é aplicada a tração na fiada e quanto a resistência a compressão da argamassa empregada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta Seção são apresentados os métodos empregados para a realização da pesquisa. De forma a resumir os passos empregados nesta Seção, as etapas realizadas durante a produção do trabalho são apresentadas no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma das atividades realizadas.



Fonte: Elaboração própria.

3.1 Intenção de pesquisa

A partir da definição do tema como sendo uma revisão sistemática da literatura em relação ao estudo de prismas de alvenaria estrutural procurou-se definir as palavras-chave a serem inseridas juntamente de operadores booleanos nos portais e periódicos de pesquisa, a fim de retornar os artigos de maior relevância. As palavras-chave empregadas foram utilizadas nos idiomas português e principalmente em inglês devido a grande maioria dos artigos serem publicados nesta língua, inclusive a grande maioria dos artigos nacionais de maior relevância. As palavras-chave empregadas no processo de pesquisa são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Palavras-chave empregadas.

Palavras-chave (português)	Palavras-chave (inglês)
Alvenaria Estrutural	Structural Masonry
Prismas	Prisms
Prismas de Alvenaria	Masonry Prisms
Bloco de concreto	Concrete Block
Resistência a compressão	Compressive Strength
Bloco de argila	Clay blocks
Bloco de cerâmica	Ceramic Block

Fonte: Elaboração própria.

As palavras apresentadas na Tabela 4 foram utilizadas juntamente com o emprego de operadores booleanos. Os principais operadores empregados foram: Aspas (“”) e a palavra AND (Que significa E, na língua inglesa). A aplicação de tais operadores é uma característica chave para a revisão sistemática, já que através destes a pesquisa se torna específica, onde as obras retornadas pelas pesquisas nas bases de dados devem necessariamente conter as palavras pesquisadas.

Os artigos pesquisados não tiveram delimitação de ano para maior aproveitamento da bibliografia existente. As bases de dados selecionadas foram Scielo, CAPES, Scopus, Science Direct e as bases de dados de dissertações e teses da Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Federal de Santa Maria. A escolha de apenas as únicas duas instituições, se deu devido ao conhecimento prévio do autor em relação as publicações de alvenaria estrutural nestes centros. Os portais foram selecionados para a pesquisa devido a relevância dos artigos publicados nestes e as bases de dados e dissertações das universidades foram escolhidas devido ao conhecimento prévio do autor de trabalhos envolvendo alvenaria estrutural publicados nestas.

A partir das palavras-chave da Tabela 4 foram encontradas as quantidades de trabalhos correspondentes e portais de dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de trabalhos por portal de pesquisa.

Palavras-chave	Base de dados						
	Science Direct	SciElo	CAPES	Scopus	UFSM	UFSC	Total
	Quantificação de trabalhos pesquisados						
“Structural Masonry” AND “Prisms” AND “Compressive Strength”	13	12	51				76
“Structural Masonry” AND “Prisms”				3			3
Masonry Prisms				1			1
Concrete Block				1			1
“Masonry Prisms” AND “Structural Masonry”				1			1
“Clay blocks” AND “Prisms” AND “Ceramic Block”	2						2
“Alvenaria Estrutural” AND “Prismas”					9	16	25
Total geral	-	-	-	-	-	-	109

Fonte: Elaboração própria.

Após o apanhado geral da literatura prosseguiu-se para a filtragem das publicações conforme a metodologia da revisão sistemática, descrita na Subseção 3.2.

3.2 Filtragem das publicações encontradas

A filtragem dos arquivos pesquisados se deu através de algumas etapas: eliminação de duplicatas, verificação dos títulos, leitura de resumos e leitura completa dos artigos. A eliminação das duplicatas se deu principalmente na leitura dos títulos

dos trabalhos encontrados, já que boa parte destes era retornado mais de uma vez em diferentes portais. A verificação dos títulos se deu pela leitura destes através da conferência se foram utilizados prismas de alvenaria estrutural no programa experimental. A leitura dos resumos se deu buscando a mesma interpretação descrita anteriormente. Se ambos o título e o resumo do trabalho em questão foram aprovados no filtro logo seguiu-se para a leitura completa do artigo e posterior análise dos materiais e resultados adquiridos nestes.

A Tabela 6 apresenta as quantidades de trabalhos restantes após cada etapa da filtragem durante a execução da metodologia.

Tabela 6 - Processo de filtragem de trabalhos.

Etapa de filtragem	Quantidade
Pesquisa inicial	109
Duplicatas	108
Leitura de títulos	79
Leitura dos resumos	53
Leitura completa	40
Trabalhos utilizados	16

Fonte: Elaboração própria

Após a pesquisa inicial, os trabalhos foram verificados quanto a duplicação, após isso foi feita a leitura dos títulos para observar se estes estão relacionados ao tema principal de pesquisa, o mesmo foi aplicado nas etapas de leitura de resumos. Já para a leitura completa, foi verificada a semelhança das unidades de alvenaria utilizadas correspondiam visualmente, conforme as imagens dos trabalhos, aos blocos utilizados e recomendados por normativas a nível nacional, desta forma o número de 40 trabalhos de leitura completa findou em 16.

Durante a leitura completa dos artigos, procurou-se selecionar os dados a partir daqueles que utilizaram prismas de 2 e 3 fiadas, os quais os blocos se assemelhassem o máximo aos critérios da NBR 16868 (2020). Na existência de muitos resultados de prismas, optou-se sempre por utilizar os dados de maior resistência obtidos, de forma a ser realizada a comparação entre as maiores resistências dentre os trabalhos utilizados. Esse método foi utilizado para levantar os dados de maior relevância, já que ultimamente as publicações estudam unidades de

alvenaria de média e alta resistência, que supostamente geram prismas com maior resistência a compressão axial.

Subsequente a leitura completa de cada trabalho, os resultados necessários a esta revisão sistemática foram compilados em planilhas e posteriormente sumarizados através de gráficos elaborados utilizando-se o software OriginPro 8™.

Tal compilação dos dados retirados a partir dos artigos/trabalhos são dispostas na Seção 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta Seção são apresentados, analisados e discutidos os resultados dos trabalhos encontrados.

4.1 Trabalhos por ano de publicação

Na Tabela 7, são quantificados os 14 artigos e 2 teses analisados por ano de publicação.

Tabela 7 - Trabalhos por ano de publicação.

Ano de publicação	Quantidade por ano
2003	1
2009	1
2011	1
2012	1
2014	1
2015	2
2016	1
2017	2
2018	1
2019	2
2020	1
2021	2
Total	16

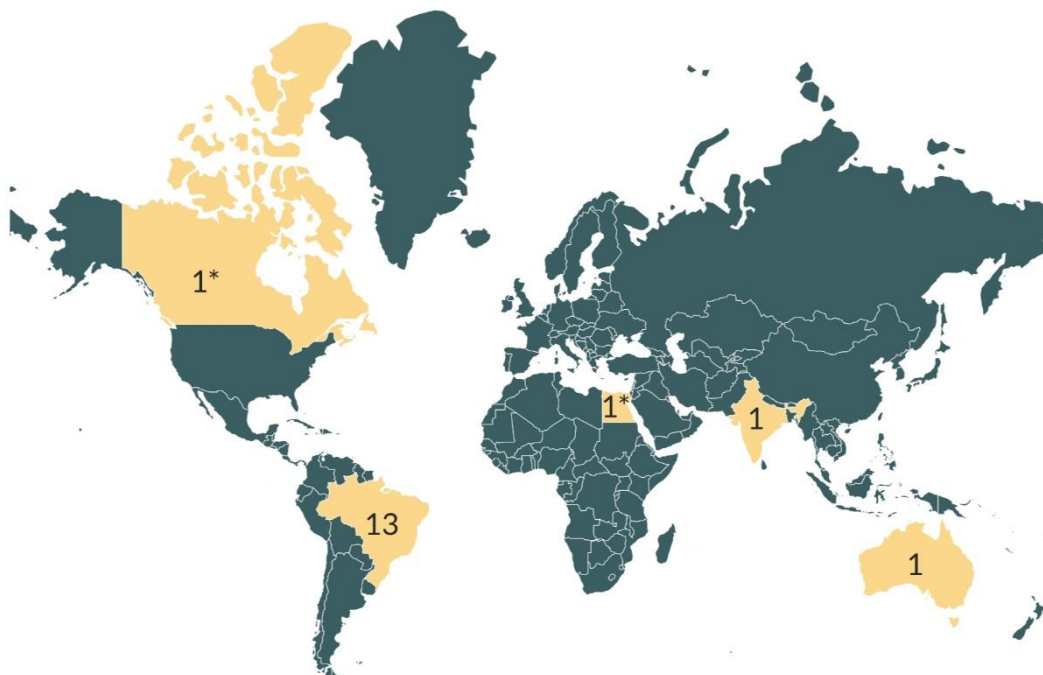
Fonte: Autoria própria.

A partir dos valores demonstrados na Tabela 7, entende-se que o emprego da revisão sistemática de literatura, sem a restrição por data, retornou publicações de vários anos, sem uma grande concentração em alguma data específica. Percebe-se também que a falta de trabalhos anteriores ao início do século XXI, algo que se deve provavelmente a forma com que os portais utilizados para pesquisa apresentam seus resultados.

4.2 Trabalhos por nacionalidade

A Figura 4 apresenta um mapa-múndi com a respectiva quantidade de trabalhos analisados por país. E na Tabela 8 é apresentada a relação de trabalhos por nacionalidade dos autores.

Figura 4 - Mapa-múndi com a quantidade de trabalhos utilizados por país.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 - Número de publicações por país.

País	Quantidade
Brasil	13
Austrália	1
Canadá/Egito	1*
Índia	1

Fonte: Autoria própria.

Percebe-se através da Figura 4 e da Tabela 8 que o volume de obras brasileiras em relação ao tema de prismas de alvenaria estrutural compreende 57% do total, tal número pode-se justificar devido ao amplo uso e pesquisa do sistema construtivo no país, bem como a ampla normatização nacional. Também cabe notar a relevância positiva da literatura brasileira sobre o assunto para com os periódicos pesquisados, assim refletindo o valor encontrado. O algarismo marcado com *, significa que o artigo publicado foi uma cooperação entre universidades do Canadá e Egito.

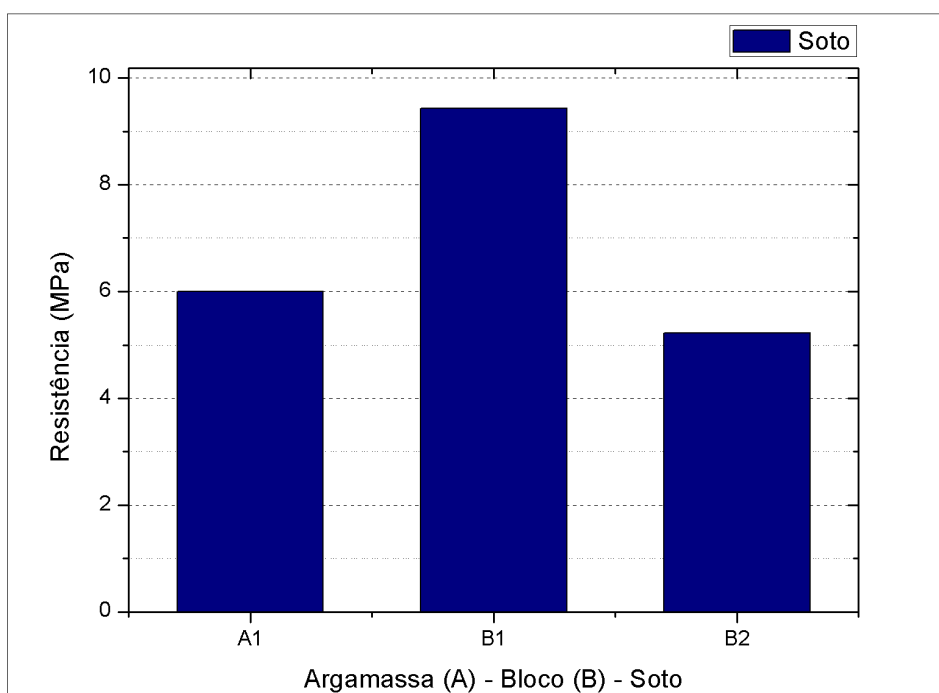
4.3 Resistência de prismas de concreto de 2 blocos

Nesta Seção são apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos trabalhos que utilizaram prismas de concreto de 2 blocos de altura tanto não-grauteados como grauteados. Para simplificação na disposição dos resultados, são utilizados apenas um dos nomes dos autores dos trabalhos. As resistências empregadas nos gráficos correspondem as resistências médias a compressão. (f_m , f_b , f_p , f_g).

4.3.1 Soto, Ramalho e Izquierdo (2012)

Para o trabalho realizado por Soto, foram ensaiados prismas de alvenaria não-grauteados de referência e com adição de fibra de sisal com adição de 1% nos blocos utilizados. A Figura 5 demonstra as resistências de componentes utilizados no estudo de Soto.

Figura 5 - Resistência de componente – Soto

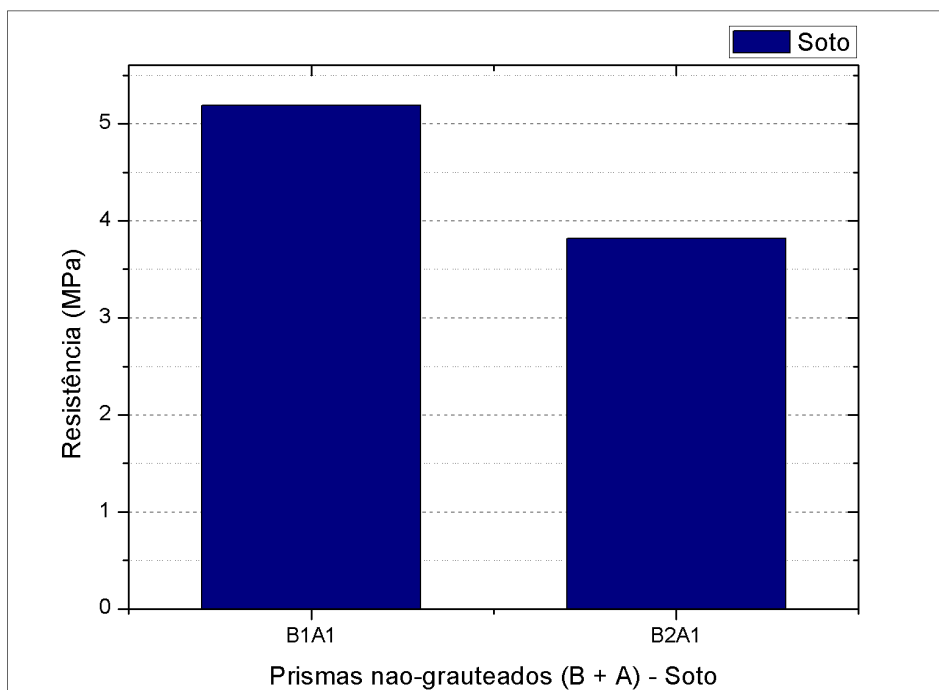


Fonte: Autoria própria.

Para o artigo em questão foi utilizada uma argamassa com o traço retirado a partir da British Standard (BS) 5628-1. Tal argamassa foi utilizada para se obter uma

resistência a compressão axial de 6 MPa. Os blocos utilizados B1 e B2 tiveram resistências de 9,43 MPa e 3,82 MPa, respectivamente. Na Figura 6, demonstram-se os valores de resistência a compressão axial dos prismas não-grauteados, obtidos por Soto.

Figura 6 - Resistência de prismas – Soto.



Fonte: Autoria própria.

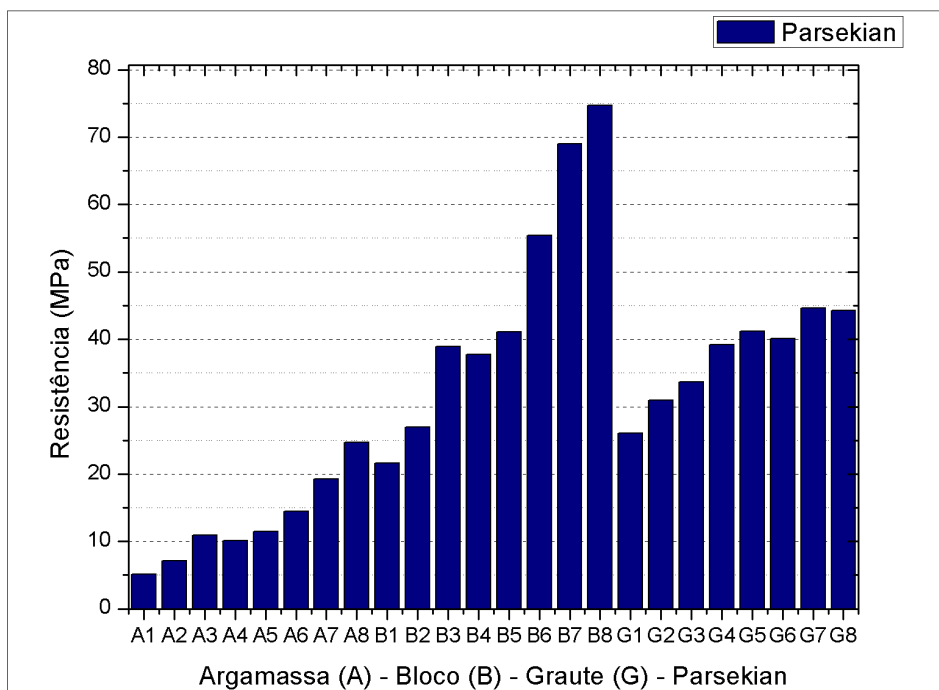
Percebe-se que a resistência a compressão dos prismas que utilizaram a combinação B1A1 tiveram resistência significativamente maior o que os prismas que utilizaram a combinação B2A1. Tal fato conforme apresentado pelo autor, se deve a adição de fibra de sisal na fabricação dos blocos, o que conseqüentemente acabou diminuindo a resistência a compressão do conjunto.

4.3.2 Parsekian, Fortes e Fonseca (2014)

Os resultados do estudo realizado por Parsekian, Fortes e Fonseca são apresentados nas Figuras 7, 8 e 9. O trabalho realizado pelos autores teve como objetivo a determinação da validade de se utilizar apenas da resistência do bloco de alvenaria como parâmetro de dimensionamento à compressão, sem a necessidade de utilização de mais ensaios, tais como: rompimentos de parede e prismas a

compressão. Logo para tal conclusão foram utilizados prismas grauteados e não-grauteados de forma a se comparar com a resistência de bloco. A Figura 7, apresenta os componentes utilizados no estudo realizado por Parsekian, Fortes e Fonseca (2014).

Figura 7 - Resistência de componente – Parsekian.

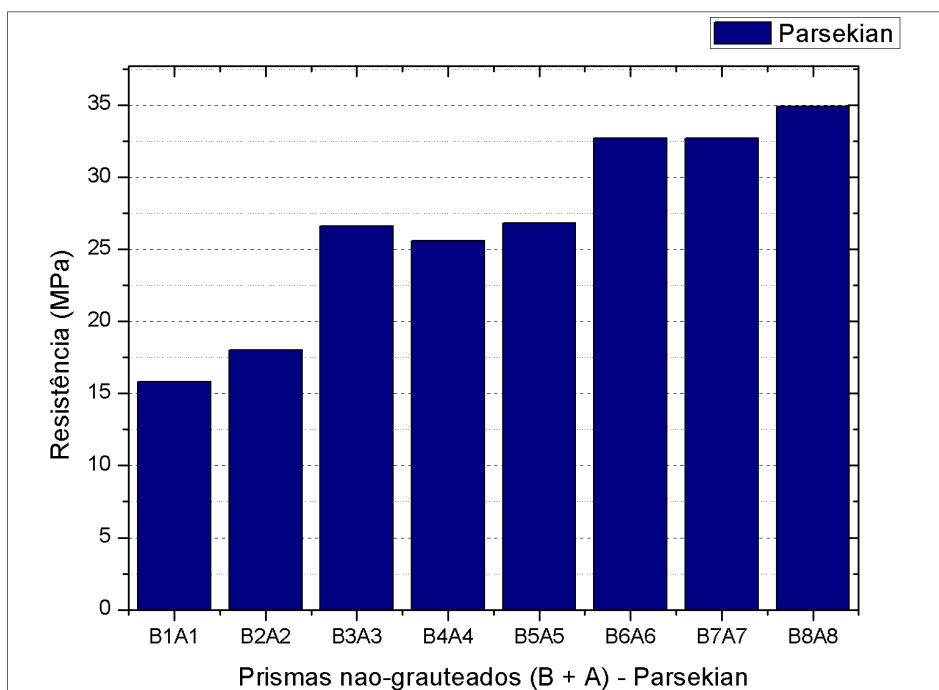


Fonte: Autoria própria.

Observam-se as resistências das argamassas, blocos e grautes utilizados. Foram obtidas 8 resistências para cada tipo de componente. As resistências de argamassa utilizadas variaram entre 5,1 MPa e 24,7 MPa. Os blocos utilizados tiveram resistência variando entre 21,6 MPa e 74,7 MPa. Enquanto o graute utilizado teve resistência variando de 26,1 MPa e 44,3 MPa.

A Figura 8, apresenta os resultados das resistências de prismas não-grauteados utilizados por Parsekian.

Figura 8 - Resistência de prismas não-grauteados – Parsekian.

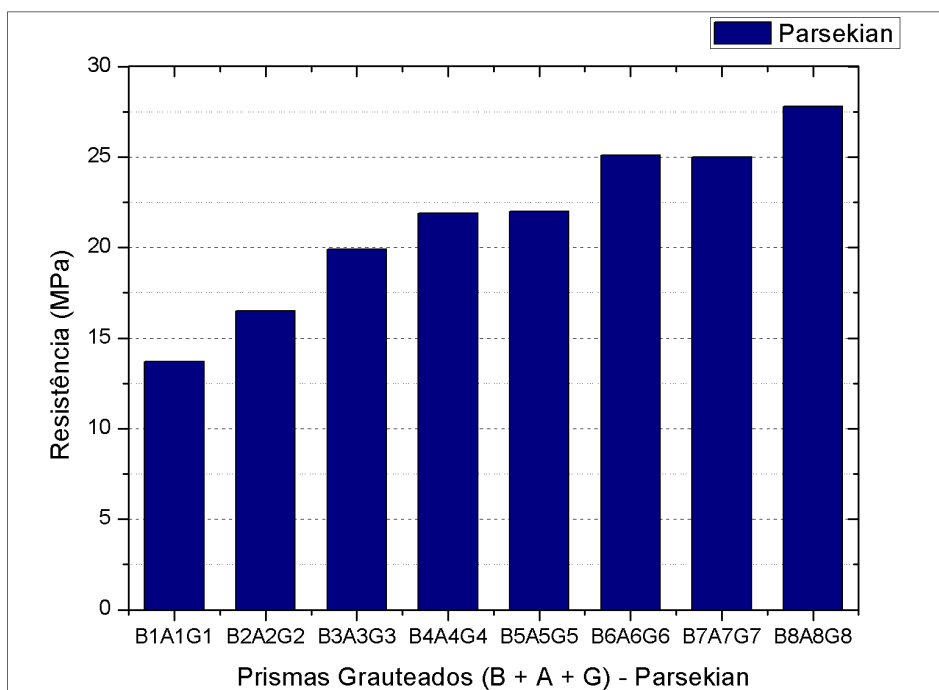


Fonte: Autoria própria.

As resistências obtidas variam de 15,8 MPa até 34,9 MPa. O maior valor de resistência se deve principalmente a utilização dos blocos de alta resistência.

Já na Figura 9 são disponibilizados os valores das combinações de componentes os quais resultam em prismas grauteados.

Figura 9 - Resistência de prismas grauteados – Parsekian.



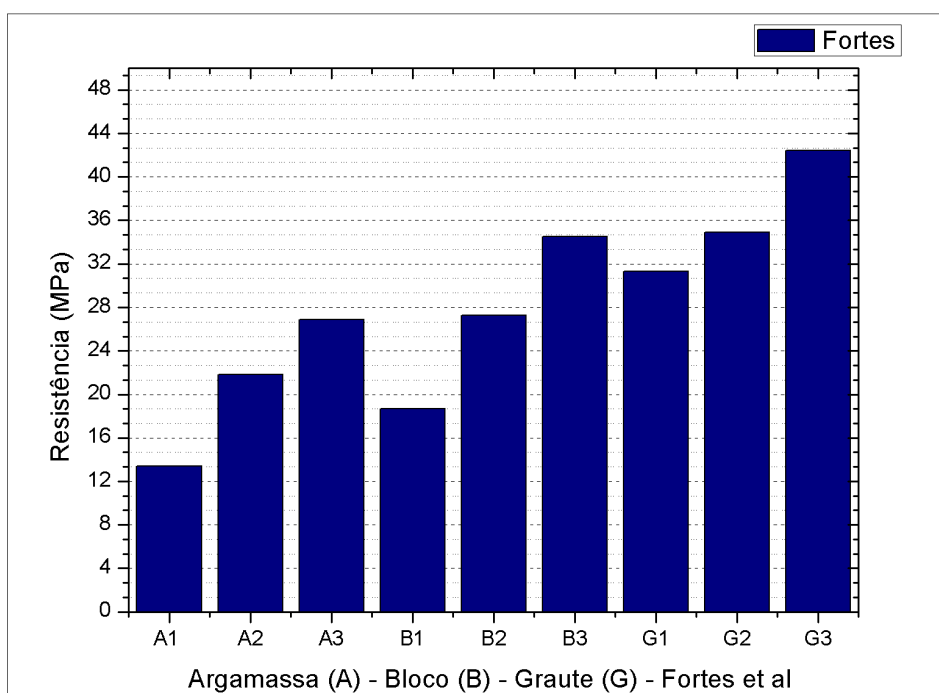
Fonte: Autoria própria.

Tais prismas tem suas resistências variando entre 13,7 MPa e 27,8 MPa. Para este trabalho os prismas grauteados apresentaram uma resistência menor do que os prismas vazios, fato que se observa ao comparar as escalas dos gráficos na Figura 8 e 9. Isso se deve aos efeitos de confinamento causados pelo graute.

4.3.3 Fortes et al. (2017)

Os resultados obtidos a partir dos estudos de Fortes *et al.* são apresentados nas Figuras 10 a 11. O estudo de Fortes *et al.*, busca preencher a lacuna da literatura referente ao estudo do comportamento de blocos de alvenaria, de alta resistência.

Figura 10 - Dados de argamassa, bloco e graute – Fortes.

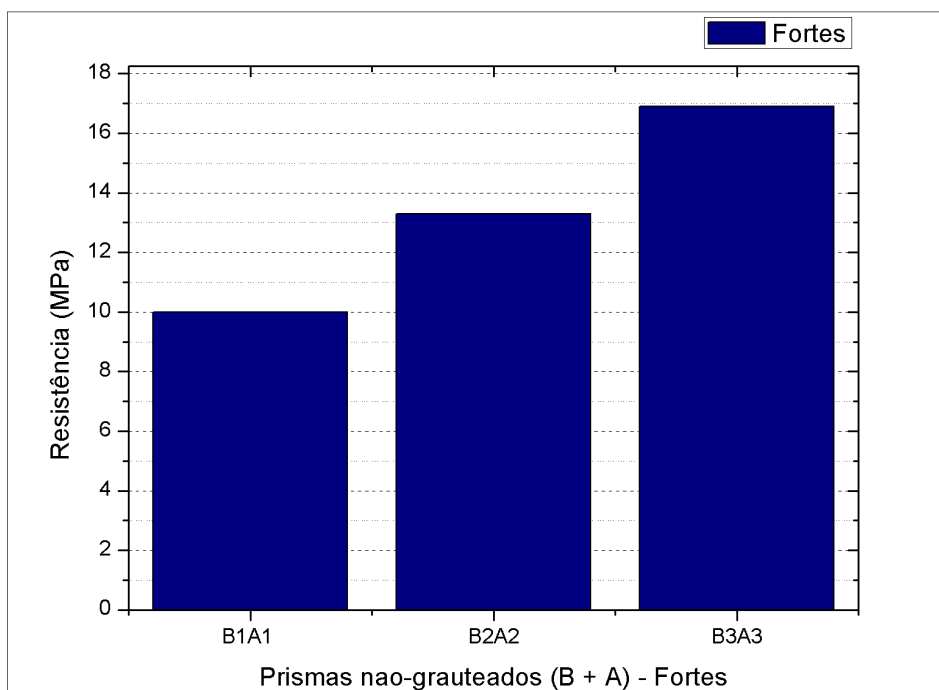


Fonte: Autoria própria.

Nos estudos realizados por Fortes *et al.*, foram utilizados os componentes apresentados na Figura 10. Ao se analisar o gráfico dos componentes utilizados, nota-se que os componentes têm sua resistência incrementada do menor para o maior número. Com valores de argamassa variando de 13,4 MPa até 26,9 MPa. Os valores de resistência dos blocos se iniciam em 18,7 MPa até 34,5 MPa. As resistências em MPa dos grautes utilizados variou entre 22,3 MPa e 32,2 MPa.

A Figura 11 representa as resistências de prismas não-grauteados utilizados nos estudos de Fortes *et al.*

Figura 11 - Prismas não-grauteados – Fortes.

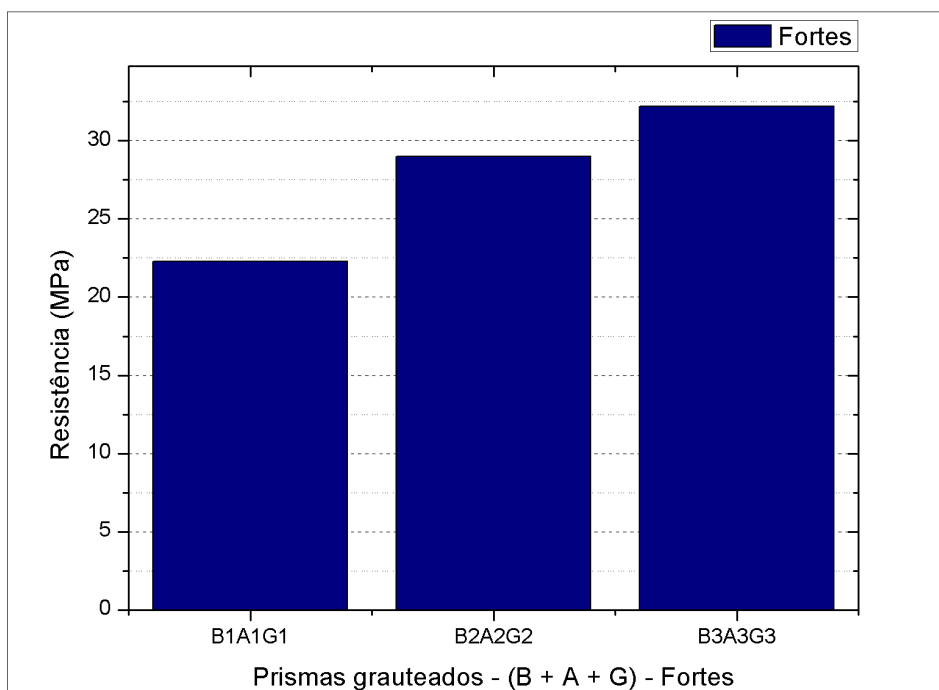


Fonte: Autoria própria.

As resistências dos prismas vazios, apresentadas estão entre 10 MPa e 16,9 MPa.

A Figura 12 apresenta os resultados dos prismas os quais foram grauteados no estudo de Fortes *et al.*

Figura 12 - Prismas grauteados– Fortes.



Fonte: Autoria própria.

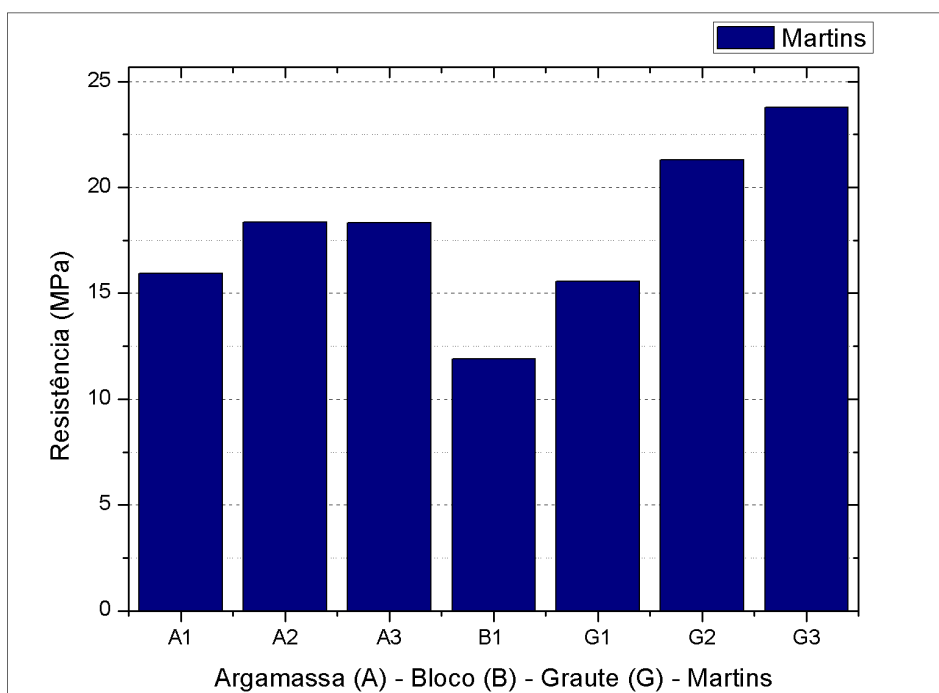
Os prismas grauteados nesse caso, tiveram resistências entre 22,3 MPa e 32,2 MPa.

Através da comparação das resistências apresentadas nas Figuras 11 e 12, entre prismas não-grauteados e grauteados, percebe-se que a adição do graute nomeado G3 aos prismas que utilizaram os blocos e argamassas B3 e A3 respectivamente, proporcionou um incremento a resistência a compressão em relação aos demais.

4.3.4 Martins *et al.* (2018)

O estudo realizado por Martins *et al.* (2018), teve como objetivo a avaliação da influência da adição de graute em prismas de blocos de concreto nas propriedades da resistência a compressão destes. A Figura 13 apresenta as resistências dos componentes utilizados no trabalho de Martins *et al.*

Figura 13 - Resistência de componente – Martins.

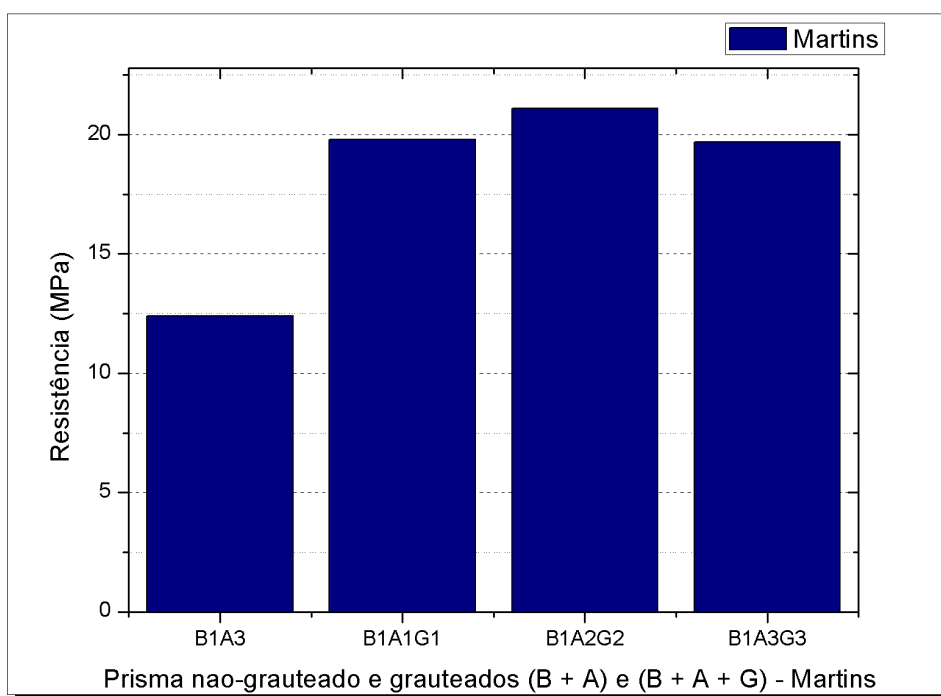


Fonte: Autoria própria.

Observa-se que para o estudo foram empregados 3 tipos de argamassa (A1, A2 e A3), um único tipo de bloco de resistência 11,9 MPa (B1) e 3 tipos de grautes (G1, G2 e G3), com resistências variando entre 15,55 MPa e 23,78 MPa.

O autor, no entanto, utilizou apenas uma única resistência de prisma não-grauteado a partir da combinação do bloco (B1) e a argamassa (A3), resultando na resistência de 12,4 MPa, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Resistência de prisma não-grauteados e prismas grauteados – Martins.



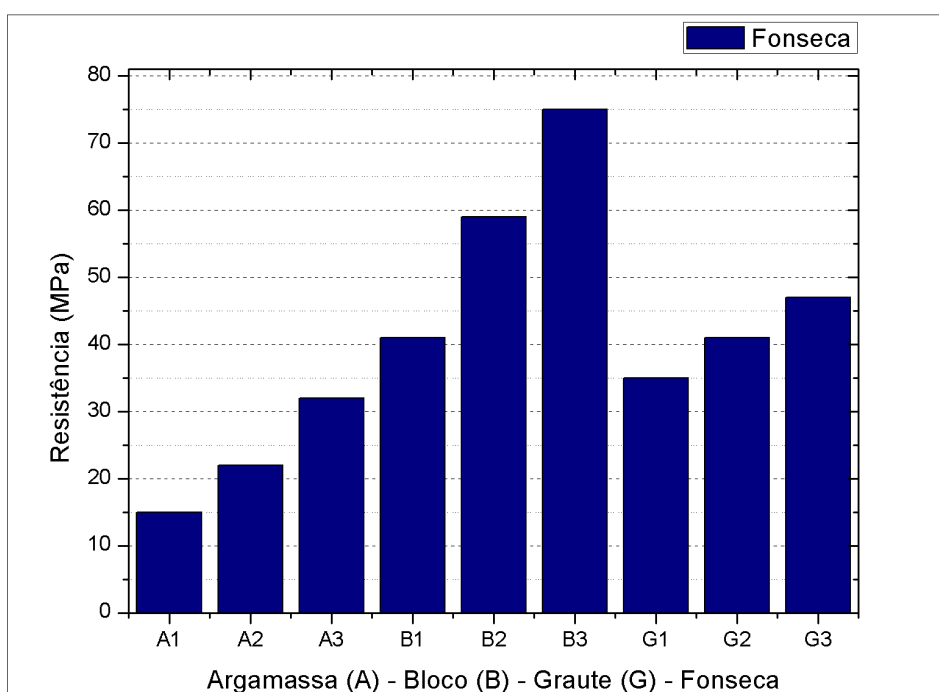
Fonte: Autoria própria.

Já os prismas grauteados apresentaram resistências médias entre 19,7 MPa e 21,1 MPa.

4.3.5 Fonseca *et al.* (2019)

No estudo de Fonseca *et al.*, o objetivo a ser analisado foi a avaliação da resistência a compressão de graute utilizado em conjunto com blocos de alta resistência. Os valores de resistência média de componente do autor são apresentados na Figura 15.

Figura 15 - Resistência de componente – Fonseca.

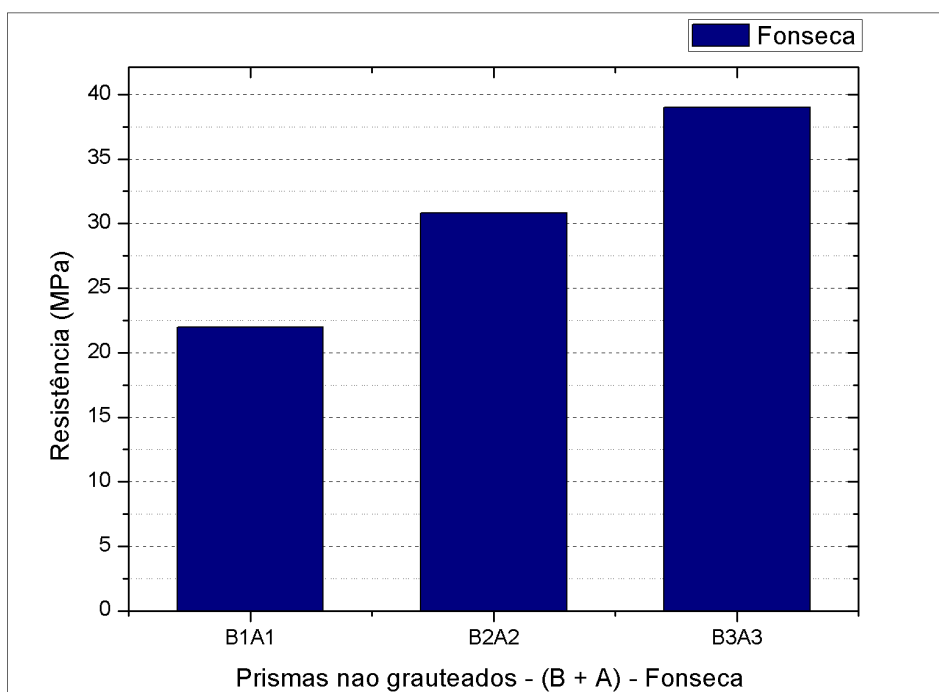


Fonte: Autoria própria.

Com base na Figura 15, observa-se que no trabalho realizado por Fonseca *et al.* (2019), variaram-se 3 tipos de argamassa, bloco e graute. Sendo as argamassas com resistência variando entre 15 MPa e 32 MPa. Os blocos de alta resistência apresentaram os resultados entre 41 MPa e 75 MPa. Já a resistência a compressão axial dos grautes variou entre 35 MPa e 47 MPa.

Na Figura 16 são apresentadas as resistências dos prismas não-grauteados.

Figura 16 - Resistência de prisma não-grauteados – Fonseca.

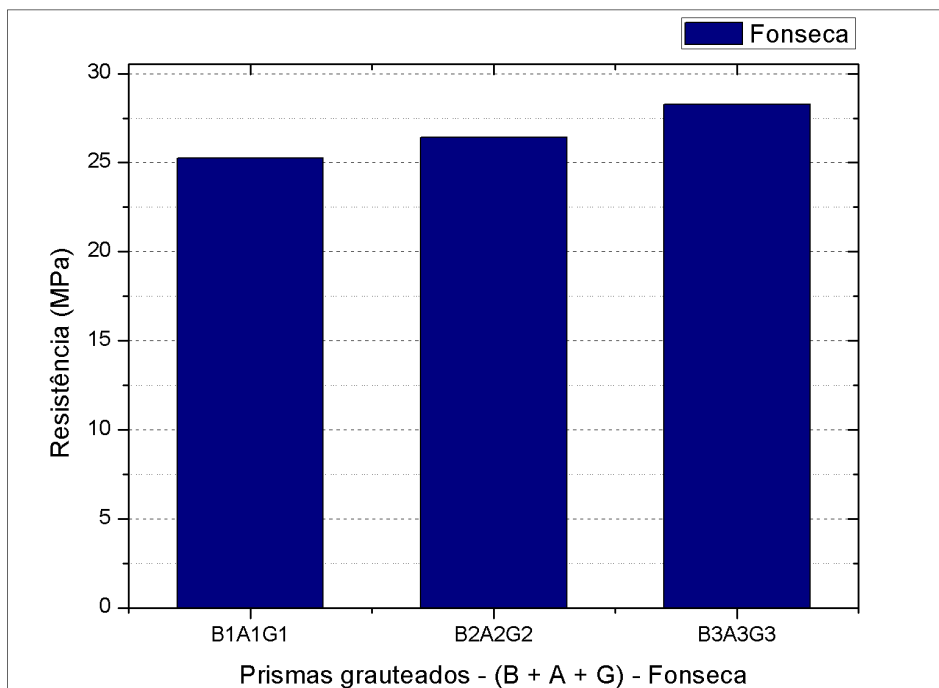


Fonte: Autoria própria.

As resistências de tais prismas variou entre 22 MPa e 39 MPa. Percebe-se que não de forma proporcional, mas utilizando-se a argamassa A1 e o bloco B3, ambos de maior resistência entre seus conjuntos resultaram no prisma não-grauteado de maior resistência.

Na Figura 17 apresentam-se as combinações de componentes e suas respectivas resistências a compressão axial em MPa.

Figura 17 - Resistência de prisma grauteados – Fonseca.



Fonte: Autoria própria.

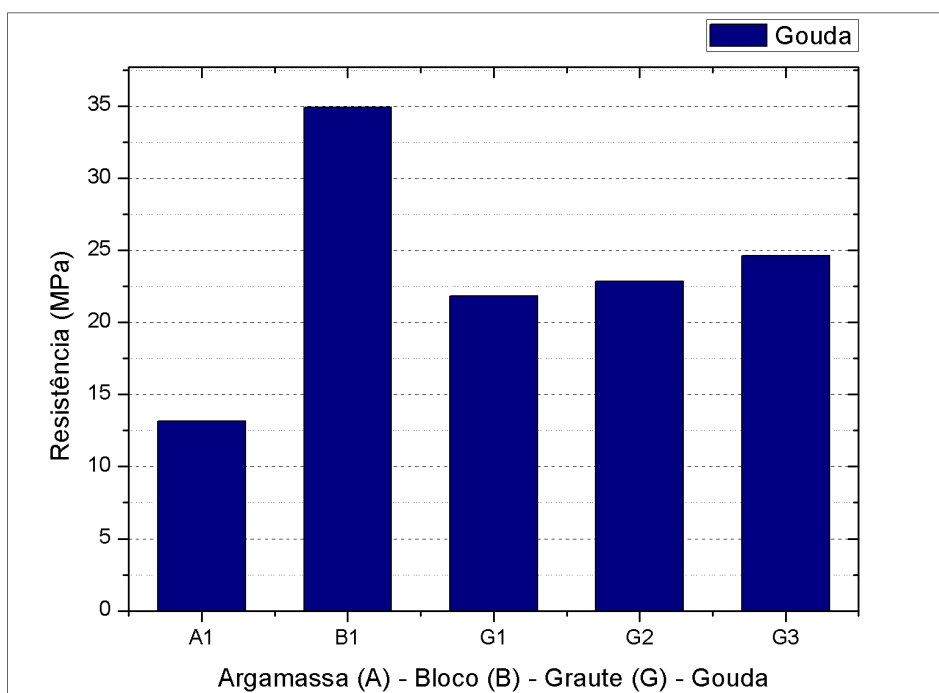
Os valores apresentados variam entre 25,27 MPa e 28,27 MPa.

A partir da comparação entre os dados da Figura 16 e Figura 17, pode-se afirmar de acordo com o autor que os blocos de alta resistência utilizados não foram tão eficientes quanto os blocos de média resistência. Provavelmente tal resultado se deve a dificuldade em proporcionar um controle de qualidade em concretos de alta resistência, os quais foram utilizados para a formação dos blocos.

4.3.6 Gouda *et al.* (2020)

O trabalho realizado por Gouda *et al.*, buscou investigar a influência da adição de fibras de vidro em diferentes dosagens junto ao graute. Após dosagem os prismas foram submetidos a ensaios de compressão axial. A Figura 18 dispõe os componentes utilizados nos prismas de 2 blocos investigados pelos autores.

Figura 18 - Resistência de componentes – Gouda.

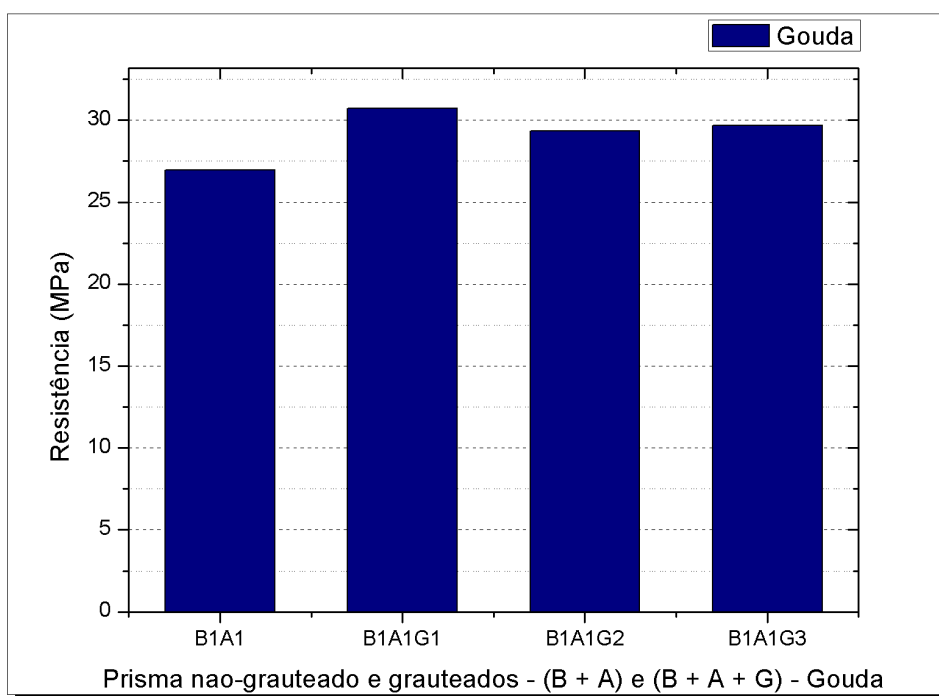


Fonte: Autoria própria.

Para o estudo variou-se apenas as resistências de graute em conjunto com a diferença na dosagem das fibras de vidro nesses. A argamassa (A1) utilizada teve resistência de 13,17 MPa. Os blocos (B1) utilizados tiveram resistência de 34,9 MPa. Já as resistências de graute utilizadas variaram entre 21,81 MPa e 24,62 MPa.

Conforme previamente apresentado na Figura 14, agora na Figura 19 devido a utilização de apenas um prisma não-grauteado, a resistência deste foi plotada juntamente com os resultados de prismas grauteados por conveniência.

Figura 19 - Resistência de prisma não-grauteado e grauteados – Gouda *et al.*



Fonte: Autoria própria.

Assim a resistência do prisma não-grauteado foi de 26,94MPa, utilizando a combinação de componentes, B1 + A1.

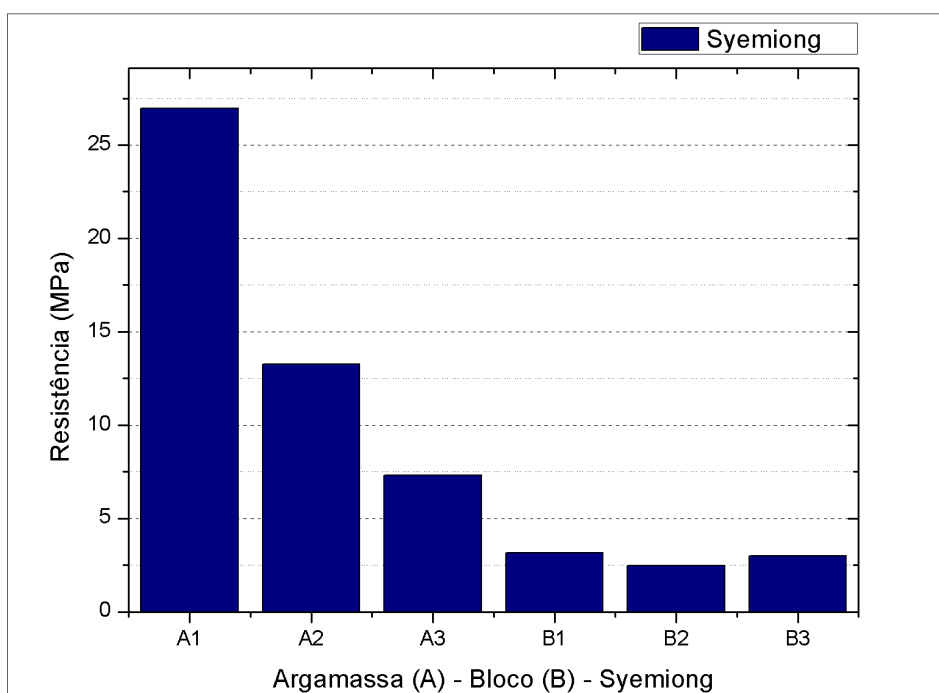
Já as resistências dos prismas grauteados na compressão axial, variam entre 29,35 MPa e 30,72 MPa. Percebe-se que a variação entre a resistência do prisma não-grauteado e a maior resistência de prisma grauteado é de 2,73 MPa. Tal variação sendo tão pequena, se deve a falta de proporcionalidade entre o acréscimo de resistência a compressão dos componentes e prismas.

4.3.7 Syemiong e Comingstarful (2021)

No trabalho de Syemiong os materiais utilizados tiveram como principal objetivo a avaliação da influência da argamassa na resistência a flexão de prismas reforçados com malha de aço em paredes. Porém em paralelo foram moldados prismas não-grauteados.

Na Figura 20 apresentam-se os valores de resistência dos componentes de prisma utilizados por Syemiong (2021).

Figura 20 - Resistência de componentes – Syemiong.

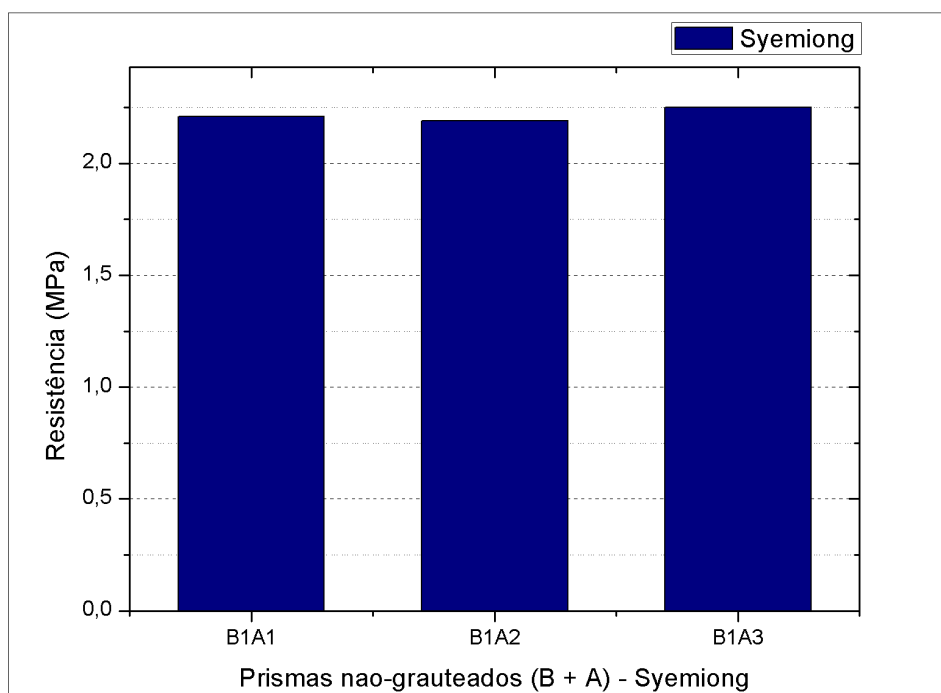


Fonte: Autoria própria.

Percebe-se que as argamassas utilizadas tiveram resistência variando de 7,32 MPa a 26,96 MPa. Os blocos utilizados foram de baixa resistência, com valores de resistência a compressão axial de 2,47 MPa a 3,15 MPa.

As resistências a compressão axial de prismas não-grauteados apresentadas na Figura 21.

Figura 21 - Resistência de prisma – Syemiong.



Fonte: Autoria própria.

As resistências apresentam pouca diferença entre si, da menor a maior os valores variam entre 2,21 MPa e 2,29 MPa.

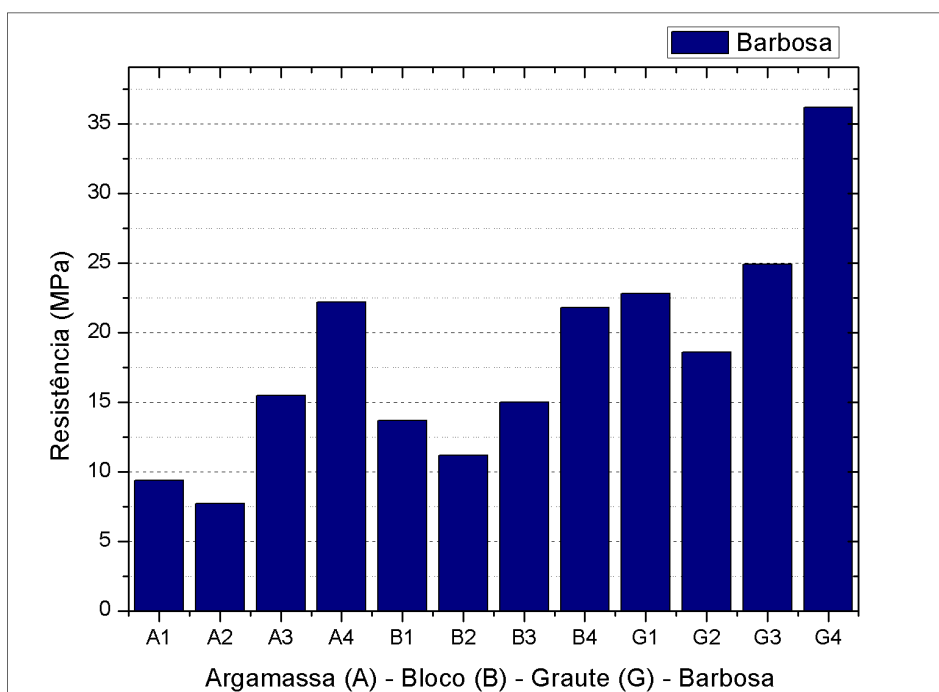
4.4 Resistências de prismas de 3 blocos

Nesta Seção são apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos trabalhos que utilizaram prismas de concreto de 3 blocos de altura tanto não-grauteados como grauteados. Para simplificação na disposição dos resultados, são utilizados apenas um dos nomes dos autores dos trabalhos, para os trabalhos com mais de 3 autores, o nome do autor do trabalho é acompanhado de: *et al.* As resistências apresentadas nos eixos verticais dos gráficos, representam a resistência a compressão axial dos componentes e prismas empregados.

4.4.1 Barbosa, Lourenço, Hainai (2009)

No trabalho desenvolvido por Barbosa S., Lourenço B. e Hainai João B. (2009), os componentes e prismas moldados foram feitos para analisar e validar a modelagem digital numérica do experimento, as resistências destes são apresentados na Figura 22.

Figura 22 - Resistência de componente – Barbosa.

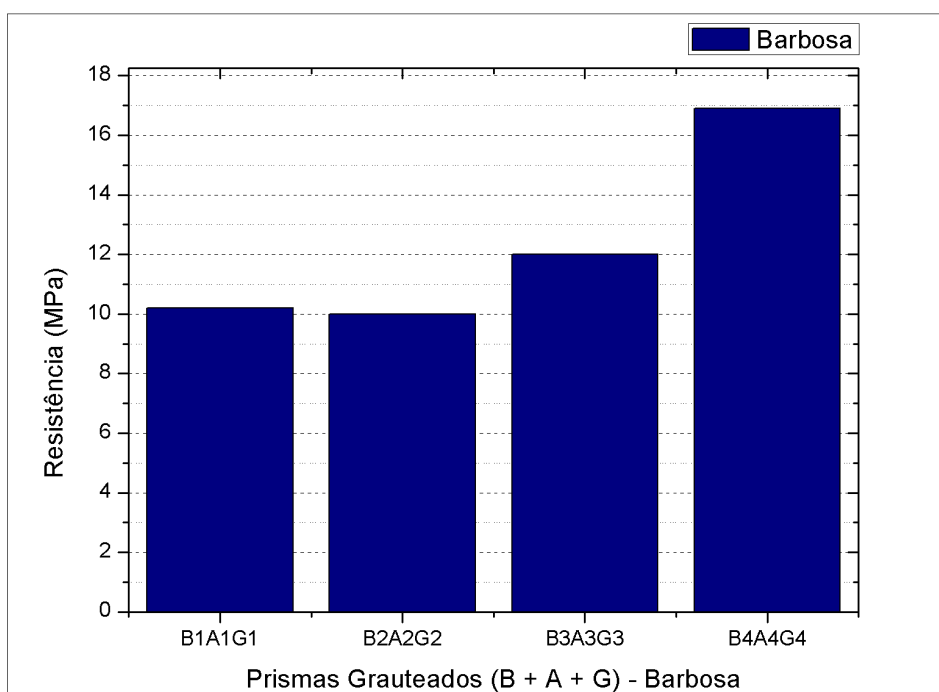


Fonte: Autoria própria.

Foram utilizados 4 tipos para cada um dos componentes: argamassa (A), bloco (B) e graute (G).

A Figura 23 mostra que apenas prismas grauteados foram moldados nos estudos dos autores.

Figura 23 - Resistência de prisma – Barbosa.



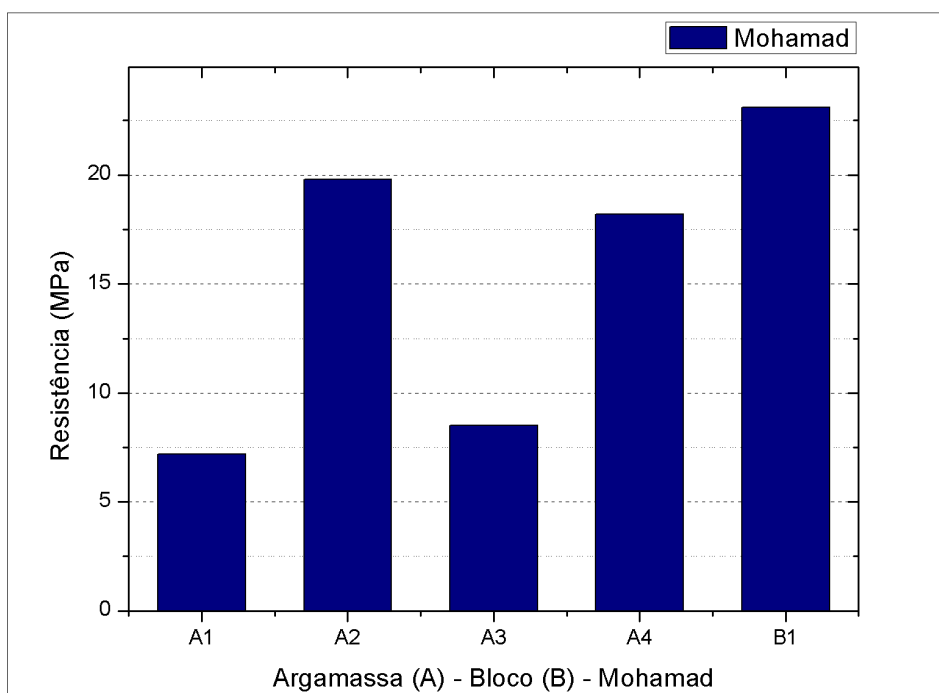
Fonte: Autoria própria.

A resistência dos prismas variou entre 10 MPa e 16,9 MPa.

4.4.2 Mohamad, Lourenço, Roman (2011)

Nos estudos de Mohamad, Lourenço, Roman (2011) foram investigados os resultados experimentais de forma a servirem para validação da modelagem numérica dos ensaios de prismas. A resistência dos componentes empregados pelos autores é demonstrada na Figura 24.

Figura 24 - Resistência de componente – Mohamad.

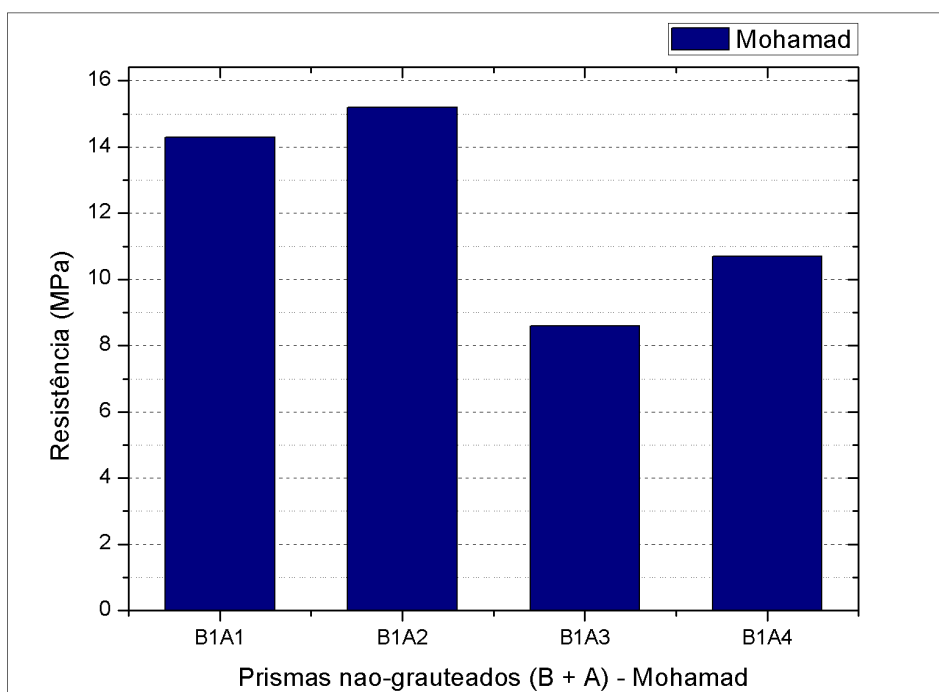


Fonte: Autoria própria.

No estudo foram utilizados diferentes tipos de argamassa (A1, A2, A3 e A4) com resistências entre 7,2 MPa e 19,8 MPa. E foi utilizado um único tipo de bloco (B1) com resistência característica de 23,1 MPa.

A Figura 25 apresenta as resistências de prismas obtidas pelos autores.

Figura 25 - Resistência de prismas – Mohamad.



Fonte: Autoria própria.

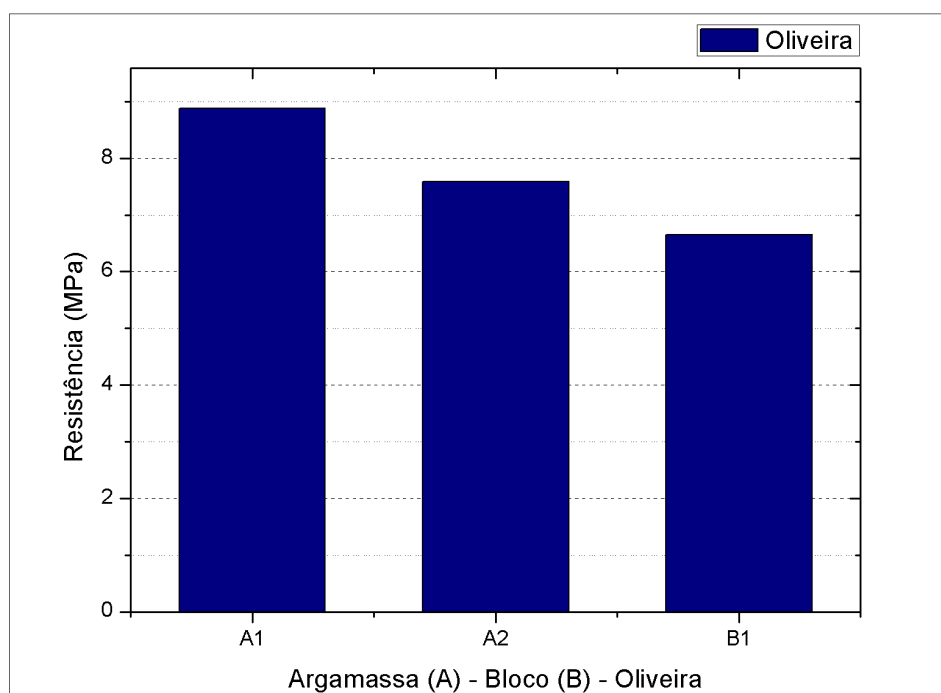
As resistências variaram entre 8,6 MPa sendo a mínima, em consequência da argamassa de menor resistência. Já a maior resistência de prisma foi de 15,2 MPa, devido ao emprego da argamassa de maior resistência.

4.4.3 Oliveira *et al.* (2015)

O artigo publicado por Oliveira *et al.* (2015), buscou investigar o efeito da dosagem de um aditivo a base de éter de celulose, variando a incorporação da substância até 9% na argamassa.

A Figura 26 traz os resultados da resistência a compressão axial dos componentes dos prismas, sendo eles dois tipos de argamassa (A1 e A2) e um tipo de bloco (B1).

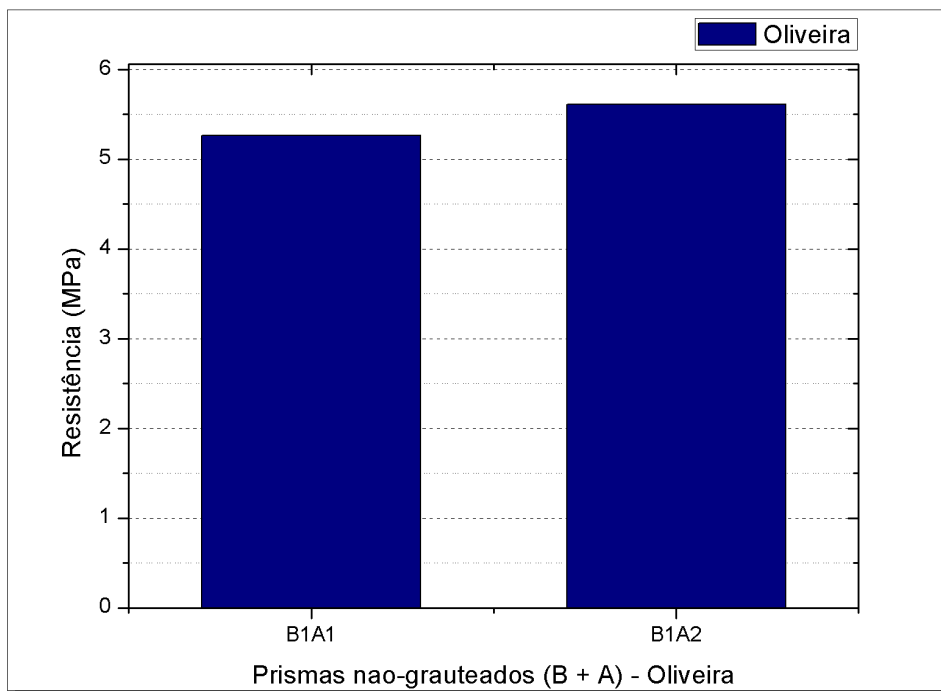
Figura 26 - Resistência de componentes – Oliveira.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 27 apresentam-se as resistências dos dois tipos de prismas empregados por Oliveira *et al.*

Figura 27 - Resistência de prismas – Oliveira.



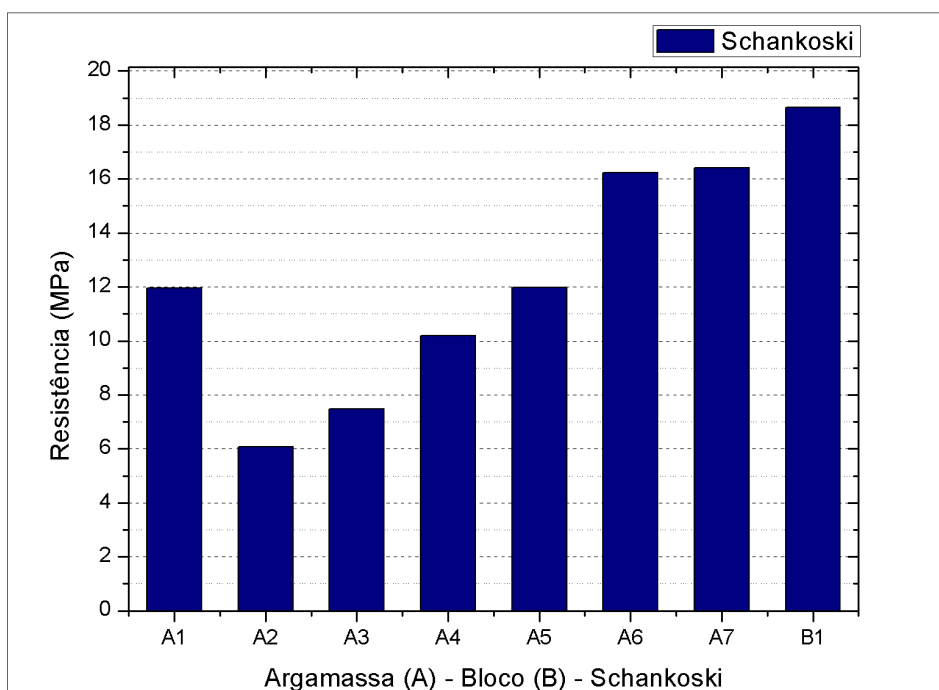
Fonte: Autoria própria.

As resistências empregadas foram de 5,26 MPa e 5,61 MPa para ambos os prismas não-grauteados.

4.4.4 Schankoski, Prudêncio Jr., Pilar (2015)

No artigo publicado por Schankoski *et al*, foram empregados 7 tipos diferentes de argamassa de forma a se avaliar a aderência destas quando utilizadas no assentamento, para o caso específico do trabalho, em prismas. As resistências de componentes dos autores, são apresentados na Figura 28.

Figura 28 - Resistência de componentes – Schankoski.

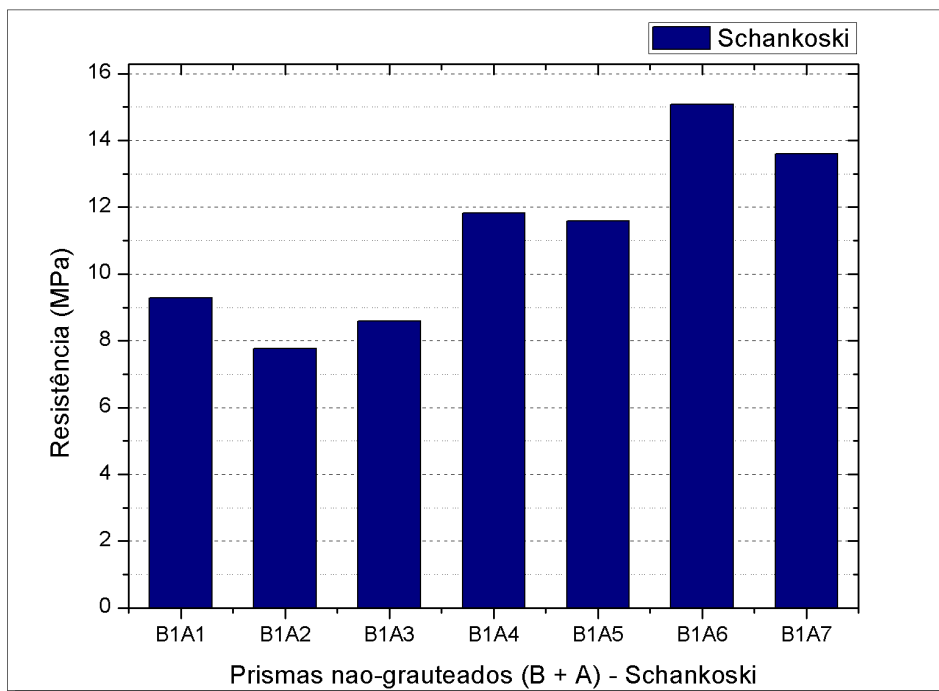


Fonte: Autoria própria.

As resistências das argamassas nos estudos de Schankoski *et al*. variaram entre 6,07 MPa e 16,42 MPa. Sendo a de maior resistência a argamassa A7. Já os blocos empregados tiveram uma única resistência de 18,65 MPa.

As resistências de prismas obtidas por Schankoski *et al*, são apresentadas na Figura 29.

Figura 29 - Resistência de prismas – Schankoski.



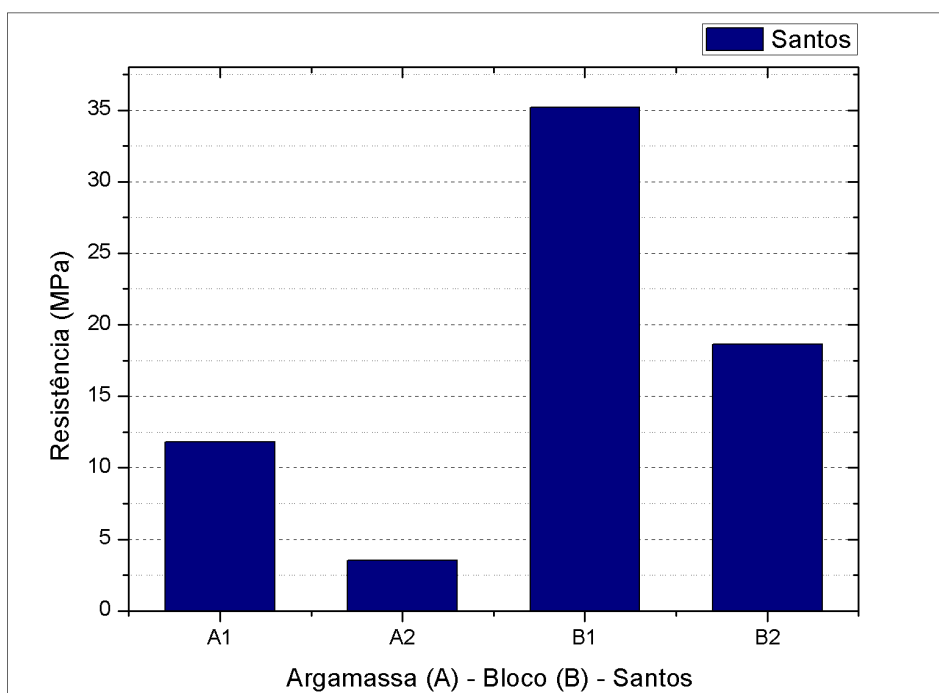
Fonte: Autoria própria.

Tendo as variações das resistências variando de 7,77 MPa como mínima e 15,08 MPa sendo a máxima.

4.4.7 Santos *et al.* (2017)

Santos *et al.* estudou a resistência de dois tipos de blocos, um de baixa e outro de alta resistência, de forma a utilizar os resultados para a validação da modelagem numérica computadorizada. A Figura 30 apresenta as resistências de componentes utilizadas pelos autores.

Figura 30 - Resistência de componentes – Santos.



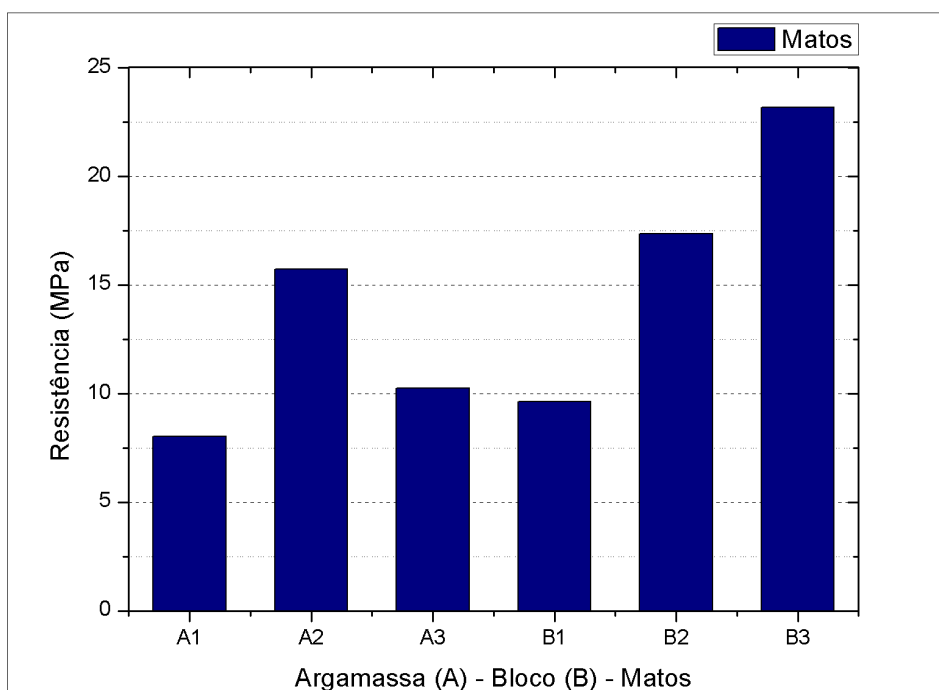
Fonte: Autoria própria.

Para os estudos dos autores foram utilizados dois tipos de resistência de bloco (B1 e B2), sendo 18,65 MPa e 35,19 MPa respectivamente. Também foram utilizados dois tipos de argamassa, onde A1 teve resistência de 11,8 MPa e A2 de 3,52 MPa.

4.4.5 Matos *et al.* (2019)

No estudo publicado por Matos *et al.* (2019), foram testadas argamassas estabilizadas para assentamento em diferentes períodos. As argamassas utilizadas foram testadas após 36h do início da reação. As resistências de argamassas apresentadas na Figura 31.

Figura 31 - Resistência de componentes – Matos.

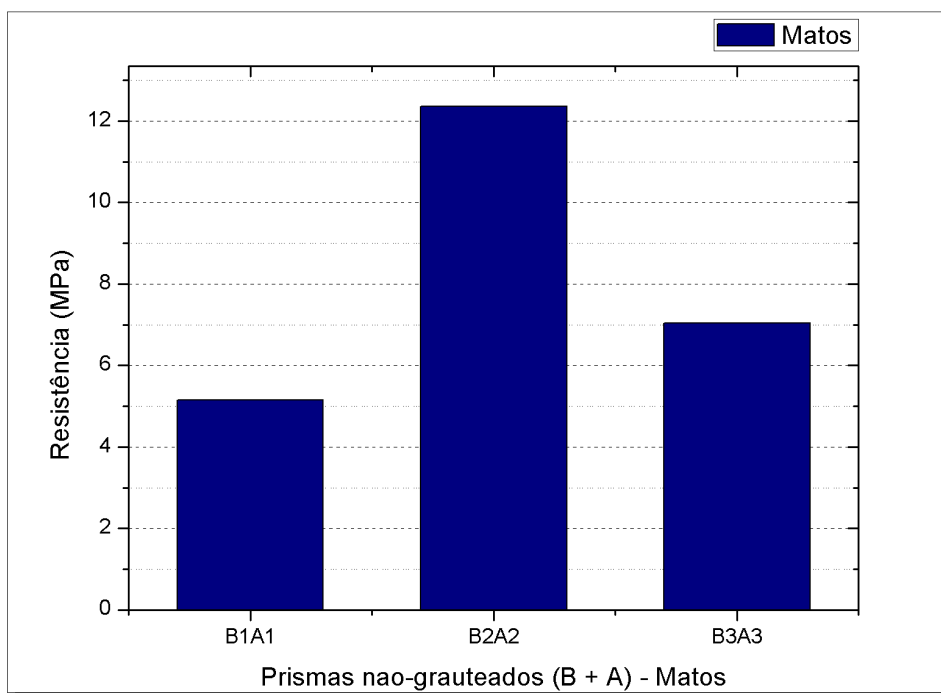


Fonte: Autoria própria.

As resistências variam entre 8,02 MPa e 15,72 MPa, sendo a máxima. Já para o estudo foram utilizados 3 tipos diferentes de bloco, sendo utilizadas resistências entre 9,63 MPa e 23,17 MPa.

Os prismas utilizados no estudo de Matos *et al.* (2019), são apresentados na Figura 32.

Figura 32 – Resistência de prismas – Matos.

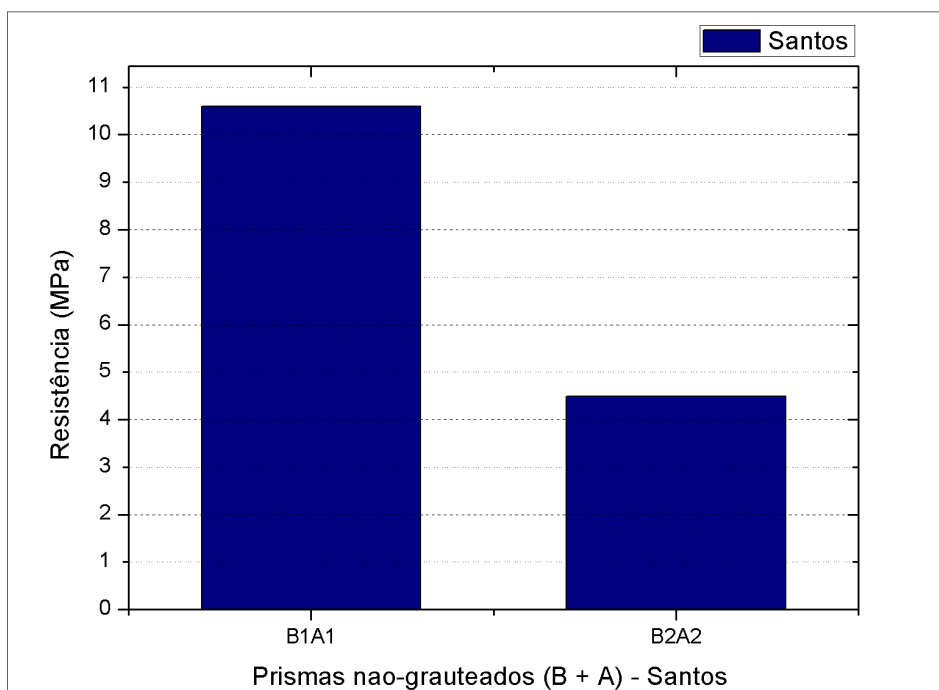


Fonte: Autoria própria.

A resistência dos prismas utilizados variou entre 12,36 MPa sendo a máxima e 5,15 MPa, a mínima.

As resistências de prismas encontradas por Santos *et al.* (2017) são apresentadas na Figura 33.

Figura 33 - Resistência de prismas – Santos.



Fonte: Autoria própria.

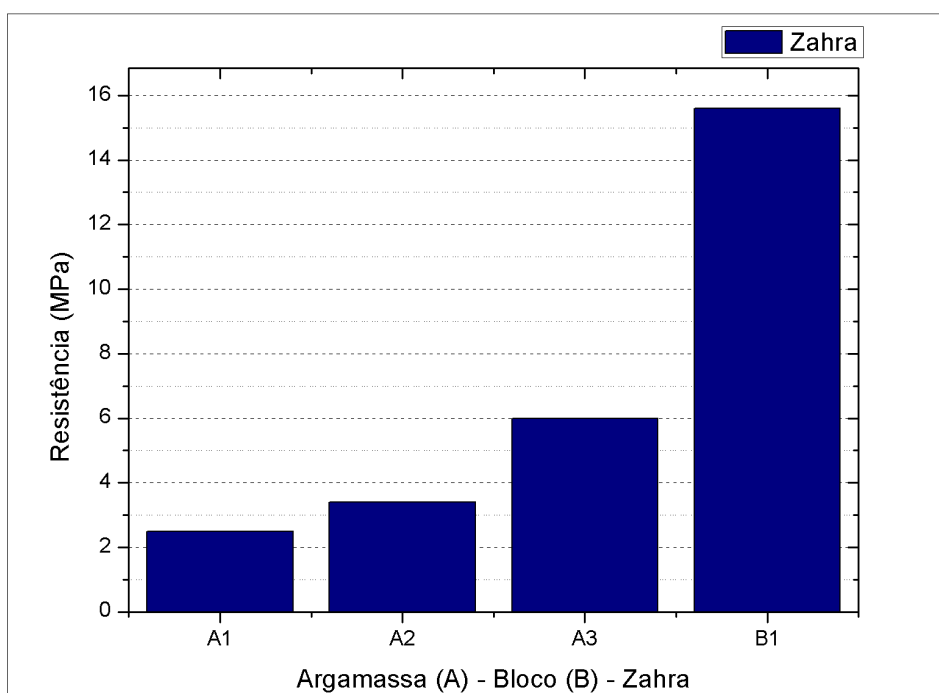
Os prismas de combinação B1A1, tiveram resistência de 10,6 MPa enquanto os prismas da combinação B2A2 tem a resistência de 4,49 MPa.

4.4.2 Zahra, Thamboo, Asad (2021)

No trabalho de Zahra, Thamboo, Asad (2021), foram utilizados 3 tipos de argamassa no assentamento de bloco cheio e utilizando apenas as faces. Para o presente trabalho foram retirados apenas os dados do assentamento apenas nas faces.

Na Figura 34, são apresentadas as resistências dos componentes utilizados no estudo de Zahra, Thamboo e Asad (2021).

Figura 34 - Resistência de componentes – Zahra.

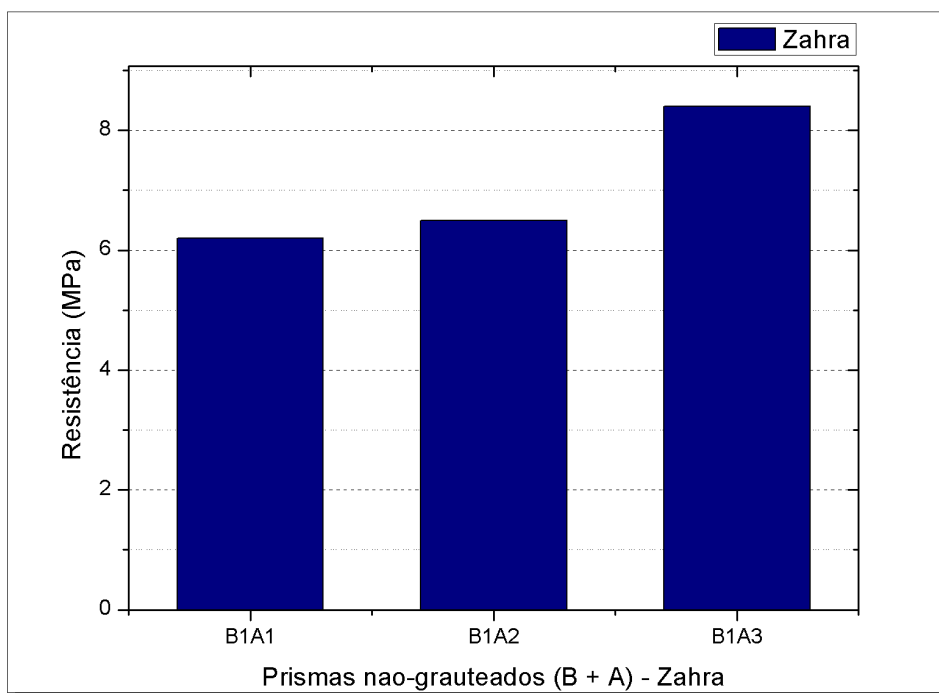


Fonte: Autoria própria.

3 tipos de argamassa foram utilizados (A1, A2 e A3), para um único bloco (B1). As resistências de argamassa variaram entre 2,5 MPa e 6 MPa.

A Figura 35 traz os resultados dos prismas não-grauteados de 3 blocos utilizado no estudo dos autores.

Figura 35 - Resistência de prismas – Zahra.



Fonte: Autoria própria.

Percebe-se a partir do gráfico da Figura 35 que os prismas que retornaram a maior resistência, foram consequentemente os que utilizaram a argamassa do tipo A3.

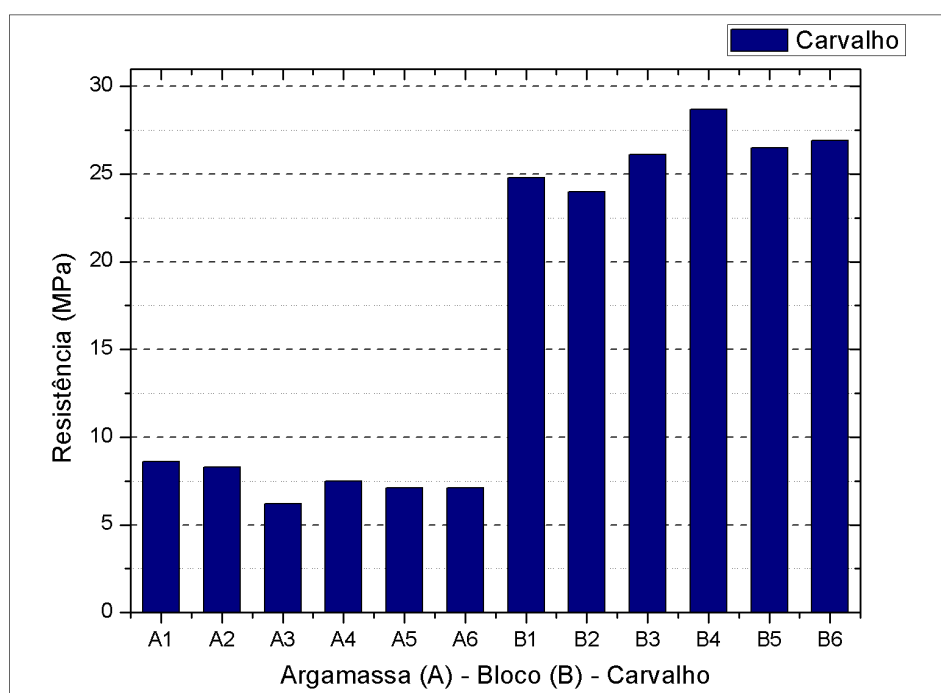
4.5 Resistência de prismas cerâmicos de 2 blocos

Nesta Seção são apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos trabalhos que utilizaram prismas cerâmicos de 2 blocos de altura tanto não-grauteados como grauteados. Para simplificação na disposição dos resultados, são utilizados apenas um dos nomes dos autores dos trabalhos, para os trabalhos com mais de 3 autores, o nome do autor do trabalho é acompanhado de: *et al.*

4.5.1 Carvalho (2003).

A dissertação de mestrado de Carvalho (2003), estudou o desempenho de blocos cerâmicos, variando-se os tipos da unidade em conjunto com a variação da espessura das juntas de argamassa. Para o estudo aqui apresentado, foram utilizadas apenas as resistências de argamassa utilizadas na segunda etapa da tese, apresentadas na Figura 36.

Figura 36 - Resistência de componentes – Carvalho.

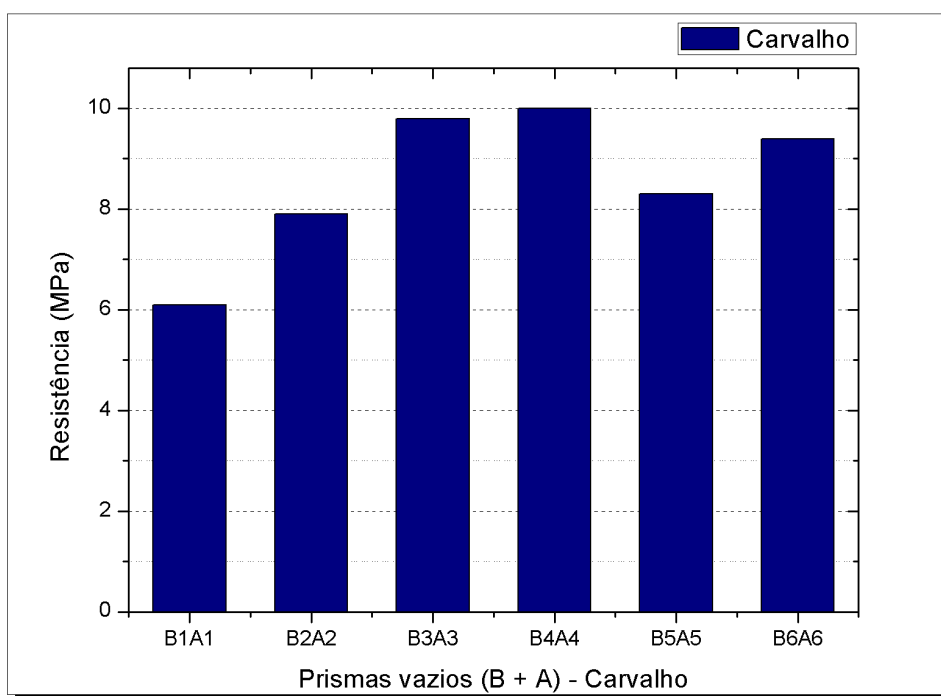


Fonte: Autoria própria.

Foram empregados, 6 tipos de argamassa (A1 a A6) com resistência variando entre 6,2 MPa e 8,6 MPa. Em conjunto foram utilizados 6 tipos de unidade cerâmica

de alvenaria, com resistências variando de 24 MPa a 28,7 MPa. As resistências de prismas com blocos cerâmicos obtidas por Carvalho (2003) são apresentadas na Figura 37.

Figura 37 - Resistência de prismas – Carvalho.



Fonte: Autoria própria.

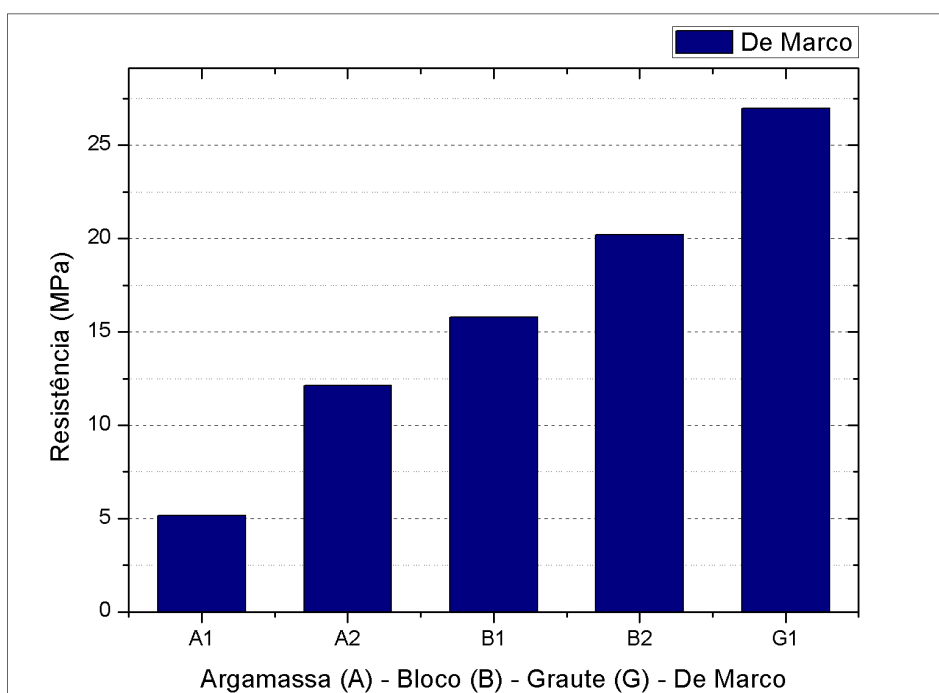
Cada tipo de bloco foi combinado com um tipo diferente de argamassa. As resistências dos prismas variam entre 6,1 MPa e 10 MPa.

4.5.2 De Marco (2016)

Na tese de mestrado de De Marco (2016), foi estudada a influência do preenchimento dos blocos cerâmicos de alvenaria estrutural com graute. Porém também foram estudados prismas de alvenaria não-grauteados para base de dados de comparação.

Os resultados das resistências de componentes empregadas por De Marco (2016), são apresentadas na Figura 38.

Figura 38 - Resistência de componentes – De Marco.

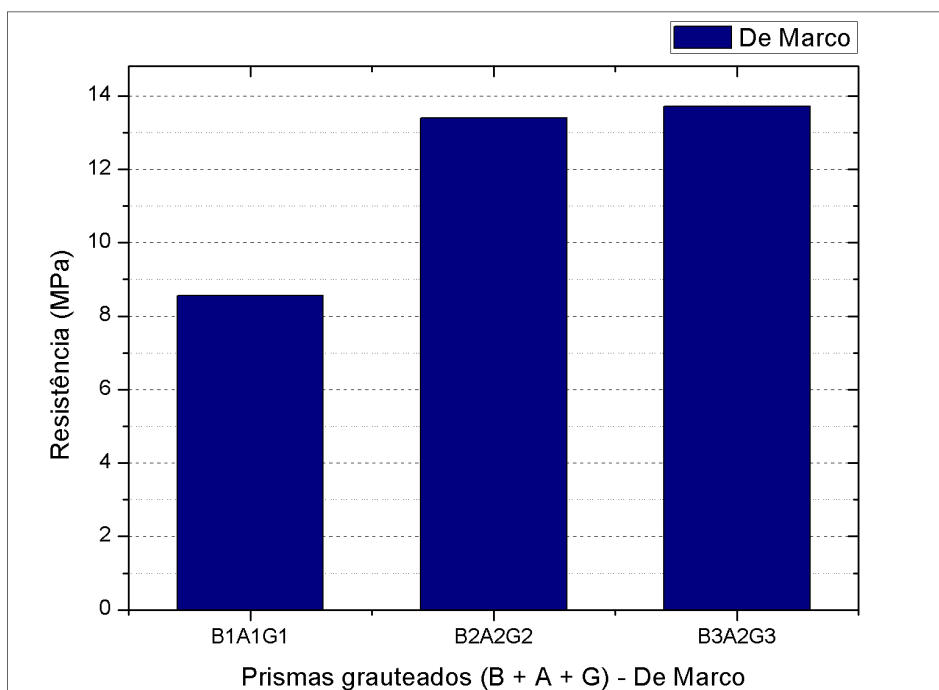


Fonte: Autoria própria.

Foram utilizados 2 tipos de argamassa em conjunto com 2 tipos de bloco e um único traço de graute.

Na Figura 39, são apresentadas as resistências de prismas grauteados empregados no estudo de De Marco (2016).

Figura 39 - Resistência de prisma grauteado – De Marco.

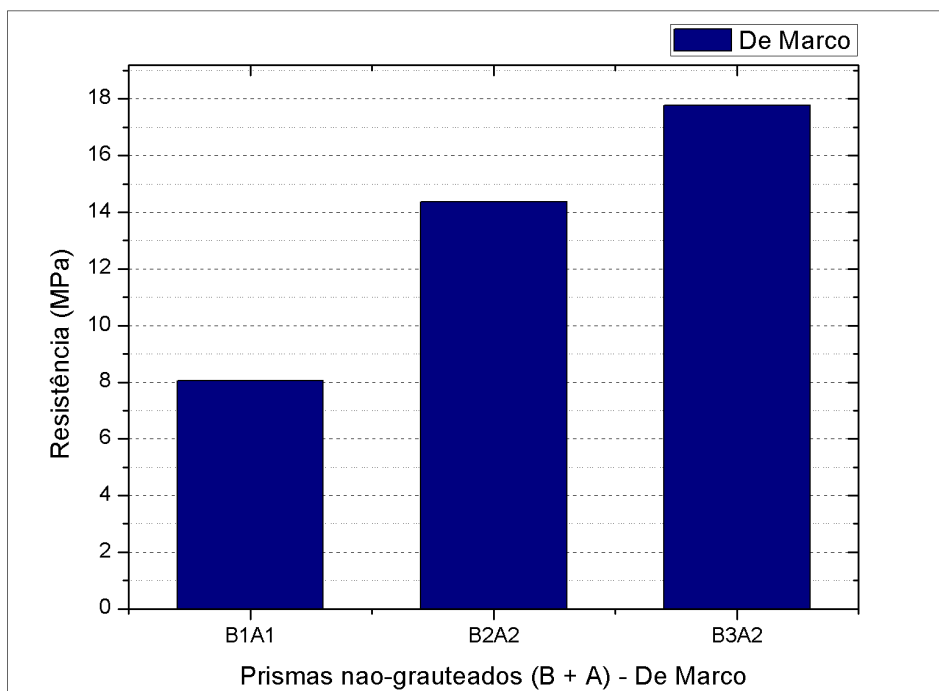


Fonte: Autoria própria.

Os prismas grauteados variam em resistência entre 8,55 MPa e 13,71 MPa.

As resistências de prismas não-grauteados, são apresentadas na Figura 40.

Figura 40 - Resistência de prisma não-grauteados – De Marco.



Fonte: Autoria própria.

Tais prismas tiveram sua resistência variando entre 8,05 MPa e 17,77 MPa.

4.6 Análise de prismas baseando-se na resistência da unidade de alvenaria

Esta Subseção, apresenta a análise dos resultados de prismas construídos com blocos de concreto e cerâmica, em suas respectivas subseções. Tal análise é realizada a partir da conferência das resistências médias de bloco e argamassa correspondente ao prisma.

Na escolha dos dados contidos nas figuras apresentadas, por conveniência, para os autores que tiveram mais de um dado de resistência dentro das faixas analisadas, a resistência utilizada foi a máxima dentro daquela faixa.

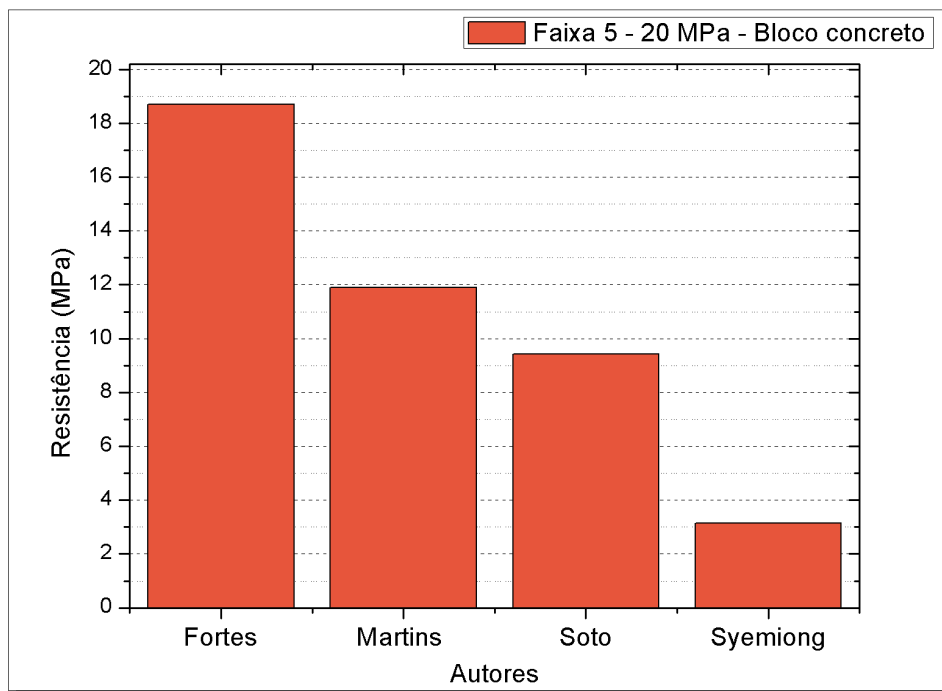
Conforme comentado na Subseção 2.3.3, o componente que mais causa influência na resistência de prismas é o bloco, portanto, daí a decisão de se utilizar a unidade de alvenaria para comparação na análise dos prismas.

4.6.1 Prismas de 2 blocos de concreto com resistência média entre 5 MPa e 20 MPa

Esta Subseção contém os dados da resistência média a compressão, de blocos de concreto. Os valores de 5 MPa a 20 MPa, foram escolhidos por serem valores relativamente comuns, utilizados em obras e pesquisas.

Na Figura 41, são apresentadas as resistências de bloco para a faixa da Subseção.

Figura 41 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 5 MPa a 20 MPa.

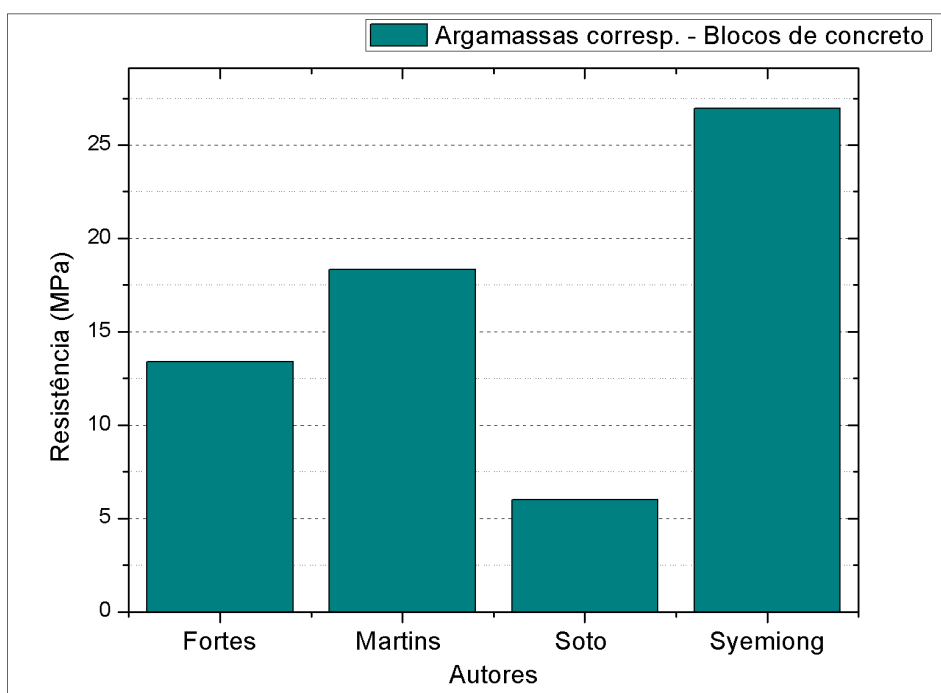


Fonte: Autoria própria.

Na Figura 41, observam-se as resistências médias de bloco de concreto com faixa entre 5 MPa e 20 MPa, distribuídas por cada autor. As resistências vão de maior para menor na sequência: Fortes (18,7 MPa), Martins (11,9 MPa), Soto (9,43 MPa) e Syemiong (3,15 MPa).

As resistências de argamassa correspondentes aos blocos dos autores dispostos na Figura 41, são apresentados na Figura 42.

Figura 42 - Resistência das argamassas correspondentes – Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.



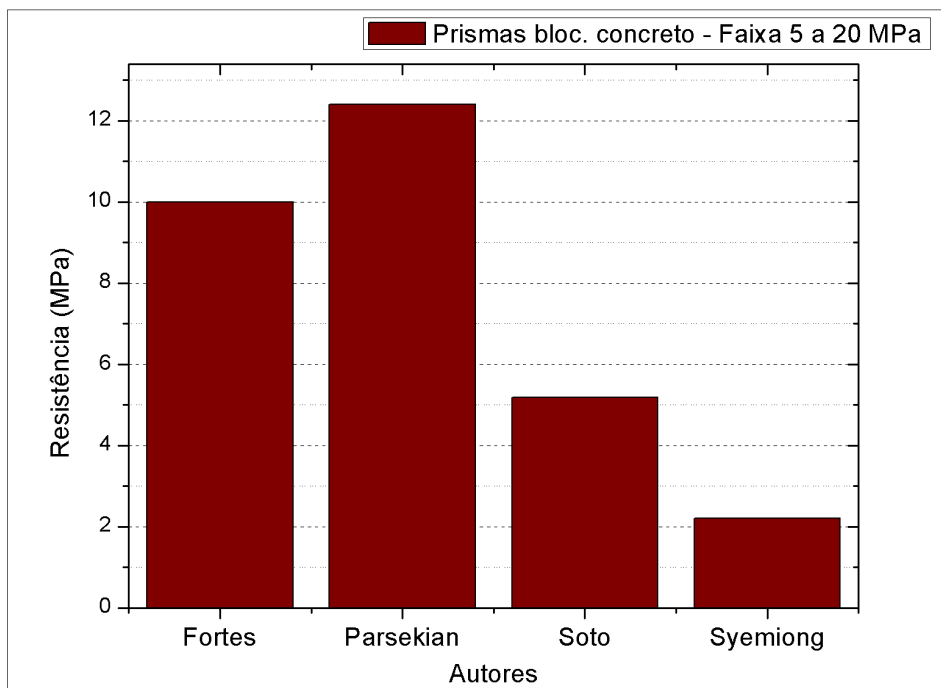
Fonte: Autoria própria.

Tais resistências estão na sequência de: Syemiong (26,96 MPa), Martins (18,32 MPa), Fortes (13,4 MPa) e Soto (6 MPa).

Dentre todos os resultados demonstrados na Figura 42 pode-se verificar que o resultado obtido por Syemiong, destoa dos demais, por ser o máximo, com 8,64 MPa de diferença para o segundo autor da sequência.

A Figura 43 apresenta as resistências médias de prismas para as unidades de alvenaria dos autores citados nas Figuras 41 e 42.

Figura 43 - Resistência dos prismas – Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.



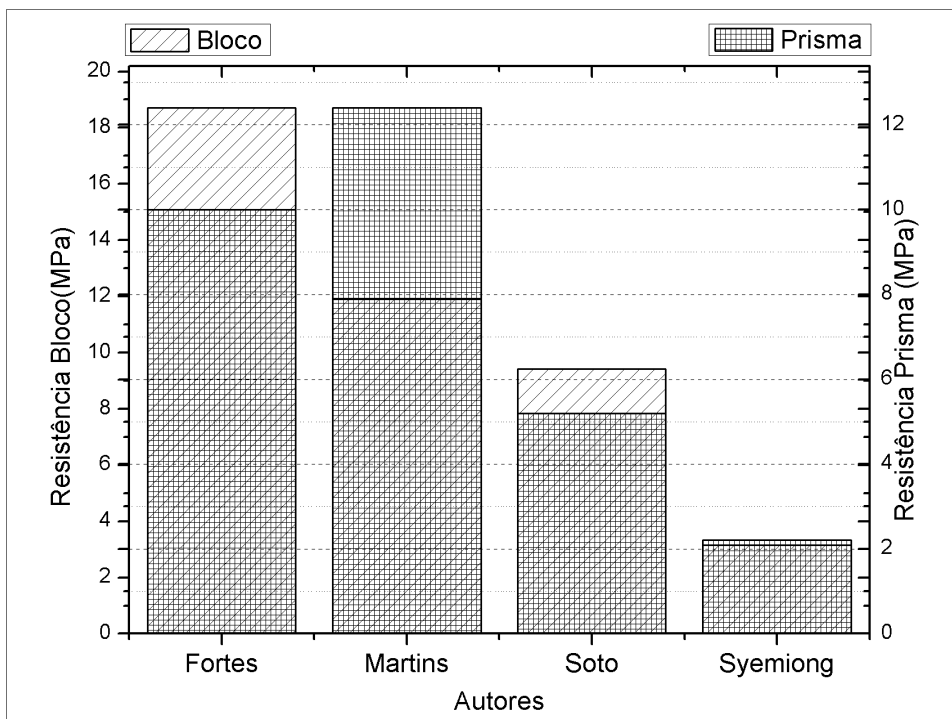
Fonte: Autoria própria.

Tais resistências são função da combinação dos componentes utilizados por cada autor.

As resistências de prisma por autor, na sequência de maior para menor são: Parsekian (12,4 MPa), Fortes (10 MPa), Soto (5,19 MPa) e Syemiong (2,21 MPa).

Na Figura 44, a resistência de prismas é apresentada com a hachura na vertical, enquanto a resistência dos blocos são hachuradas na diagonal.

Figura 44 - Comparação entre resistência de prismas de 2 blocos e unidades de alvenaria.



Fonte: Autoria própria.

Dessa maneira, conforme citado no início desta Subseção, devido a influência do bloco na resistência a compressão do prisma, a Figura 44 expõe uma sobreposição entre as resistências de prismas de 2 unidades de alvenaria e blocos de concreto.

A partir das informações mencionadas na Subseção 2.3.3, é constatado que a resistência a compressão dos elementos decresce na medida em que cresce o número de fiadas dos elementos de alvenaria (a resistência de prisma é cerca de 50% da de bloco em valores médios).

A Tabela 9 apresenta a porcentagem de representação de cada resistência de bloco em relação a resistência do prisma, também conhecida como fator de eficiência de prisma.

Tabela 9 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 2 unidades para a faixa de 5 MPa a 20 MPa.

Autor	Porcentagem (f_p/f_b)
Fortes	53,48%
Martins	104,20%
Soto	55%
Syemiong	70,2%

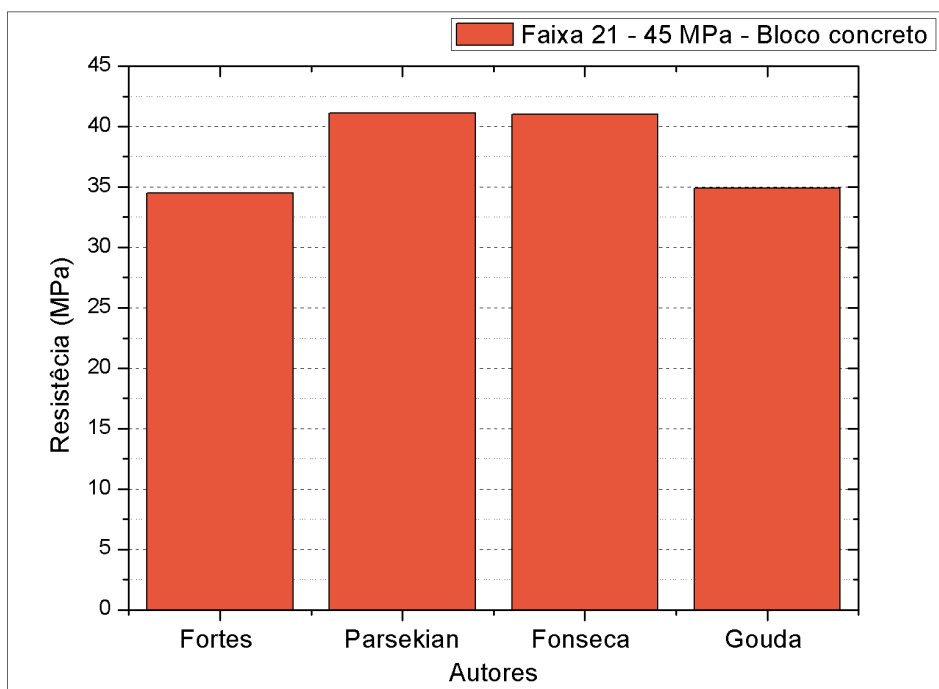
Fonte: Autoria própria.

Portanto, pode-se concluir a partir de taxa de eficiência prisma/bloco de concreto apresentado na Tabela 9, que os dados obtidos ao longo da revisão sistemática, são para a maioria dos casos condizentes com o fato de prismas terem resistência menor do que as dos blocos. Tal relação só tem grande diferença nos valores encontrados pelo autor Martins *et al.* (2018), pois a resistência do prisma é representada por 104,20%. O que pode ser explicado, em parte devido a resistência da argamassa para o autor ter sido a segunda maior. A diferença no resultado para o autor é uma particularidade a qual é comum devido ao grande número variáveis envolvidas no rompimento de prismas de alvenaria estrutural, tanto mais, em prismas de blocos de concreto.

4.6.2 Prismas de 2 blocos de concreto com resistência média entre 21 MPa e 45 MPa

Esta Subseção contém os dados da resistência média a compressão, de 2 blocos de concreto. Os valores de 21 MPa a 45 MPa, foram escolhidos por serem valores usuais de resistência, utilizados em obras e pesquisas. Na Figura 45, observam-se as resistências médias de bloco de concreto com faixa entre 5 MPa e 20 MPa, distribuídas por cada autor.

Figura 45 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 5 MPa a 20 MPa.

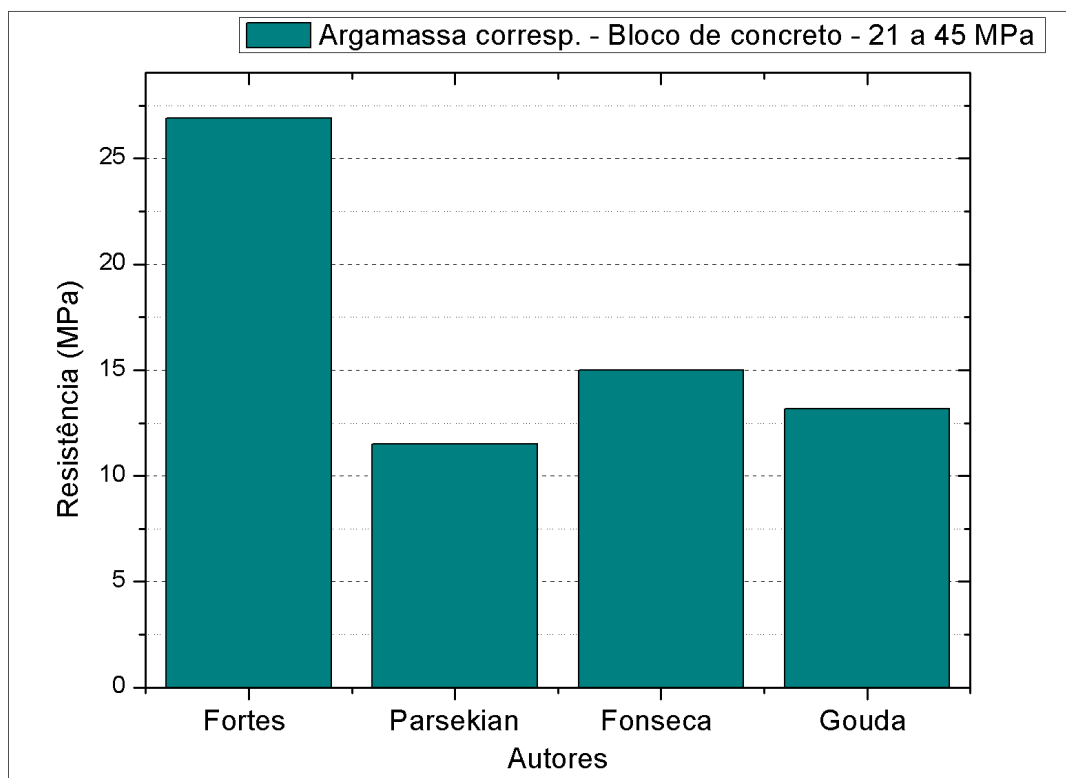


Fonte: Autoria própria.

As resistências vão de maior para menor na sequência: Parsekian (41,1 MPa), Fonseca (41 MPa), Gouda (34,9 MPa) e Fortes (34,5 MPa).

As resistências de argamassa correspondentes aos blocos dos autores dispostos na Figura 45, são apresentados na Figura 46.

Figura 46 - Resistência das argamassas correspondentes – Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.



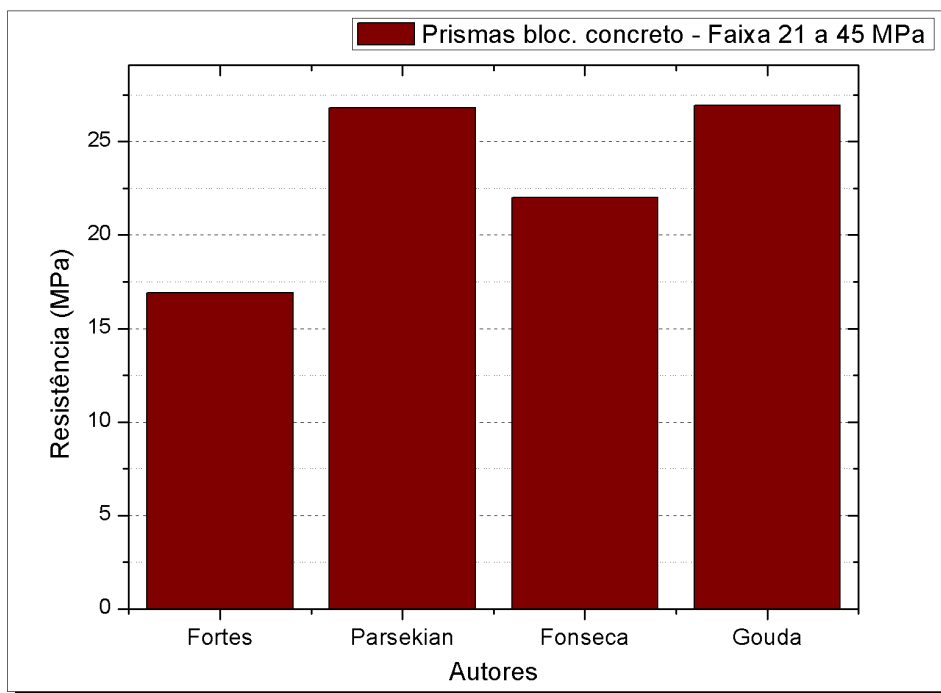
Fonte: Autoria própria.

Tais resistências estão na sequência de maior para menor: Fortes (26,9 MPa), Fonseca (15 MPa), Gouda (13,17) e Parsekian (11,5 MPa).

O autor que se destaca por ter utilizado a argamassa de maior resistência, foi Fortes *et al.* (2017), a resistência média da argamassa obtida pelo autor tem uma diferença de 11,9 MPa para a argamassa utilizada por Fonseca *et al.* (2019).

A Figura 47 apresenta as resistências médias de prismas para as unidades de alvenaria dos autores citados nas Figuras 45 e 46. Tais resistências são função da combinação dos componentes utilizados por cada autor.

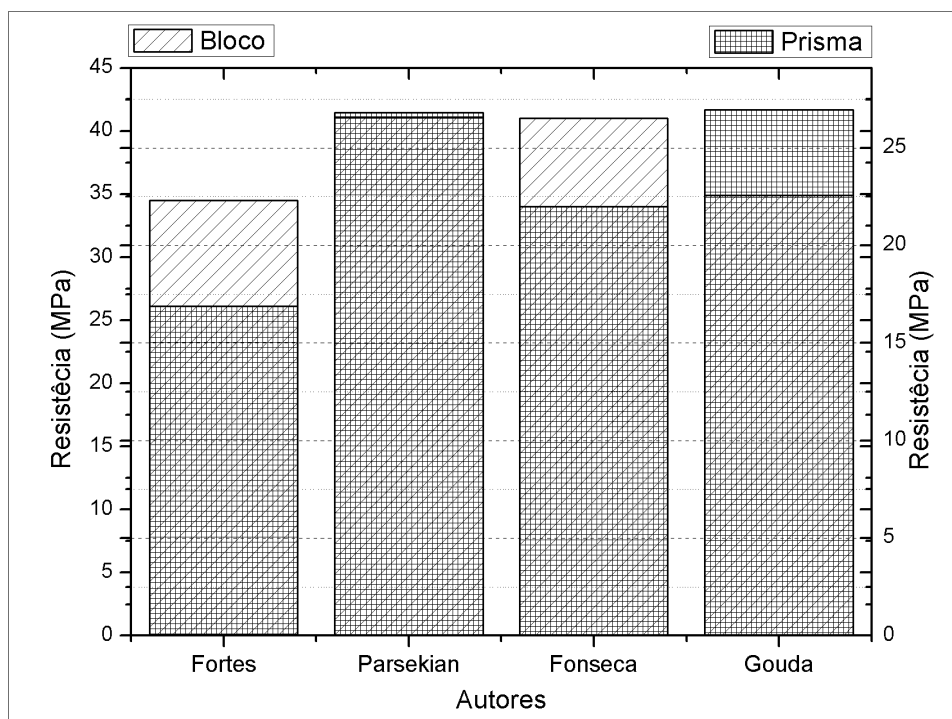
Figura 47 - Resistência dos prismas – Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.



Fonte: Autoria própria.

As resistências de prismas de cada autor, na sequência de maior para menor é de: Gouda (26,94 MPa), Parsekian (26,8 MPa), Fonseca (22 MPa) e Fortes (16,9 MPa).

Figura 48 - Comparação entre resistência de prismas de 2 blocos e unidades de alvenaria - Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.



Fonte: Autoria própria.

A mesma análise a qual foi empregada na Figura 44, pode ser empregada na Figura 48. Devido a unidade de alvenaria exercer a maior influência na resistência a compressão de prismas, percebe-se que todos os autores tiveram a resistência de bloco excedendo a resistência do prisma, algo que é aceitável.

A Tabela 10 apresenta os valores de fator de eficiência para os autores da faixa.

Tabela 10 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 2 unidades para faixa de 21 a 45 MPa.

Autor	Porcentagem (f_p/f_b)
Fortes	48,99%
Parsekian	65,21%
Fonseca	53,66%
Gouda	77,19%

Fonte: Autoria própria.

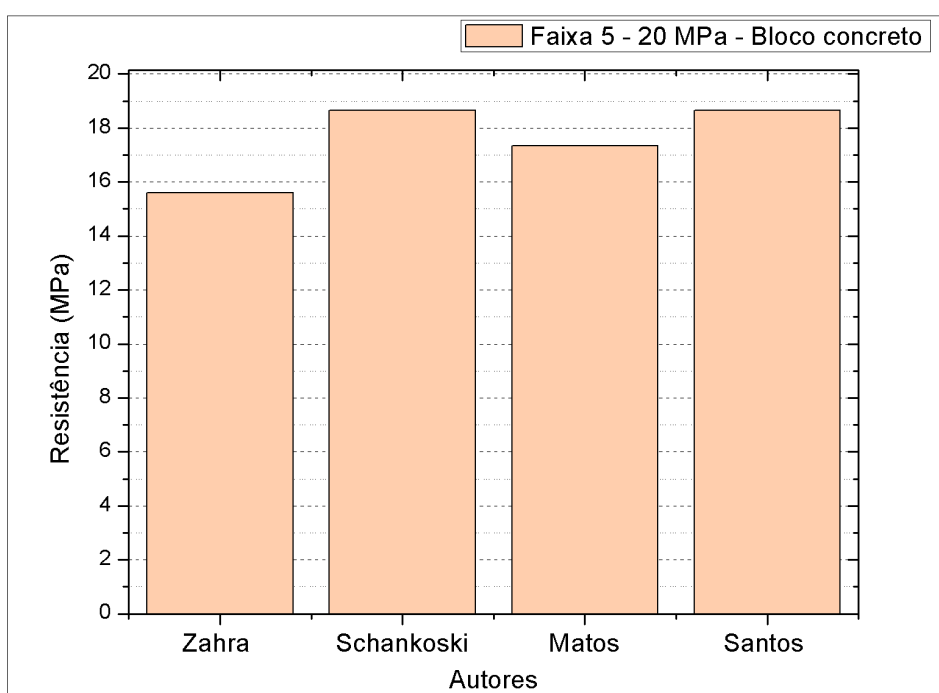
Partindo dos dados apresentados na Tabela 10, nota-se que a razão entre a resistência de prismas e de blocos não tem diferença maior do que 30% para os valores de 67% e 70% o qual é consagrado na literatura. Já através da Figura 48, percebe-se que o autor que teve a resistência de prisma que mais preencheu a resistência de bloco foi Parsekian.

4.6.3 Prismas de 3 blocos de concreto com resistência média entre 5 MPa e 20 MPa.

Esta Subseção, traz os dados dos autores que empregaram prismas de 3 blocos de concreto os quais foram construídos dentro da faixa de resistência média de 5 MPa a 20 MPa. Além da resistência de blocos, são apresentados também as respectivas resistências de argamassa para cada autor e a resistência de prismas da combinação de cada componente.

Na Figura 49, observam-se as resistências médias de bloco de concreto com faixa entre 5 MPa e 20 MPa, distribuídas por cada autor.

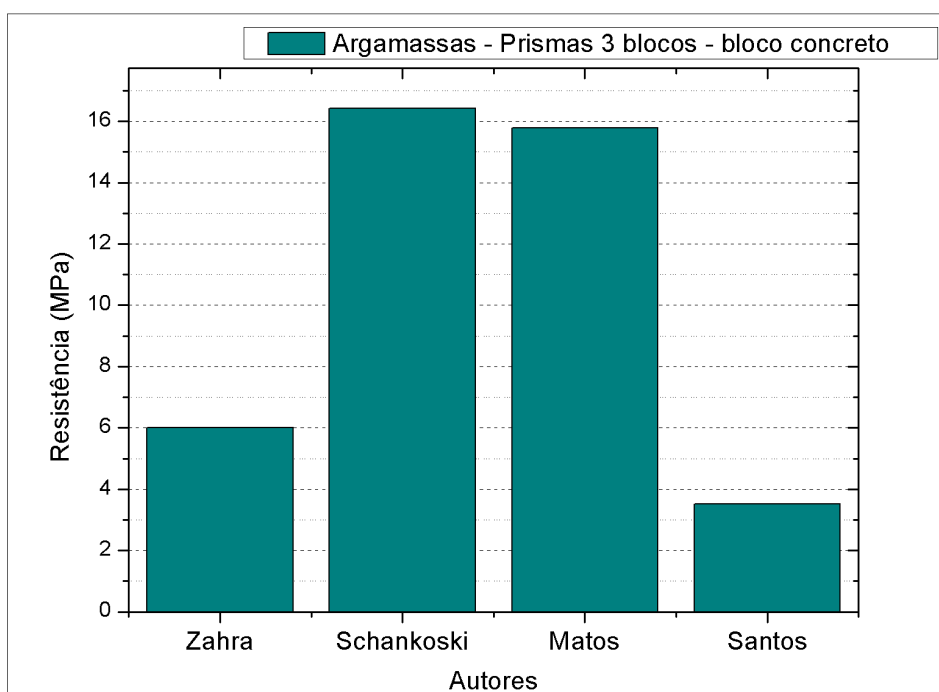
Figura 49 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 5 MPa a 20 MPa - Prismas de 3 blocos.



As resistências vão de maior para menor na sequência: Schankoski (18,65 MPa), Santos (18,65 MPa), Matos (17,34 MPa) e Zahra (15,6 MPa). Percebe-se a partir dos dados apresentados que Schankoski e Santos obtiveram a mesma resistência de bloco em trabalhos distintos.

Na Figura 50, são apresentadas as resistências de argamassas utilizadas para a elaboração dos prismas, correspondentes aos blocos apresentados na Figura 49.

Figura 50 - Resistência das argamassas correspondentes – Faixa de 5 MPa a 20 MPa – Prismas de 3 blocos.

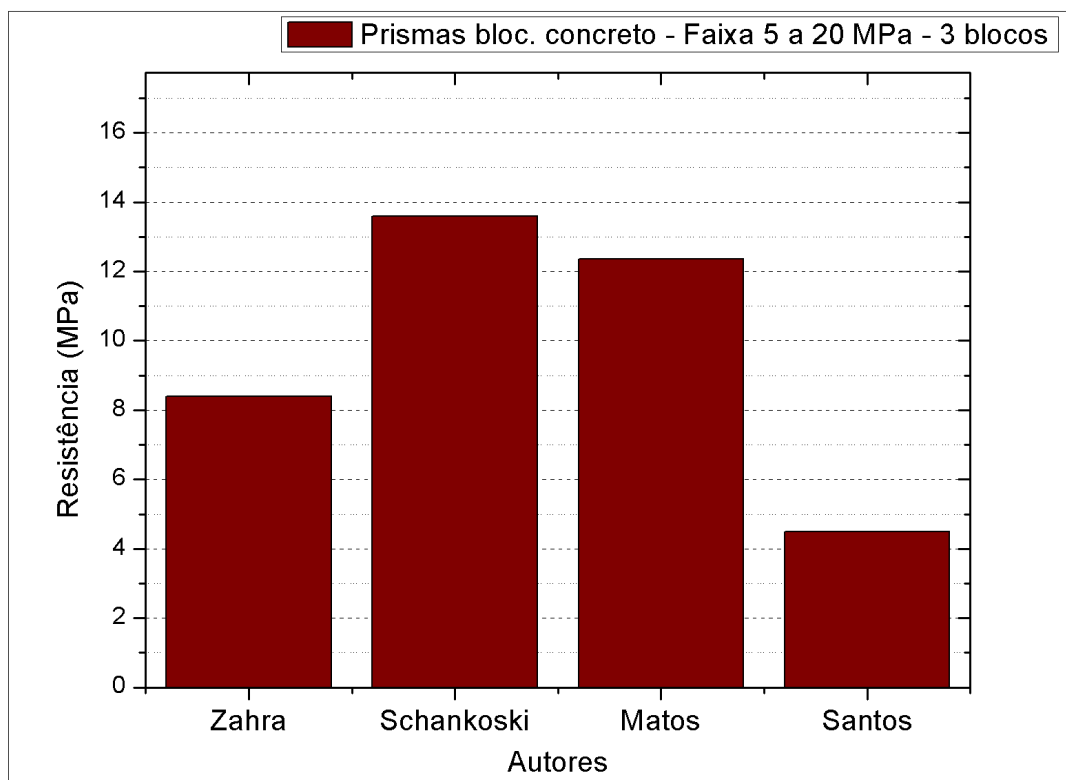


Fonte: Autoria própria.

A ordem de resistência das argamassas segue da maior para menor em: Schankoski (16,42 MPa), Matos (15,78 MPa), Zahra (6 MPa) e Santos (3,52 MPa).

A Figura 51, apresenta as resistências de prismas de 3 blocos para as combinações dos componentes dispostos nas Figuras 49 e 50.

Figura 51 - Resistência dos prismas 3 blocos – Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.

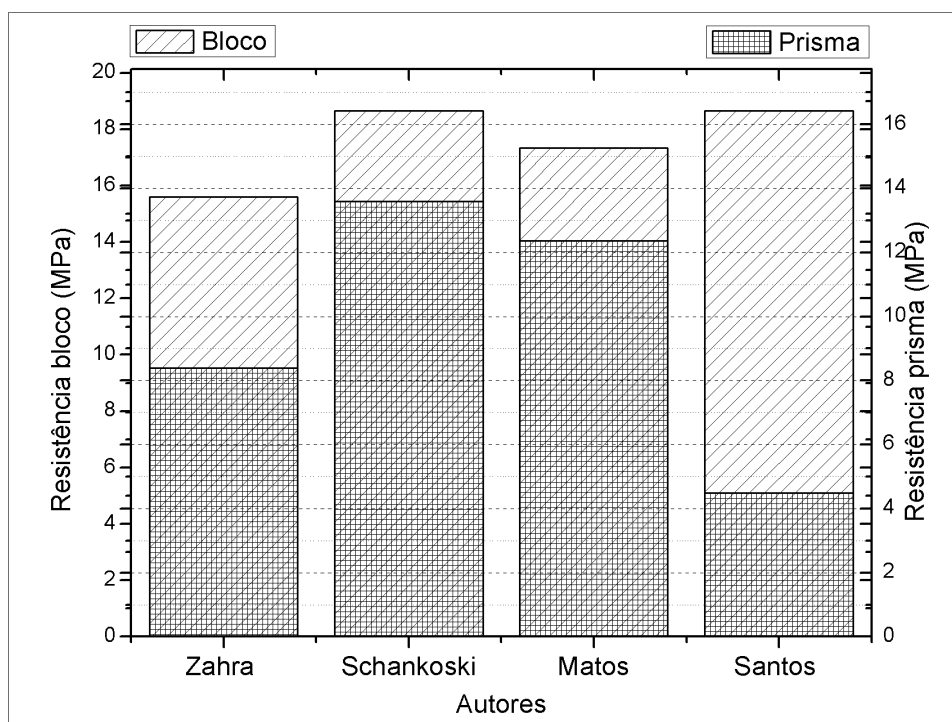


Fonte: Autoria própria.

As resistências dos prismas da maior para a menor vão na sequência de: Schankoski (13,59 MPa), Matos (12,36 MPa), Zahra (8,4 MPa) e Santos (4,49 MPa).

Na Figura 52, é feita a análise comparativa entre as resistências de bloco e resistências de prisma utilizadas pelos autores.

Figura 52 - Comparação entre resistência de prismas de 3 blocos e unidades de alvenaria - Para blocos na faixa de 5 MPa a 20 MPa.



Fonte: Autoria própria.

Percebe-se também, que para os prismas de 3 blocos de altura, a resistência de bloco é maior do que a resistência de prisma. Ainda se percebe que o autor que obteve a resistência de prisma mais próxima da resistência do bloco foi Schankoski.

A Tabela 11 apresenta os valores de fator de eficiência de prisma dos autores.

Tabela 11 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 3 unidades para faixa de 5 a 20 MPa.

Autor	Porcentagem (f_p/f_b)
Zahra	53,85
Schankoski	72,92
Matos	71,28
Santos	24,07

Fonte: Autoria própria.

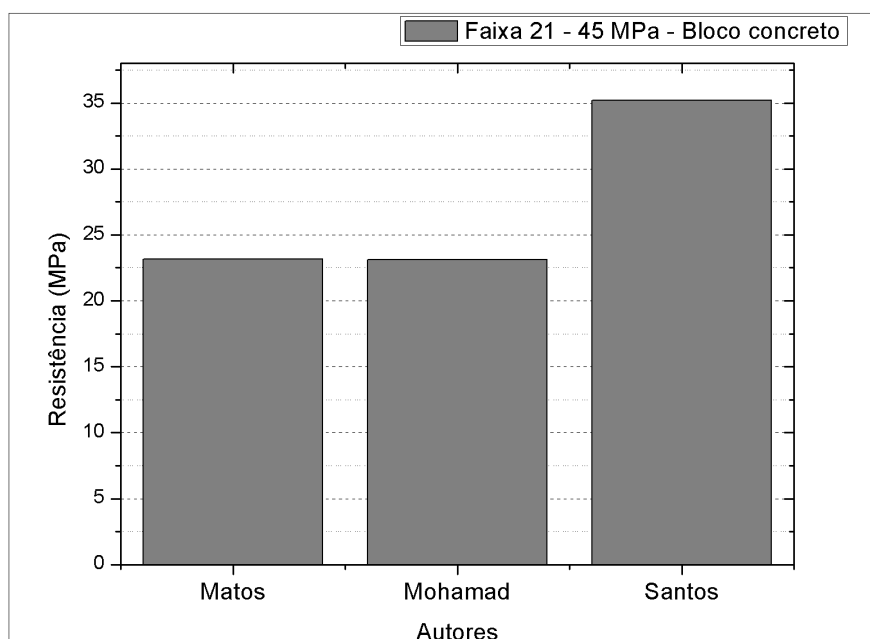
Através do apresentado na Tabela 11, se observa que os valores da razão entre resistência de prisma e resistência de bloco é aceitável para a maioria dos autores, sendo a exceção para Santos. Para este autor, tal situação ocorreu devido a sua resistência de argamassa ser tão inferior as demais, conforme apresentado na Figura 52. O valor de Santos sofreu influência da argamassa, o que concorda com a influência da argamassa descrita na Subseção 2.3.1.

4.6.4 Prismas de 3 blocos de concreto com resistência média entre 21 MPa e 45 MPa

Esta Subseção, traz os dados dos autores que empregaram prismas de 3 blocos de concreto os quais foram construídos dentro da faixa de resistência média de 21 MPa a 45 MPa. Além da resistência de blocos, são apresentados também as respectivas resistências de argamassa para cada autor e a resistência de prismas da combinação de cada componente.

As resistências das unidades de alvenaria empregados em prismas de 3 blocos de altura, na faixa de 21 MPa a 45 MPa, são mostradas na Figura 53.

Figura 53 - Resistência média de blocos de concreto – Faixa de 21 MPa a 50 MPa - Prismas de 3 blocos.

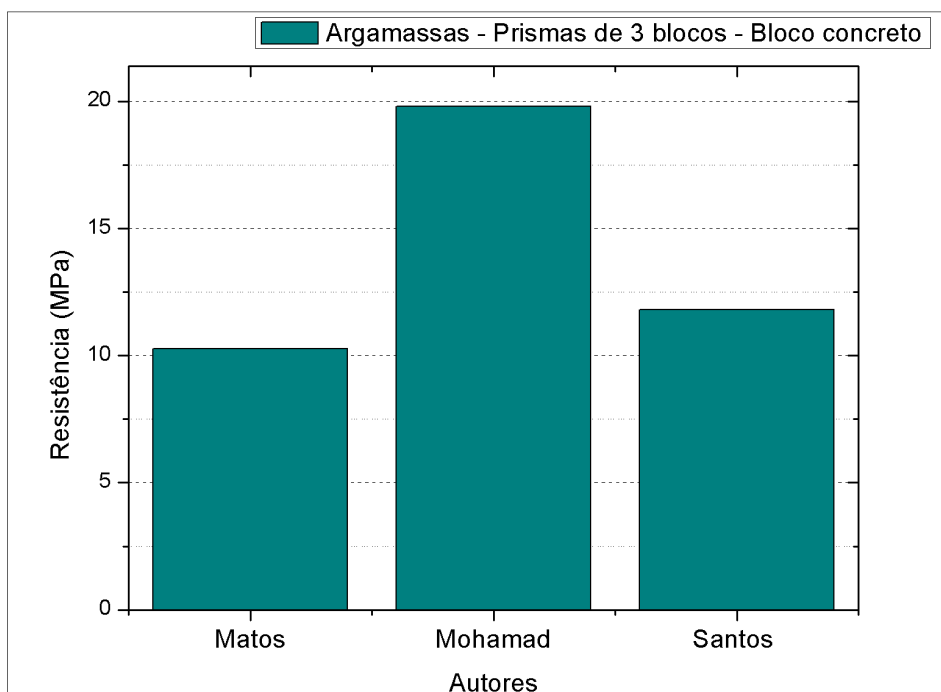


Fonte: Autoria própria.

Foram 3 os autores os quais foram classificados dentro desta faixa. As resistências dos blocos utilizados são classificadas na ordem de: Santos (35,19 MPa), Matos (23,17 MPa) e Mohamad (23,1 MPa).

Na Figura 54, são apresentadas as resistências de argamassas utilizadas para a elaboração dos prismas, correspondentes aos blocos apresentados na Figura 53.

Figura 54 - Resistência das argamassas correspondentes – Faixa de 21 MPa a 45 MPa – Prismas de 3 blocos.

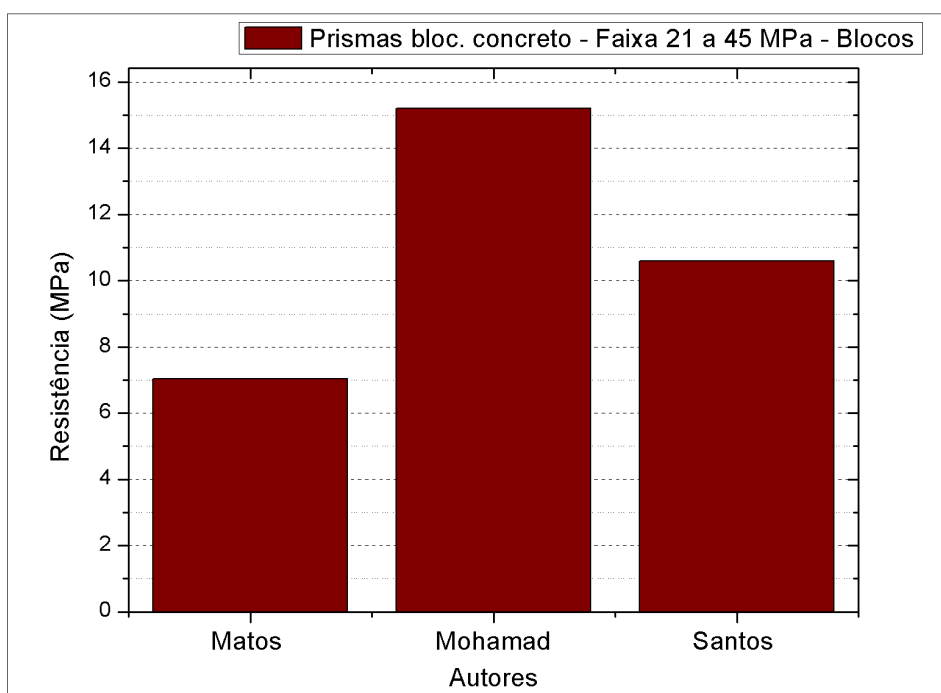


Fonte: Autoria própria.

A ordem de resistência das argamassas segue da maior para menor, sendo: Mohamad (19,8 MPa), Santos (11,8 MPa) e Matos (10,26 MPa).

As resistências de prismas encontradas pelos 3 autores analisados na faixa de 21 MPa a 45 MPa, são apresentadas na Figura 55.

Figura 55 - Resistência dos prismas 3 blocos – Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.

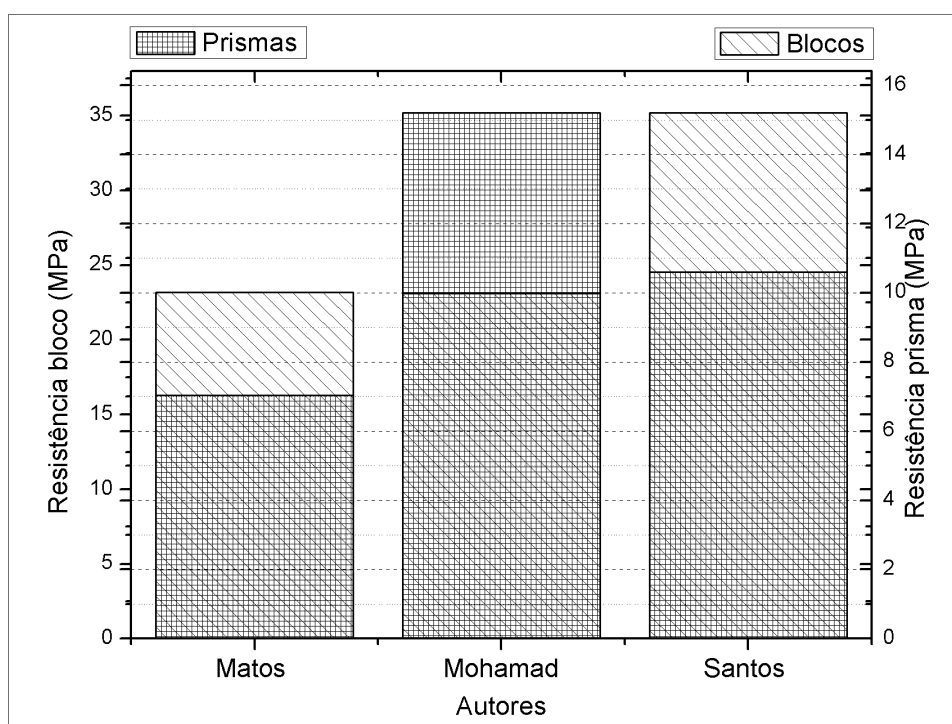


Fonte: Autoria própria.

Percebe-se que Mohamad obteve a maior resistência de prismas (15,2 MPa), seguido de Santos (10,6 MPa) e Matos (7,04 MPa). Percebe-se que Mohamad, mesmo não possuindo a maior resistência de bloco, porém utilizou a maior resistência de argamassa dentre os resultados analisados, provavelmente este foi um fator influente na resistência geral dos prismas.

Na Figura 56 são apresentados a comparação entre as resistências de prismas de 3 unidades de alvenaria de altura.

Figura 56 - Comparação entre resistência de prismas de 3 blocos e unidades de alvenaria - Para blocos na faixa de 21 MPa a 45 MPa.



Fonte: Autoria própria.

A Tabela 12 apresenta o fator de eficiência de prisma para os autores.

Tabela 12 - Porcentagem representada pela resistência do bloco no prisma de 3 unidades para faixa de 21 a 45 MPa.

Autor	Porcentagem (f_p/f_b)
Matos	30,38%
Mohamad	65,8%
Santos	30,12%

Fonte: Autoria própria.

A partir do exposto na Tabela 12, se percebe que os resultados obtidos por Matos e Santos foram inferiores aos 67% na razão entre a resistência média dos prismas e a resistência média das unidades de alvenaria, para prismas com 3 blocos

de altura. Já o resultado obtido por Mohamad se mantém relativamente aceitável. Os resultados de Matos e Santos, condizem com o descrito na Subseção 2.3.1, que argumenta que quanto maior a altura do prisma, menor é a taxa de eficiência entre prisma e bloco.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos resultados apresentados na Seção 4, pode-se concluir que a resistência de prismas de concreto a compressão, tanto de 2 como 3 blocos de altura possuem uma razão relativamente próxima dos valores de 67% e 72% (para prismas de 3 blocos de altura, foram relativamente menores), o qual é consagrado na literatura de alvenaria estrutural. Já para os valores os quais não foram tão próximos a constante da razão, podem ser considerados aceitáveis, se for levado em conta as diferentes quantidades amostrais de prismas e blocos utilizados, empregados por cada autor, para a obtenção das resistências médias.

Analisando-se os materiais empregados pela maioria dos autores aqui citados, obtêm-se a conclusão de que o material mais utilizado para a fabricação de blocos é o concreto se comparado a blocos de cerâmica. Tal afirmação é verdade para o presente trabalho devido a citação de apenas 2 trabalhos utilizando unidades de alvenaria fabricadas em cerâmica. As publicações com material cerâmico não foram analisadas em faixas de resistência pois os autores destas utilizaram prismas de altura diferente.

Finalizada a exposição dos dados dos autores, obtidos através do emprego do método de uma revisão bibliográfica sistemática de literatura, se conclui que esta é uma boa ferramenta para levantamento, filtragem, análise e publicação de dados de artigos e trabalhos publicados por autores ao longo do tempo. Para a temática abordada nesse trabalho, a alvenaria estrutural, pode-se afirmar que a metodologia funciona perfeitamente. Ou seja, a partir da inserção das palavras-chave nos mecanismos de pesquisa, se obteve uma gama de artigos/teses de dissertação, os quais após as etapas de filtragem descritas na Seção 3, geraram os dados apresentados nominalmente por autor na Seção 4 os quais foram analisados a partir das Subseções e acarretaram uma conclusão clara em relação as informações existentes na literatura.

A partir das informações deste trabalho, se conclui que a revisão sistemática da bibliografia é uma ferramenta a qual quando empregada no campo da engenharia civil pode gerar compilações os quais conseqüentemente acabam por facilitar a pesquisa de futuros autores. Pois é através de publicações de revisão que se pode analisar de uma maneira geral, qual o estado das pesquisas ao longo do tempo.

Apesar da utilização do método da revisão sistemática de literatura ter sido empregada de maneira eficiente para o levantamento, filtragem e compilação de dados das publicações relacionadas a alvenaria estrutural, neste trabalho. Cabe ao autor reconhecer que este não conseguiu concluir nenhum ponto de utilidade prática para a engenharia civil. No entanto, o autor acredita que este trabalho pode ser consultado como base e guia para a aplicação do método da revisão sistemática o que pode auxiliar demais estudantes em sua aplicação no futuro.

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

Demais estudos precisam ser publicados no tocante a revisões sistemáticas de literatura para o campo da engenharia civil e mais especificamente ainda para o assunto de prismas de alvenaria estrutural.

- Continuidade da análise dos demais dados levantados no presente trabalho, tais como: resistências de graute, resistências de prismas de blocos cerâmicos e resistências de argamassa;
- Separação dos dados aqui expostos em diferentes faixas de resistência;
- Pesquisa em língua inglesa dos vocábulos utilizados na atualidade para as publicações futuras, de forma a não se obter dados com viés, devido a forma com que pesquisadores brasileiros utilizam os termos durante suas pesquisas;
- Pesquisa em línguas estrangeiras (exemplo: francês e espanhol) para aplicação da metodologia, de forma a se obterem análises dos trabalhos científicos publicados nessas esferas.
- Realizar a pesquisa nos portais de publicações acadêmicas, utilizando restrições de data de publicação.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** 2005.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868-1: **Alvenaria Estrutural-Blocos Cerâmicos. Parte 1: Projeto.** 2020.
- BARBOSA, Cláudius S. *et al.* On the compressive strength prediction for concrete masonry prisms. **Materials And Structures**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 331-344, 17 mar. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-009-9492-0>.
- BSI. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5628-1:1992.** Code of practice for the use of masonry – Part 1: Structural use of unreinforced masonry. Londres, 1992.
- DE MATOS, P. R.; SCHANKOSKI, R. A.; PILAR, R.; PRUDÊNCIO JUNIOR, L. R. Using ready-mixed mortars in concrete block structural masonry. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 431-449, jul./set. 2020.
- FONSECA, Fernando S. *et al.* Compressive strength of high-strength concrete masonry grouted prisms. **Construction and building materials.** v. 202, p. 861-876, 2019.
- FORTES E. S.; PARSEKIAN G. A.; CAMACHO J. S.; FONSECA F. S. Compressive Strength of masonry constructed with high strength concrete blocks. **Revista Ibracon de estruturas e materiais.** v.10, n. 6, p. 1273-1319, 2017.
- GOUDA, Omar. *et al.* Stress-Strain behaviour of masonry prisms constructed with glass fibre-reinforced grout. **Construction and building materials.** v. 267, 2020.
- HOPEFUL, Syemiong; COMINGSTARFUL, Marthong. The effect of mortar grade on the out-of-plane behaviour of low-strength masonry wall strengthened with welded wire mesh. **Construction and building materials.** v. 279, 2021.
- IZQUIERDO, Orieta Soto. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LÜBECK, André. **Comportamento mecânico e influência da argamassa no modo de ruptura da alvenaria estrutural**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

MARTINS, Roseli O. G. *et al.* Influence of blocks and grout on compressive strength and stiffness of concrete masonry prisms. **Construction and building materials**. Issue 182, 2018.

MOHAMAD, G.; LOURENÇO P.B.; ROMAN H. R. Study of the compressive strength of concrete block prisms – stack and running bond. **Ibracon structures and materials journal**. v. 4, n. 3, p. 347-358, 2011.

MOHAMAD, Gihad *et al.* **Construções em alvenaria estrutural**. 1ª. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 355p.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A. N.; PIRES SOBRINHO, C. W. de A.; AZEVEDO, A. A. C. de. Edificações em alvenaria resistente na região metropolitana do Recife. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 175-199, abr./jun. 2017.

PARSEKIAN, Guilherme A. *et al.* Relationship between the compressive strength of concrete masonry and the compressive strength of concrete masonry units. **Journal of materials in civil engineering**. v. 27, Issue 9, 2014.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. 1ª. ed. São Paulo: O nome da rosa, 2010. 238p.

SANTOS, C. F. R. *et al.* Numerical and experimental evaluation of masonry prisms by finite element method. **Ibracon structures and materials journal**. v. 10, n. 2, p. 477-508, 2017.

SCHANKOSKI, Rudiele Aparecida; PRUDÊNCIO JUNIOR, Luiz Roberto; PILAR, Ronaldo. Influência do tipo de argamassa e suas propriedades do estado fresco nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos. *Matéria* (Rio de Janeiro), [S.L.], v. 20, n. 4, p. 1008-1023, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620150004.0104>.

SINHA, Braj P. **Development and potential of structural masonry**. Ponencia en el Seminario sobre paredes de albañilería, Lourenco y Souza, Porto, Portugal, 2002.

SOTO I. I.; RAMALHO M. A.; IZQUIERDO O. S. Post-cracking behavior of blocks, prisms, and small concrete walls. **Ibracon structures and materials journal**. v. 6, p. 598-612, 2012.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

ZAHRA, Tatheer; THAMBOO Julian; ASAD, Mohammad. Compressive strength and deformation characteristics of concrete block masonry made with different mortars, blocks and mortar beddings types. **Journal of building engineering**. v. 38, 2021.