

Análise comparativa - alvenaria convencional vs. alvenaria estrutural - padrão minha casa minha vida.

Comparative analysis - conventional masonry vs. structural masonry - pattern my home my life.

Bruno Ribas Silva¹

Marcos Tadeu Barbosa Costa²

Orientadora: Esp. Livia Ramos Lima³

Coorientador: Me. Márcio Céio dos Santos⁴

RESUMO

A construção civil brasileira vem buscando métodos construtivos capazes de proporcionar maior produtividade, redução de desperdícios e diminuição dos custos de execução, especialmente em empreendimentos habitacionais de interesse social. Nesse contexto, a alvenaria estrutural destaca-se como uma alternativa ao sistema convencional em concreto armado, devido à sua capacidade de racionalização construtiva e otimização dos processos executivos. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre os sistemas de alvenaria convencional e alvenaria estrutural aplicados ao padrão habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida. A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, análise normativa e estudo documental de planilhas orçamentárias fornecidas pela Caixa Econômica Federal, referentes ao modelo habitacional FNHIS SUB 50. A metodologia adotada concentrou-se na avaliação dos custos relacionados aos elementos estruturais da edificação, mantendo equivalentes os demais sistemas construtivos, como revestimentos, instalações, cobertura e fundações. Os resultados obtidos demonstraram que a alvenaria estrutural apresenta vantagens relacionadas à redução do desperdício de materiais, maior produtividade e racionalização do canteiro de obras. Entretanto, observou-se também que sua utilização exige maior compatibilização entre projetos, controle tecnológico rigoroso e mão de obra qualificada. Concluiu-se que a alvenaria estrutural constitui uma alternativa

¹ Aluno do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR). E-mail: bruno.rs.engenharia@hotmail.com

² Aluno do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR). E-mail: marcostadeu123672@gmail.com

³ Professora orientadora da Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR) E-mail: liviaamos@fainor.com.br

⁴ Professor coorientador da Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR) E-mail: marcioceo@fainor.com.br

tecnicamente viável e economicamente vantajosa para habitações populares padronizadas, especialmente em empreendimentos de larga escala vinculados ao Programa Minha Casa Minha Vida.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; concreto armado; habitação popular; racionalização construtiva; Minha Casa Minha Vida.

ABSTRACT

The Brazilian construction industry has been seeking construction methods capable of providing greater productivity, waste reduction, and lower execution costs, especially in social housing developments. In this context, structural masonry stands out as an alternative to the conventional reinforced concrete system due to its ability to promote construction rationalization and optimize execution processes. This study aimed to carry out a comparative analysis between conventional masonry and structural masonry systems applied to the housing standard of the Minha Casa Minha Vida Program. The research was developed through bibliographic review, normative analysis, and documentary study of budget spreadsheets provided by Caixa Econômica Federal, referring to the FNHIS SUB 50 housing model. The adopted methodology focused on evaluating the costs related to the structural elements of the building while maintaining equivalent the other construction systems, such as coatings, installations, roofing, and foundations. The results demonstrated that structural masonry presents advantages related to reduced material waste, increased productivity, and better construction site rationalization. However, its application also requires greater project compatibility, rigorous technological control, and qualified labor. It was concluded that structural masonry constitutes a technically feasible and economically advantageous alternative for standardized social housing, especially in large-scale developments linked to the Minha Casa Minha Vida Program.

Keywords: structural masonry; reinforced concrete; social housing; construction rationalization; Minha Casa Minha Vida.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil brasileira vem passando por constantes transformações em busca de métodos construtivos mais eficientes, capazes de proporcionar maior produtividade, redução de desperdícios e otimização dos custos de execução. Essa necessidade torna-se ainda mais evidente nos empreendimentos habitacionais de interesse social, especialmente aqueles vinculados ao Programa Minha Casa Minha Vida, nos quais a padronização construtiva e o controle orçamentário possuem papel fundamental para a viabilidade econômica dos empreendimentos. Nesse contexto, os sistemas construtivos empregados exercem influência direta sobre fatores como consumo de materiais, tempo de execução, necessidade de mão de obra especializada e geração de resíduos durante a obra.

Entre os sistemas mais utilizados na construção de habitações populares destacam-se o concreto armado convencional e a alvenaria estrutural. O sistema convencional caracteriza-se

pela utilização de vigas, pilares e lajes como elementos responsáveis pela estabilidade estrutural da edificação, enquanto as paredes exercem apenas função de vedação. Em contrapartida, a alvenaria estrutural utiliza as próprias paredes como elementos resistentes, permitindo maior racionalização executiva e redução da utilização de estruturas independentes. A consolidação normativa da alvenaria estrutural no Brasil, especialmente por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 16868:2020, contribuiu para ampliar a confiabilidade técnica desse sistema construtivo, estabelecendo critérios relacionados ao projeto, execução e controle tecnológico das edificações em alvenaria estrutural.

Apesar do crescimento da utilização da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais padronizados, ainda existem discussões relacionadas à sua viabilidade técnica e econômica quando comparada ao sistema convencional em concreto armado. Aspectos relacionados à flexibilidade arquitetônica, compatibilização de projetos, produtividade executiva, controle tecnológico e custos estruturais tornam-se fatores determinantes para a escolha do sistema construtivo mais adequado. Diante desse cenário, surge o seguinte problema de pesquisa: qual sistema construtivo apresenta melhor viabilidade técnica e econômica para habitações populares padronizadas vinculadas ao Programa Minha Casa Minha Vida?

A relevância deste estudo está associada à necessidade de compreender os impactos construtivos, econômicos e executivos decorrentes da adoção dos diferentes sistemas estruturais em habitações de interesse social. Além disso, a crescente busca por métodos construtivos mais racionalizados e eficientes reforça a importância de pesquisas voltadas à análise comparativa entre sistemas amplamente utilizados na construção civil brasileira. Dessa forma, o trabalho contribui para ampliar a compreensão acerca das vantagens, limitações e condições de aplicação da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais padronizados, auxiliando estudantes, profissionais e empresas do setor da construção civil na tomada de decisões técnicas relacionadas à escolha do sistema construtivo.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre os sistemas construtivos em concreto armado convencional e alvenaria estrutural aplicados ao padrão habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida, buscando identificar os principais impactos técnicos, executivos e econômicos relacionados à utilização de cada método construtivo.

Por fim, este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos. O primeiro apresenta

a introdução, contextualizando o tema, o problema de pesquisa, a justificativa e os objetivos do estudo. O segundo capítulo aborda o referencial teórico, contemplando os principais conceitos relacionados aos sistemas construtivos analisados, racionalização construtiva, normatização e habitações de interesse social. O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada na pesquisa, incluindo os critérios de análise quantitativa e documental empregados no estudo. O quarto capítulo reúne os resultados e discussões obtidos a partir da análise comparativa entre os sistemas construtivos. Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais e conclusões da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A construção civil brasileira vem buscando métodos construtivos mais eficientes, capazes de reduzir custos, desperdícios e tempo de execução das obras. Nesse cenário, destacam-se os sistemas em concreto armado convencional e em alvenaria estrutural, amplamente utilizados em habitações de interesse social.

Enquanto o sistema convencional utiliza vigas e pilares como elementos estruturais independentes, a alvenaria estrutural incorpora as próprias paredes à função resistente da edificação, proporcionando maior racionalização construtiva. Dessa forma, este referencial teórico apresenta os principais conceitos, características, vantagens, limitações e aspectos normativos relacionados a ambos os sistemas construtivos, com foco na aplicação em empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida.

2.1 Construção civil e racionalização construtiva

A indústria da construção civil brasileira historicamente apresenta elevados índices de desperdício de materiais, baixa produtividade e significativa dependência de processos executivos tradicionais. Durante décadas, grande parte das edificações residenciais foi executada com reduzido nível de planejamento e compatibilização entre projetos, resultando em perdas excessivas de insumos, retrabalhos e aumento dos custos construtivos. Nesse cenário, a racionalização construtiva passou a ocupar posição de destaque nas discussões relacionadas à modernização do setor, especialmente diante da necessidade de produzir habitações em larga escala com maior eficiência técnica e econômica.

Segundo Sabbatini (1989), a racionalização construtiva pode ser compreendida como a aplicação organizada de princípios de planejamento, padronização e controle dos processos

executivos, visando melhorar a produtividade e reduzir desperdícios durante a execução das obras. Para o autor, racionalizar não significa apenas industrializar a construção, mas também promover maior integração entre projeto, execução e gerenciamento da obra, reduzindo falhas operacionais e aumentando a qualidade final das edificações.

Essa visão também é compartilhada por Franco (1992), ao afirmar que a racionalização construtiva está diretamente associada à melhoria do desempenho produtivo do canteiro de obras, sobretudo por meio da redução de improvisações executivas. O autor destaca que sistemas construtivos racionalizados tendem a apresentar maior previsibilidade de custos e prazos, favorecendo principalmente empreendimentos habitacionais padronizados.

No contexto brasileiro, a busca por métodos construtivos mais racionalizados tornou-se ainda mais evidente a partir do crescimento dos programas habitacionais de interesse social. De acordo com Cardoso (1996), o aumento da demanda por habitações populares impulsionou a necessidade de sistemas capazes de proporcionar maior velocidade executiva sem comprometer a qualidade das edificações. Nesse processo, aspectos relacionados à industrialização parcial da construção, padronização modular e compatibilização de projetos passaram a exercer papel fundamental na redução das perdas e na melhoria do desempenho produtivo das obras.

Além da questão produtiva, a racionalização construtiva também passou a ser associada à sustentabilidade no setor da construção civil. Conforme Souza et al. (2004), a redução do desperdício de materiais possui impacto direto não apenas sobre os custos da obra, mas também sobre a diminuição da geração de resíduos da construção civil. Os autores ressaltam que falhas de planejamento, ausência de compatibilização entre projetos e execução inadequada figuram entre os principais fatores responsáveis pelas perdas excessivas observadas nos canteiros brasileiros.

Nesse sentido, alguns sistemas construtivos passaram a ganhar maior destaque devido à sua capacidade de promover organização executiva e repetitividade produtiva. Entre eles, a alvenaria estrutural apresenta relevante potencial de racionalização, principalmente em empreendimentos habitacionais padronizados. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), esse sistema reduz etapas executivas ao integrar vedação e estrutura em um único elemento construtivo, diminuindo a necessidade de formas, concretagens e armaduras convencionais. Já Tauil e Nese (2010) afirmam que a principal vantagem econômica da alvenaria estrutural está associada justamente à simplificação do processo executivo e à maior padronização da obra.

Entretanto, apesar das vantagens associadas à racionalização, alguns autores alertam que a eficiência desses sistemas depende diretamente da qualidade do planejamento executivo. Para Oliveira e Mitidieri Filho (2012), a racionalização construtiva somente produz resultados satisfatórios quando existe adequada compatibilização entre projetos arquitetônico, estrutural e de instalações. Caso contrário, a ocorrência de adaptações durante a execução pode comprometer parte dos ganhos produtivos inicialmente previstos.

Outro aspecto frequentemente discutido na literatura refere-se à qualificação da mão de obra. Conforme Barros (2005), a adoção de sistemas racionalizados exige maior rigor técnico durante a execução, principalmente em atividades relacionadas ao alinhamento, modulação e controle dimensional da obra. Dessa forma, embora a racionalização contribua para redução de desperdícios e aumento da produtividade, sua eficiência depende diretamente da capacitação dos profissionais envolvidos no processo construtivo.

No âmbito das habitações de interesse social, a racionalização construtiva tornou-se elemento estratégico para programas habitacionais de larga escala, como o Minha Casa Minha Vida. A repetitividade das unidades habitacionais favorece a utilização de sistemas padronizados, permitindo maior controle sobre custos, produtividade e cronograma executivo. Além disso, a utilização de métodos racionalizados contribui para maior previsibilidade orçamentária, aspecto fundamental em empreendimentos financiados por programas governamentais.

Diante disso, observa-se que a racionalização construtiva ultrapassa a simples ideia de redução de custos, envolvendo também planejamento, controle tecnológico, organização executiva e compatibilização entre projetos. No contexto deste trabalho, esses aspectos tornam-se fundamentais para compreender os impactos decorrentes da utilização da alvenaria estrutural em substituição ao sistema convencional em concreto armado, especialmente em empreendimentos habitacionais padronizados.

2.2 Sistema convencional em concreto armado

O sistema convencional em concreto armado consolidou-se como um dos métodos construtivos mais utilizados no Brasil, especialmente em edificações residenciais de pequeno e médio porte. Sua ampla difusão está associada à elevada flexibilidade arquitetônica, à disponibilidade de materiais no mercado nacional e à tradição executiva presente na construção civil brasileira. Nesse sistema, a estabilidade estrutural da edificação é garantida

principalmente por pilares, vigas e lajes, enquanto as paredes exercem predominantemente função de vedação.

Segundo Bastos (2006), o concreto armado apresenta grande versatilidade estrutural, permitindo diferentes soluções arquitetônicas e facilitando futuras alterações na disposição interna dos ambientes. Para o autor, a independência entre estrutura e vedação constitui uma das principais vantagens desse sistema, uma vez que possibilita reformas e ampliações com menores restrições estruturais quando comparado a sistemas portantes.

Essa flexibilidade também é destacada por Fusco (2008), ao afirmar que o concreto armado proporciona maior liberdade de concepção arquitetônica, especialmente em projetos que demandam grandes vãos, alterações de layout ou soluções estruturais mais complexas. De acordo com o autor, essa característica contribuiu significativamente para a consolidação do sistema convencional como padrão predominante da construção civil brasileira ao longo das últimas décadas.

Entretanto, embora apresente vantagens relacionadas à adaptabilidade arquitetônica, diversos autores apontam limitações importantes associadas ao processo executivo do sistema convencional. Sabbatini (1989) observa que a execução em concreto armado normalmente envolve elevado número de etapas construtivas, incluindo montagem de formas, posicionamento de armaduras, concretagem, desforma e execução posterior das alvenarias de vedação. Essa fragmentação do processo tende a aumentar o tempo de execução da obra e ampliar as possibilidades de perdas e retrabalhos no canteiro.

Nesse mesmo sentido, Barros (2005) afirma que o sistema convencional frequentemente apresenta índices elevados de desperdício de materiais, principalmente em função da baixa padronização executiva e da necessidade de adaptações durante a obra. Segundo a autora, cortes excessivos em alvenarias, retrabalhos em instalações e perdas relacionadas ao uso de formas representam parcela significativa dos resíduos gerados nos canteiros brasileiros.

Além disso, a execução das instalações elétricas e hidrossanitárias em edificações convencionais geralmente ocorre após a conclusão parcial das paredes de vedação, exigindo rasgos e intervenções que aumentam o desperdício de materiais e o consumo de mão de obra. Para Souza et al. (2004), esse processo contribui diretamente para a redução da produtividade e para o aumento dos custos indiretos da obra, sobretudo em empreendimentos executados sem adequada compatibilização entre projetos.

Outro aspecto frequentemente discutido na literatura refere-se ao impacto econômico do sistema convencional em obras habitacionais padronizadas. Conforme Ramalho e Corrêa (2003), embora o concreto armado apresente elevado desempenho estrutural e grande flexibilidade de utilização, sua aplicação em habitações repetitivas pode resultar em custos superiores quando comparada a sistemas racionalizados, principalmente devido ao maior consumo de formas, concreto e armaduras.

Ainda assim, alguns autores defendem que o concreto armado permanece como solução tecnicamente vantajosa em situações que exigem maior liberdade arquitetônica ou possibilidade de futuras modificações estruturais. Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), edificações sujeitas a ampliações, alterações de layout ou adaptações funcionais tendem a apresentar melhor desempenho quando executadas em estrutura convencional, justamente pela menor dependência estrutural das paredes internas.

No contexto das habitações de interesse social, entretanto, parte da literatura questiona a eficiência produtiva do sistema convencional em empreendimentos de larga escala. De acordo com Monteiro et al. (2018), programas habitacionais com elevado número de unidades repetitivas tendem a demandar métodos construtivos mais padronizados e racionalizados, capazes de reduzir prazos executivos e minimizar perdas de materiais. Nesse cenário, sistemas como a alvenaria estrutural passaram a ganhar espaço devido à simplificação de etapas construtivas e à integração entre vedação e estrutura.

Apesar dessas discussões, é importante destacar que o concreto armado continua desempenhando papel fundamental na construção civil brasileira, principalmente devido à sua confiabilidade estrutural, ampla aceitação técnica e facilidade de adaptação às diferentes condições arquitetônicas e construtivas. Além disso, a extensa utilização desse sistema contribuiu para formação de mão de obra especializada e consolidação de procedimentos executivos amplamente difundidos no setor.

Dessa forma, observa-se que o sistema convencional em concreto armado apresenta vantagens significativas relacionadas à flexibilidade arquitetônica e à versatilidade estrutural. Entretanto, aspectos como elevado número de etapas executivas, maior consumo de materiais, maior geração de resíduos e menor racionalização produtiva tornam-se fatores relevantes quando analisada sua aplicação em empreendimentos habitacionais padronizados. No contexto deste trabalho, esses elementos são fundamentais para compreender as diferenças técnicas e econômicas existentes entre o sistema convencional e a alvenaria estrutural aplicada ao padrão

habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida.

2.3 Conceitos de alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural consiste em um sistema construtivo no qual as paredes da edificação exercem simultaneamente as funções de vedação e resistência estrutural, sendo responsáveis pela transmissão das cargas da construção até as fundações. Diferentemente do sistema convencional em concreto armado, no qual pilares e vigas desempenham a principal função resistente, a alvenaria estrutural integra estrutura e vedação em um único elemento construtivo, promovendo maior racionalização do processo executivo e redução de etapas construtivas.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a alvenaria estrutural pode ser compreendida como um processo construtivo racionalizado baseado na utilização de paredes portantes devidamente dimensionadas para suportar as ações atuantes na edificação. Os autores ressaltam que o sistema apresenta melhor desempenho em empreendimentos padronizados e repetitivos, especialmente em habitações de interesse social, devido à maior previsibilidade executiva e à redução do consumo de materiais estruturais.

Essa percepção é reforçada por Tauil e Nese (2010), que associam a alvenaria estrutural à busca por métodos construtivos mais produtivos e economicamente eficientes. Para os autores, a principal vantagem do sistema está relacionada à eliminação parcial de elementos estruturais independentes, como vigas e pilares convencionais, reduzindo etapas relacionadas à execução de formas, concretagens e armaduras tradicionais. Além disso, a integração entre estrutura e vedação contribui para maior organização do canteiro de obras e redução de desperdícios durante a execução.

A evolução da alvenaria estrutural no Brasil também está diretamente associada ao avanço tecnológico dos materiais e ao desenvolvimento das normas técnicas nacionais. Conforme Parsekian, Soares e Andrade (2012), a melhoria da qualidade dimensional dos blocos estruturais e o aperfeiçoamento dos critérios normativos contribuíram significativamente para ampliar a confiabilidade do sistema no país. Os autores destacam que a consolidação normativa proporcionou maior segurança quanto aos critérios de projeto, execução e controle tecnológico das edificações executadas nesse método construtivo.

Do ponto de vista estrutural, a utilização das armaduras pode variar conforme as necessidades resistentes da edificação. Ramalho e Corrêa (2003) explicam que algumas

construções utilizam paredes predominantemente resistentes à compressão, enquanto outras demandam inserção de armaduras em pontos específicos das paredes, posteriormente preenchidos com grout estrutural, aumentando a capacidade resistente do sistema diante das solicitações atuantes. Em determinadas situações, os reforços estruturais são utilizados apenas em regiões estratégicas da edificação, buscando conciliar desempenho estrutural, racionalização executiva e viabilidade econômica.

Outro aspecto importante refere-se à modulação dimensional do sistema. Segundo Mohamad (2007), a eficiência da alvenaria estrutural depende diretamente da compatibilização entre projeto arquitetônico, projeto estrutural e paginação dos blocos. O autor ressalta que a modulação adequada reduz cortes excessivos, melhora o alinhamento das fiadas e favorece o aproveitamento dos materiais, contribuindo diretamente para a produtividade da obra.

Além disso, Hendry (2001) destaca que os blocos estruturais devem apresentar rigor dimensional e resistência compatíveis com as exigências previstas em projeto, uma vez que pequenas irregularidades podem comprometer o alinhamento das paredes e afetar o desempenho global da estrutura. Nesse sentido, o controle tecnológico torna-se elemento indispensável para garantir segurança, estabilidade e durabilidade das edificações executadas em alvenaria estrutural.

Embora apresente vantagens relacionadas à racionalização construtiva e à produtividade, a literatura também aponta limitações importantes associadas ao sistema. Oliveira e Roman (2007) observam que a principal restrição da alvenaria estrutural está relacionada à menor flexibilidade arquitetônica, especialmente em situações que exigem alterações futuras na disposição dos ambientes. Como as paredes exercem função resistente, intervenções posteriores podem comprometer o comportamento estrutural da edificação.

Nesse mesmo sentido, Mohamad (2007) afirma que a eficiência da alvenaria estrutural depende diretamente da qualidade da execução e da qualificação da mão de obra. Segundo o autor, falhas de alinhamento, inadequações no posicionamento das armaduras ou preenchimento incorreto dos pontos de groutagem podem comprometer significativamente o desempenho estrutural das paredes. Dessa forma, a racionalização proporcionada pelo sistema exige elevado nível de planejamento e rigor executivo durante todas as etapas construtivas.

A literatura também relaciona o desempenho econômico da alvenaria estrutural à escala e à repetitividade do empreendimento. Conforme Camacho (2006), o sistema tende a

apresentar melhores resultados financeiros em obras padronizadas e de larga escala, nas quais a repetição das unidades favorece a otimização produtiva e a redução das perdas executivas. Em projetos com elevada complexidade arquitetônica, entretanto, parte das vantagens econômicas pode ser reduzida devido à necessidade de adaptações e maior dificuldade de compatibilização modular.

No contexto das habitações populares vinculadas ao Minha Casa Minha Vida, a alvenaria estrutural passou a ocupar posição de destaque justamente por apresentar características compatíveis com empreendimentos repetitivos e racionalizados. A redução do consumo de formas, a simplificação das etapas executivas e o potencial de diminuição dos desperdícios tornam o sistema especialmente atrativo para programas habitacionais financiados em larga escala.

Diante disso, observa-se que a alvenaria estrutural representa não apenas uma alternativa ao concreto armado convencional, mas também um sistema diretamente associado à racionalização produtiva, ao planejamento executivo e à compatibilização entre projetos. Entretanto, sua eficiência depende da adequada modulação das paredes, da qualidade dos materiais empregados, do controle tecnológico e da qualificação da mão de obra envolvida na execução, fatores que serão fundamentais para a análise comparativa desenvolvida neste trabalho.

2.4 Normatização da alvenaria estrutural no Brasil

O desenvolvimento da alvenaria estrutural no Brasil ocorreu de forma gradual e esteve diretamente relacionado ao avanço das normas técnicas voltadas ao dimensionamento, execução e controle tecnológico das edificações. Nas primeiras aplicações do sistema no país, ainda existiam limitações relacionadas à padronização dos materiais, ausência de critérios normativos consolidados e insegurança quanto ao desempenho estrutural das edificações executadas em paredes portantes. Com o avanço das pesquisas acadêmicas e da utilização do sistema em empreendimentos habitacionais, tornou-se necessária a criação de regulamentações específicas capazes de garantir maior confiabilidade técnica à alvenaria estrutural.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a consolidação normativa representou um dos principais fatores responsáveis pela expansão da alvenaria estrutural no cenário nacional. Para os autores, o estabelecimento de parâmetros relacionados ao dimensionamento das paredes, resistência dos materiais e critérios de execução permitiu maior segurança na utilização do

sistema, contribuindo para sua aceitação tanto no meio acadêmico quanto no mercado da construção civil.

No Brasil, a principal regulamentação atualmente utilizada é a NBR 16868:2020, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, responsável por estabelecer critérios relacionados ao projeto, execução e controle das estruturas em alvenaria. A norma consolidou e substituiu regulamentações anteriores voltadas separadamente para blocos cerâmicos e blocos de concreto, promovendo maior uniformidade técnica no dimensionamento das edificações executadas em alvenaria estrutural.

De acordo com Parsekian et al. (2013), a atualização normativa proporcionou avanços importantes relacionados à segurança estrutural e ao desempenho das edificações. Os autores destacam que a NBR 16868 passou a contemplar critérios mais detalhados relacionados às ações atuantes, resistência dos prismas, controle de execução e verificação da estabilidade global das estruturas, aproximando os procedimentos brasileiros de referências internacionais utilizadas em países com maior tradição no sistema.

Além da NBR 16868, outras normas também exercem papel fundamental na regulamentação da alvenaria estrutural no Brasil. A NBR 15961:2011 estabelece critérios específicos para alvenaria estrutural com blocos de concreto, enquanto a NBR 15812:2010 aborda os procedimentos relacionados à utilização de blocos cerâmicos estruturais. Ambas definem parâmetros relacionados ao dimensionamento estrutural, resistência mínima dos materiais e requisitos de execução das paredes portantes.

Outro documento normativo de grande relevância é a NBR 15575:2013, conhecida como Norma de Desempenho das Edificações Habitacionais. Segundo Mitidieri Filho e Helene (2011), essa norma ampliou significativamente a discussão sobre desempenho das construções habitacionais no Brasil, deixando de considerar apenas aspectos estruturais e passando a incorporar critérios relacionados ao conforto térmico, acústico, estanqueidade, durabilidade e segurança ao uso.

No contexto da alvenaria estrutural, a Norma de Desempenho possui importância significativa, uma vez que o comportamento das paredes interfere diretamente em aspectos relacionados ao isolamento acústico, desempenho térmico e durabilidade da edificação. Conforme Oliveira e Roman (2007), a adequada execução das juntas de assentamento, o controle dimensional dos blocos e o correto preenchimento dos pontos de grauteamento influenciam diretamente no desempenho global do sistema construtivo.

Além das exigências estruturais e de desempenho, as normas técnicas também passaram a enfatizar a necessidade de controle tecnológico durante a execução da obra. Segundo Mohamad (2007), a eficiência da alvenaria estrutural depende não apenas do correto dimensionamento em projeto, mas também da realização de ensaios relacionados à resistência dos blocos, argamassas e prismas estruturais. O autor ressalta que falhas no controle dos materiais podem comprometer significativamente o comportamento resistente das paredes ao longo da vida útil da edificação.

A literatura também destaca que a evolução normativa contribuiu para reduzir parte da resistência histórica existente em relação à utilização da alvenaria estrutural no Brasil. Para Camacho (2006), a ausência de regulamentações consolidadas foi, durante muitos anos, um dos principais fatores que limitaram a expansão do sistema no país. Com a modernização das normas e o avanço das pesquisas científicas, entretanto, a alvenaria estrutural passou a apresentar maior credibilidade técnica perante profissionais, construtoras e instituições financeiras.

No caso dos programas habitacionais de interesse social, a normatização tornou-se ainda mais relevante devido à necessidade de padronização executiva e controle de qualidade em empreendimentos de larga escala. Conforme Parsekian, Soares e Andrade (2012), a utilização de sistemas racionalizados em habitações populares exige rigor técnico compatível com a repetitividade das unidades executadas, tornando indispensável o cumprimento das exigências normativas relacionadas ao projeto, execução e controle dos materiais.

Entretanto, alguns autores ressaltam que a existência das normas, isoladamente, não garante a qualidade das edificações executadas em alvenaria estrutural. Segundo Barros (2005), muitas manifestações patológicas observadas em edificações habitacionais decorrem não da limitação do sistema construtivo em si, mas da inadequada interpretação das normas, da baixa qualificação da mão de obra e da deficiência de fiscalização durante a execução da obra.

Nesse sentido, observa-se que a normatização da alvenaria estrutural desempenha papel fundamental para garantir segurança, desempenho e confiabilidade técnica das edificações. Mais do que estabelecer critérios de cálculo, as normas brasileiras contribuem para padronizar procedimentos executivos, orientar o controle tecnológico e ampliar a qualidade das construções habitacionais executadas nesse sistema. No contexto deste trabalho, a fundamentação normativa torna-se indispensável para compreender os critérios técnicos que sustentam a utilização da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais vinculados

ao Minha Casa Minha Vida.

2.5 Programa Minha Casa Minha Vida e padronização construtiva

O déficit habitacional brasileiro historicamente representa um dos principais desafios sociais e urbanos do país. O crescimento desordenado das cidades, associado à dificuldade de acesso da população de baixa renda à moradia adequada, impulsionou a criação de políticas públicas voltadas à ampliação da produção habitacional em larga escala. Nesse contexto, o Programa Minha Casa Minha Vida surgiu como uma das principais iniciativas governamentais destinadas à redução do déficit habitacional e ao incentivo da construção de habitações populares no Brasil.

Criado em 2009 pelo Governo Federal, o programa passou a financiar empreendimentos habitacionais voltados principalmente às famílias de baixa renda, estimulando a produção em larga escala de unidades padronizadas. Segundo Bonduki (2014), o Minha Casa Minha Vida representou um marco importante na política habitacional brasileira, sobretudo pela ampliação significativa do número de moradias produzidas em curto intervalo de tempo. Entretanto, o autor também ressalta que a velocidade de produção impôs novos desafios relacionados à qualidade construtiva, ao planejamento urbano e à racionalização dos sistemas executivos utilizados nos empreendimentos.

A necessidade de construir um elevado número de unidades habitacionais em prazos reduzidos intensificou a busca por métodos construtivos capazes de proporcionar maior produtividade e previsibilidade orçamentária. Nesse cenário, a padronização construtiva passou a exercer papel fundamental na organização dos empreendimentos habitacionais vinculados ao programa. Conforme Cardoso e Aragão (2013), a repetitividade das unidades habitacionais favoreceu a adoção de soluções técnicas padronizadas, permitindo maior controle de custos, simplificação executiva e racionalização do processo construtivo.

Além disso, a padronização contribuiu diretamente para a compatibilização entre projeto, orçamento e execução das obras. Segundo Melhado (2005), empreendimentos habitacionais de larga escala exigem elevado nível de coordenação entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, uma vez que pequenas incompatibilidades podem gerar impactos significativos quando repetidas em grande número de unidades. Para o autor, a racionalização construtiva torna-se indispensável em programas habitacionais financiados em

massa, especialmente devido à necessidade de controle rigoroso sobre custos e prazos de execução.

Nesse contexto, a Caixa Econômica Federal passou a desempenhar papel fundamental na padronização técnica dos empreendimentos vinculados ao programa habitacional. A instituição estabeleceu critérios mínimos relacionados ao dimensionamento das unidades, desempenho construtivo, especificações de materiais e limites orçamentários das edificações financiadas. Conforme Silva e Souza (2018), a adoção de modelos habitacionais padronizados permitiu maior uniformidade construtiva e facilitou o controle técnico-financeiro dos empreendimentos executados em diferentes regiões do país.

Entretanto, embora a padronização apresente vantagens relacionadas à produtividade e ao controle de custos, parte da literatura também aponta limitações importantes desse processo. Bonduki (2014) observa que a repetição excessiva de modelos habitacionais pode gerar redução da flexibilidade arquitetônica e desconsideração de particularidades regionais, climáticas e urbanísticas. Segundo o autor, a busca por maior velocidade executiva frequentemente resultou em projetos excessivamente simplificados, priorizando critérios econômicos em detrimento de aspectos relacionados à qualidade urbana e arquitetônica.

Do ponto de vista construtivo, a padronização favoreceu a expansão de sistemas racionalizados, entre eles a alvenaria estrutural. Conforme Ramalho e Corrêa (2003), empreendimentos compostos por unidades repetitivas apresentam condições especialmente favoráveis para aplicação desse sistema, devido à possibilidade de utilização de modulação padronizada e redução das perdas executivas. Tauil e Nese (2010) complementam essa discussão ao afirmar que a repetitividade das unidades habitacionais potencializa os ganhos produtivos proporcionados pela alvenaria estrutural, sobretudo pela simplificação das etapas construtivas e redução do consumo de formas e armaduras convencionais.

Além da racionalização produtiva, a utilização de sistemas padronizados também influencia diretamente o comportamento econômico das obras habitacionais. Segundo Monteiro et al. (2018), métodos construtivos com maior previsibilidade executiva tendem a apresentar melhor controle de custos e menor variabilidade orçamentária ao longo da execução, aspecto particularmente relevante em empreendimentos financiados por programas públicos habitacionais.

No entanto, alguns estudos alertam que a eficiência econômica da padronização depende diretamente da qualidade do planejamento executivo e da compatibilização entre os

projetos envolvidos. Conforme Barros (2005), falhas de coordenação entre arquitetura, estrutura e instalações podem comprometer parte dos ganhos produtivos esperados, aumentando retrabalhos, desperdícios e dificuldades de execução em obra.

No caso específico da alvenaria estrutural, a compatibilização torna-se ainda mais relevante devido à função resistente desempenhada pelas paredes. Segundo Mohamad (2007), alterações executivas realizadas durante a obra, principalmente relacionadas à abertura de rasgos para instalações, podem comprometer o desempenho estrutural das paredes caso não sejam previstas adequadamente em projeto.

Dessa forma, observa-se que a padronização construtiva desempenha papel fundamental na viabilização técnica e econômica de programas habitacionais de larga escala, como o Minha Casa Minha Vida. Ao mesmo tempo em que favorece maior produtividade e controle orçamentário, a padronização também exige elevado nível de planejamento, compatibilização e controle executivo. No contexto deste trabalho, esses aspectos tornam-se essenciais para compreender a aplicação da alvenaria estrutural em comparação ao sistema convencional em concreto armado no padrão habitacional analisado.

2.6 Comparação técnica entre os sistemas construtivos

A comparação entre o sistema convencional em concreto armado e a alvenaria estrutural envolve não apenas aspectos relacionados ao custo da edificação, mas também fatores associados à produtividade, desempenho executivo, flexibilidade arquitetônica, geração de resíduos e planejamento construtivo. Embora ambos os sistemas sejam amplamente utilizados na construção civil brasileira, suas características técnicas e operacionais apresentam diferenças significativas, especialmente quando aplicados em empreendimentos habitacionais padronizados.

O sistema convencional em concreto armado consolidou-se historicamente no Brasil devido à sua elevada versatilidade estrutural e arquitetônica. Segundo Fusco (2008), a independência entre estrutura e vedação proporciona maior liberdade de concepção arquitetônica e facilita alterações futuras nos ambientes internos da edificação. Essa característica torna o sistema especialmente adequado para projetos que exigem flexibilidade funcional ou possibilidade de ampliações posteriores.

Entretanto, apesar da flexibilidade proporcionada pelo concreto armado, diversos autores apontam limitações relacionadas à produtividade executiva desse método construtivo.

Conforme Sabbatini (1989), a execução convencional envolve elevado número de etapas sucessivas, incluindo montagem de formas, armação, concretagem, desforma e posterior execução das alvenarias de vedação. Esse processo tende a aumentar o tempo de execução e ampliar as possibilidades de perdas de materiais durante a obra.

Em contrapartida, a alvenaria estrutural apresenta proposta construtiva baseada na integração entre vedação e estrutura, permitindo maior simplificação das etapas executivas. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a principal vantagem técnica do sistema está relacionada à racionalização do processo construtivo, uma vez que as paredes exercem simultaneamente função estrutural e de fechamento da edificação. Para os autores, essa integração reduz significativamente a necessidade de formas, vigas e pilares convencionais, favorecendo maior produtividade no canteiro de obras.

Essa percepção também é compartilhada por Mohamad (2007), que associa a alvenaria estrutural à melhoria do desempenho produtivo em empreendimentos padronizados. O autor destaca que a modulação adequada dos blocos e o planejamento prévio das instalações contribuem diretamente para redução de desperdícios e otimização do tempo de execução. Além disso, a repetitividade das unidades habitacionais favorece maior previsibilidade executiva, especialmente em programas habitacionais de larga escala.

Do ponto de vista econômico, a literatura apresenta diferentes interpretações sobre a viabilidade dos sistemas construtivos. Alguns autores defendem que o concreto armado continua sendo economicamente competitivo em edificações com maior complexidade arquitetônica ou necessidade de grandes vãos estruturais. Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), a flexibilidade estrutural do concreto armado permite soluções arquitetônicas mais amplas, o que pode justificar sua utilização em determinadas situações específicas.

Por outro lado, estudos voltados à habitação de interesse social frequentemente apontam vantagens econômicas associadas à alvenaria estrutural. Tauil e Nese (2010) afirmam que a principal economia proporcionada pelo sistema está relacionada à redução das etapas executivas e à menor utilização de materiais estruturais convencionais. Além disso, a diminuição do consumo de formas de madeira e a simplificação da execução estrutural contribuem para redução dos custos indiretos da obra.

As principais diferenças entre os dois sistemas construtivos podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Comparação técnica entre os sistemas construtivos

Aspecto	Concreto Armado Convencional	Alvenaria Estrutural
Sistema resistente	Estrutura composta por vigas, pilares e lajes	Paredes exercem função estrutural
Função das paredes	Apenas vedação	Vedação e resistência estrutural
Flexibilidade arquitetônica	Elevada	Moderada
Velocidade de execução	Menor devido ao maior número de etapas	Maior devido à racionalização executiva
Consumo de formas	Elevado	Reduzido
Consumo de armaduras	Maior utilização	Menor utilização
Desperdício de materiais	Maior incidência de perdas executivas	Menor geração de resíduos
Compatibilização de projetos	Importante	Fundamental
Possibilidade de reformas	Maior facilidade de alterações	Maior limitação estrutural

futuras		
Controle executivo	Moderado	Mais rigoroso
Aplicação em obras padronizadas	Boa	Muito favorável

Fonte: Adaptado de Ramalho e Corrêa (2003), Tauil e Nese (2010), Mohamad (2007) e Sabbatini (1989).

A análise comparativa apresentada demonstra que ambos os sistemas construtivos possuem características específicas que influenciam diretamente o comportamento técnico e executivo da edificação. Enquanto o concreto armado apresenta vantagens relacionadas à flexibilidade arquitetônica e maior facilidade para alterações futuras, a alvenaria estrutural destaca-se pela racionalização construtiva, redução de desperdícios e maior produtividade executiva.

Outro aspecto frequentemente debatido refere-se à geração de resíduos durante a execução. Conforme Souza et al. (2004), sistemas construtivos convencionais tendem a apresentar maior volume de perdas devido à necessidade de cortes em alvenarias, retrabalhos em instalações e desperdícios relacionados à utilização de formas e concretagens sucessivas. Já na alvenaria estrutural, a compatibilização prévia entre modulação, estrutura e instalações favorece maior controle sobre o consumo de materiais.

Entretanto, a literatura também ressalta que a eficiência da alvenaria estrutural depende diretamente da qualidade do planejamento executivo. Segundo Oliveira e Roman (2007), falhas de modulação, incompatibilidades entre projetos ou intervenções inadequadas nas paredes estruturais podem comprometer significativamente o desempenho do sistema. Dessa forma, embora a alvenaria estrutural apresente elevado potencial de racionalização, sua execução exige maior rigor técnico e compatibilização prévia entre os projetos envolvidos.

Além disso, a menor flexibilidade arquitetônica figura entre as principais limitações atribuídas à alvenaria estrutural. Para Hendry (2001), alterações posteriores em paredes portantes podem comprometer a estabilidade da edificação, restringindo reformas e

ampliações futuras. Em sistemas convencionais, por outro lado, as paredes de vedação podem ser removidas ou modificadas com menores impactos estruturais.

No contexto das habitações populares, entretanto, a repetitividade das unidades reduz parcialmente essa limitação, uma vez que os projetos habitacionais normalmente apresentam reduzidas alterações arquitetônicas ao longo da execução. Conforme Bonduki (2014), programas habitacionais financiados em larga escala tendem a priorizar soluções padronizadas e economicamente eficientes, favorecendo sistemas construtivos mais racionalizados.

Outro ponto importante refere-se à qualificação da mão de obra. Segundo Barros (2005), a execução da alvenaria estrutural exige maior precisão dimensional, controle de alinhamento e rigor executivo quando comparada ao sistema convencional. Pequenos erros acumulados durante a elevação das paredes podem comprometer o desempenho estrutural da edificação. Em contrapartida, o concreto armado, embora também exija controle técnico, apresenta maior tolerância a pequenas adaptações executivas em obra.

Nesse cenário, observa-se que não existe um sistema construtivo universalmente superior, mas sim métodos mais adequados para determinadas condições técnicas, econômicas e arquitetônicas. Enquanto o concreto armado apresenta vantagens relacionadas à flexibilidade estrutural e arquitetônica, a alvenaria estrutural demonstra elevado potencial de racionalização, produtividade e redução de desperdícios em empreendimentos habitacionais padronizados.

Diante disso, a escolha do sistema construtivo mais adequado depende da análise conjunta de fatores relacionados ao tipo de empreendimento, complexidade arquitetônica, escala de produção, disponibilidade de mão de obra qualificada e nível de planejamento executivo adotado. No contexto deste trabalho, essa comparação torna-se fundamental para compreender os impactos decorrentes da aplicação da alvenaria estrutural no padrão habitacional do Minha Casa Minha Vida em comparação ao sistema convencional em concreto armado.

2.7 Análise orçamentária do projeto padrão habitacional

A análise orçamentária representa uma das etapas mais relevantes na definição do sistema construtivo a ser adotado em empreendimentos habitacionais, especialmente em programas de interesse social, nos quais o controle financeiro exerce influência direta sobre a viabilidade da obra. Em construções padronizadas, pequenas diferenças de custo unitário podem gerar impactos significativos quando multiplicadas em larga escala, tornando

indispensável a avaliação detalhada dos serviços e materiais empregados em cada sistema construtivo.

Segundo Mattos (2006), o orçamento na construção civil não deve ser compreendido apenas como um levantamento financeiro, mas também como uma ferramenta de planejamento e controle executivo. Para o autor, a análise orçamentária permite identificar os serviços de maior impacto econômico dentro da obra, contribuindo para tomada de decisões mais eficientes em relação aos métodos construtivos utilizados.

No contexto das habitações populares, a necessidade de equilíbrio entre custo, produtividade e desempenho construtivo torna-se ainda mais evidente. Conforme Tisaka (2011), empreendimentos financiados por programas habitacionais exigem rigoroso controle orçamentário devido às limitações de financiamento e à necessidade de manter padrões mínimos de qualidade e desempenho das edificações. Dessa forma, a escolha do sistema construtivo influencia diretamente tanto os custos diretos quanto os custos indiretos da obra.

A utilização de sistemas racionalizados, como a alvenaria estrutural, passou a ser frequentemente associada à redução de custos executivos em habitações padronizadas. Segundo Tauil e Nese (2010), a principal economia proporcionada pela alvenaria estrutural decorre da simplificação das etapas construtivas, da redução da utilização de formas e da menor necessidade de estruturas independentes em concreto armado. Os autores destacam ainda que a repetitividade das unidades habitacionais potencializa os ganhos econômicos do sistema.

Entretanto, alguns autores ressaltam que a economia obtida pela alvenaria estrutural não está relacionada apenas à redução do consumo de materiais estruturais. Conforme Mohamad (2007), a racionalização do processo executivo também contribui para diminuição das perdas de materiais, redução do tempo de execução e maior organização do canteiro de obras, fatores que influenciam diretamente o comportamento financeiro do empreendimento.

Por outro lado, o sistema convencional em concreto armado apresenta custos adicionais associados à execução de vigas, pilares, formas e concretagens sucessivas. Segundo Sabbatini (1989), a fragmentação das etapas executivas no sistema convencional tende a aumentar o consumo de mão de obra e ampliar os índices de desperdício durante a obra. Além disso, a execução posterior das instalações elétricas e hidrossanitárias frequentemente exige retrabalhos em paredes de vedação, contribuindo para aumento das perdas executivas.

Com base nas planilhas orçamentárias analisadas neste estudo, verificou-se que os serviços relacionados à estrutura representam parcela significativa do custo total da edificação habitacional. Os dados obtidos a partir do modelo habitacional disponibilizado pela Caixa Econômica Federal demonstram a participação expressiva dos macroserviços estruturais no orçamento global da obra, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação orçamentária do projeto padrão habitacional

Item	Com desoneração	Sem desoneração
Custo total da obra	R\$ 130.643,63	R\$ 139.901,63
Fundação	R\$ 8.693,06	R\$ 9.126,98
Supraestrutura	R\$ 13.013,54	R\$ 13.770,44

Fonte: Adaptado das planilhas orçamentárias FNHIS SUB 50 – Caixa Econômica Federal (2025).

A análise da tabela demonstra que os serviços relacionados à fundação e à supraestrutura possuem participação significativa no orçamento global da edificação. Embora os valores apresentados correspondam ao modelo habitacional originalmente concebido em concreto armado convencional, observa-se que os elementos estruturais exercem forte influência sobre o custo final da obra, justificando a necessidade de comparação entre diferentes sistemas construtivos.

Além disso, a diferença observada entre os cenários com e sem desoneração evidencia o impacto dos encargos sociais sobre os custos da construção civil. Segundo Tisaka (2011), a mão de obra representa uma das parcelas mais relevantes do orçamento de edificações residenciais, principalmente em sistemas executivos que demandam elevado número de etapas construtivas e maior tempo de execução.

No caso da alvenaria estrutural, a redução parcial das etapas relacionadas à execução estrutural tende a influenciar diretamente os custos indiretos da obra. Conforme Ramalho e

Corrêa (2003), a simplificação do processo executivo proporciona ganhos relacionados não apenas ao consumo de materiais, mas também à produtividade da equipe e à redução do tempo global de construção.

Entretanto, parte da literatura alerta que os ganhos econômicos da alvenaria estrutural dependem diretamente da qualidade da modulação e do planejamento executivo. Segundo Oliveira e Roman (2007), falhas de compatibilização entre projetos ou inadequações durante a execução podem aumentar significativamente as perdas de materiais e comprometer parte da economia inicialmente prevista.

Outro fator relevante refere-se à escala do empreendimento. De acordo com Camacho (2006), os benefícios econômicos da alvenaria estrutural tornam-se mais expressivos em obras padronizadas e repetitivas, nas quais a racionalização executiva e a repetição das unidades favorecem maior controle produtivo e melhor aproveitamento dos materiais.

Nesse contexto, observa-se que a análise orçamentária ultrapassa a simples comparação de custos unitários, envolvendo também fatores relacionados à produtividade, desperdício, planejamento e organização executiva. No presente trabalho, a avaliação dos quantitativos e dos custos estruturais permitirá compreender de forma mais detalhada os impactos econômicos decorrentes da substituição do sistema convencional em concreto armado pela alvenaria estrutural no padrão habitacional analisado.

2.8 Controle tecnológico e qualidade na execução

O desempenho da alvenaria estrutural está diretamente relacionado à qualidade dos materiais empregados, ao rigor executivo adotado durante a obra e ao adequado controle tecnológico realizado em todas as etapas construtivas. Diferentemente de sistemas convencionais, nos quais parte das falhas pode ser parcialmente compensada pela independência entre estrutura e vedação, a alvenaria estrutural exige elevado nível de precisão executiva, uma vez que as próprias paredes exercem função resistente na edificação.

Segundo Mohamad (2007), o controle tecnológico na alvenaria estrutural deve iniciar ainda na etapa de projeto, por meio da compatibilização adequada entre arquitetura, estrutura e instalações prediais. Para o autor, falhas de planejamento frequentemente resultam em adaptações executivas durante a obra, aumentando o risco de intervenções inadequadas nas

paredes estruturais e comprometendo o desempenho global do sistema.

Além do planejamento, a qualidade dimensional dos blocos estruturais constitui um dos fatores mais importantes para o bom desempenho da alvenaria estrutural. Conforme Hendry (2001), pequenas variações nas dimensões dos blocos podem provocar desalinhamentos progressivos ao longo das fiadas, dificultando o correto posicionamento das armaduras e comprometendo a estabilidade das paredes. Nesse sentido, o controle dimensional dos materiais torna-se indispensável para garantir precisão executiva e adequado comportamento estrutural da edificação.

Ramalho e Corrêa (2003) destacam que o desempenho da alvenaria estrutural depende diretamente da interação entre blocos, argamassa, graute e armaduras. Segundo os autores, a resistência isolada dos materiais não garante, por si só, o comportamento adequado do sistema, sendo necessário avaliar o desempenho conjunto dos elementos estruturais por meio de ensaios tecnológicos específicos.

No Brasil, as exigências relacionadas ao controle tecnológico da alvenaria estrutural encontram-se regulamentadas principalmente pela NBR 16868:2020, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. A norma estabelece critérios relacionados à resistência dos blocos, resistência da argamassa, controle do graute, execução das juntas de assentamento e verificação do comportamento estrutural dos prismas. Segundo Parsekian et al. (2013), a consolidação desses critérios normativos contribuiu significativamente para aumentar a confiabilidade técnica das edificações executadas nesse sistema.

Outro aspecto importante refere-se à execução das juntas de assentamento. Conforme Oliveira e Roman (2007), irregularidades na espessura das juntas ou falhas de preenchimento podem gerar concentrações localizadas de tensões, reduzindo a capacidade resistente das paredes. Os autores ressaltam ainda que o alinhamento das fiadas influencia diretamente o comportamento estrutural da edificação, principalmente em construções com maior repetitividade modular.

A execução do grauteamento também representa uma etapa crítica no desempenho da alvenaria estrutural. Segundo Camacho (2006), o preenchimento inadequado dos vazios destinados ao graute pode comprometer a aderência entre blocos e armaduras, reduzindo a eficiência estrutural dos reforços verticais e horizontais. Dessa forma, o controle da fluidez, resistência e lançamento do graute torna-se essencial para garantir estabilidade e segurança da estrutura.

Além das questões estruturais, o controle tecnológico também influencia diretamente o desempenho funcional da edificação. Conforme Mitidieri Filho e Helene (2011), patologias relacionadas à fissuração, infiltrações e deficiências acústicas frequentemente estão associadas a falhas executivas ou inadequações no controle dos materiais empregados. Para os autores, o atendimento aos requisitos da NBR 15575:2013 exige não apenas correto dimensionamento estrutural, mas também rigoroso controle da qualidade executiva durante todas as etapas da obra.

Outro fator frequentemente discutido na literatura refere-se à qualificação da mão de obra. Segundo Barros (2005), sistemas racionalizados como a alvenaria estrutural exigem equipes treinadas e maior padronização executiva quando comparados aos métodos convencionais. Pequenos desvios de alinhamento, falhas de paginação ou inadequações no posicionamento das armaduras podem gerar impactos acumulativos capazes de comprometer o desempenho final da edificação.

Nesse mesmo sentido, Sabbatini (1989) afirma que a racionalização construtiva somente produz resultados satisfatórios quando acompanhada de adequado planejamento executivo, controle tecnológico e capacitação profissional. Para o autor, a eficiência produtiva da alvenaria estrutural depende diretamente da integração entre projeto, materiais e execução, não estando relacionada exclusivamente ao sistema construtivo adotado.

No contexto das habitações populares, o controle tecnológico assume importância ainda maior devido à necessidade de repetitividade e padronização das unidades executadas. Empreendimentos vinculados ao Minha Casa Minha Vida normalmente envolvem produção em larga escala, o que faz com que pequenas falhas executivas possam se repetir em grande número de unidades habitacionais. Dessa forma, o rigor técnico durante a execução torna-se indispensável para garantir qualidade, segurança e durabilidade das edificações.

Diante disso, observa-se que a eficiência da alvenaria estrutural não depende apenas das vantagens associadas à racionalização construtiva, mas principalmente da qualidade do planejamento, da compatibilização entre projetos, da precisão executiva e do controle tecnológico adotado ao longo da obra. No contexto deste trabalho, esses aspectos tornam-se fundamentais para compreender os impactos técnicos e executivos relacionados à utilização da alvenaria estrutural em comparação ao sistema convencional em concreto armado.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida a partir de um estudo comparativo entre o sistema convencional em concreto armado e a alvenaria estrutural aplicados a uma habitação de interesse social vinculada ao Programa Minha Casa Minha Vida. A pesquisa possui caráter descritivo e analítico, uma vez que busca compreender, na prática, as diferenças técnicas, executivas e econômicas entre os dois métodos construtivos.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de compreender os principais conceitos relacionados à racionalização construtiva, alvenaria estrutural, concreto armado, produtividade na construção civil, controle tecnológico e habitação social. Para isso, foram utilizados livros, normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, dissertações, artigos científicos e pesquisas acadêmicas relacionadas ao tema. Essa etapa foi importante para construir uma base teórica capaz de sustentar as análises desenvolvidas ao longo do trabalho.

Após a revisão teórica, adotou-se como base de estudo um projeto habitacional padronizado utilizado em empreendimentos financiados pela Caixa Econômica Federal, originalmente concebido em concreto armado convencional. A partir desse modelo, foi desenvolvida uma proposta estrutural em alvenaria estrutural, mantendo-se os mesmos padrões arquitetônicos, revestimentos, instalações hidrossanitárias e elétricas, cobertura e fundações. Dessa forma, a comparação realizada concentrou-se apenas nas diferenças relacionadas ao sistema estrutural utilizado em cada solução.

Durante a adaptação do projeto para alvenaria estrutural, foi necessário realizar pequenos ajustes dimensionais em alguns ambientes da residência com o objetivo de melhorar a modulação dos blocos e reduzir cortes excessivos durante a execução. A modulação foi desenvolvida utilizando blocos estruturais de concreto com dimensões de 40x15x19 cm, 55x15x19 cm, 35x15x19 cm e 20x15x19 cm, além da utilização de canaletas e peças compensatórias para fechamento da paginação das paredes.

A elaboração da paginação estrutural considerou os encontros entre paredes, os pontos de amarração, as vergas, contravergas e os pontos de grauteamento distribuídos conforme as necessidades estruturais identificadas ao longo da modulação. Também foram analisados os encontros em “T” e as regiões submetidas a maiores concentrações de esforços, buscando

garantir estabilidade estrutural e melhor aproveitamento dos materiais utilizados.

Após a definição da modulação, foi realizado o levantamento quantitativo dos materiais empregados na alvenaria estrutural. Nessa etapa, foram quantificados os blocos estruturais, canaletas, graute, argamassa de assentamento e armaduras utilizadas nos reforços verticais e horizontais das paredes. Além dos quantitativos diretos, também foram considerados cenários com estimativas de perdas executivas de 5% e 10%, buscando aproximar os resultados obtidos das condições normalmente encontradas em obras habitacionais.

Com base nos quantitativos levantados, foi realizada a estimativa dos custos relacionados à estrutura em alvenaria estrutural. Para isso, utilizaram-se composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), além das planilhas orçamentárias disponibilizadas pela Caixa Econômica Federal para o modelo habitacional analisado. A análise econômica concentrou-se principalmente nos elementos estruturais de cada sistema construtivo, permitindo comparar os impactos financeiros decorrentes da substituição do concreto armado convencional pela alvenaria estrutural.

Além da análise quantitativa e orçamentária, também foram observados aspectos relacionados à racionalização construtiva, produtividade executiva, desperdício de materiais e organização do processo construtivo. Essas análises foram realizadas a partir da interpretação dos dados obtidos durante o desenvolvimento da modulação estrutural e dos levantamentos quantitativos realizados ao longo da pesquisa.

Por fim, os resultados foram organizados em tabelas comparativas e analisados de forma descritiva, relacionando os dados obtidos com as discussões apresentadas no referencial teórico. Dessa maneira, buscou-se compreender não apenas as diferenças numéricas entre os sistemas construtivos, mas também os impactos técnicos e executivos associados à utilização da alvenaria estrutural em habitações populares padronizadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise comparativa desenvolvida neste estudo permitiu compreender de maneira mais detalhada os impactos técnicos, executivos e econômicos relacionados à substituição do sistema convencional em concreto armado pela alvenaria estrutural em uma habitação padronizada vinculada ao Programa Minha Casa Minha Vida. A partir da análise das planilhas orçamentárias, da modulação estrutural das paredes e do levantamento quantitativo dos materiais, observou-se que a racionalização proporcionada pela alvenaria estrutural influencia

diretamente a produtividade da execução, a organização do canteiro de obras e o comportamento econômico da estrutura da edificação.

As planilhas orçamentárias analisadas demonstraram que os serviços estruturais representam parcela significativa do custo global da obra. No sistema convencional em concreto armado, os custos estão associados principalmente à execução de vigas, pilares, formas, armaduras e concretagens sucessivas, etapas que demandam maior tempo de execução e elevado consumo de materiais. No orçamento-base fornecido pela Caixa Econômica Federal, os serviços relacionados à supraestrutura apresentaram custo aproximado de R\$ 9.736,90 no cenário com desoneração e R\$ 9.972,67 no cenário sem desoneração. Já os serviços relacionados às paredes e painéis ultrapassaram R\$ 17 mil em ambos os cenários analisados, demonstrando a significativa participação das alvenarias no orçamento total da edificação.

Tabela 2 – Comparação dos principais macroserviços estruturais

Macroserviço	Com desoneração	Sem desoneração
Supraestrutura	R\$ 9.736,90	R\$ 9.972,67
Paredes e painéis	R\$ 17.777,49	R\$ 18.281,32

Fonte: Adaptado das planilhas orçamentárias da Caixa Econômica Federal (2025).

Os resultados observados reforçam as discussões apresentadas por Sabbatini (1989), que associa o sistema convencional a um processo construtivo mais fragmentado e dependente de múltiplas etapas executivas. Nesse sentido, verificou-se que a utilização de vigas e pilares independentes aumenta não apenas o consumo de materiais estruturais, mas também o tempo necessário para conclusão da obra.

Durante o desenvolvimento da modulação estrutural da alvenaria, observou-se a necessidade de pequenos ajustes dimensionais em alguns ambientes da residência. O quarto 1 passou de 3,50 x 2,40 m para 3,44 x 2,39 m, enquanto o banheiro sofreu alteração de 1,85 x 2,40 m para 2,112 x 2,39 m. Essas modificações foram realizadas com o objetivo de melhorar a compatibilização entre as paredes e os blocos estruturais utilizados, reduzindo cortes

excessivos e favorecendo maior alinhamento das fiadas.

Esse comportamento confirma as observações de Mohamad (2007), que relaciona a eficiência da alvenaria estrutural à qualidade da modulação e ao planejamento executivo da obra. Ao longo da análise, percebeu-se que pequenas incompatibilidades dimensionais podem gerar impactos significativos sobre o desperdício de materiais e sobre a produtividade da execução.

A modulação desenvolvida considerou a utilização de blocos estruturais de concreto de 40x15x19 cm, 55x15x19 cm, 35x15x19 cm e 20x15x19 cm, além da utilização de canaletas e peças compensatórias conhecidas como “cocadas”. Os blocos especiais de 55 cm, compostos por três furos, desempenharam importante função nos encontros em “T” e nos pontos de amarração estrutural, favorecendo maior continuidade das paredes e melhor distribuição dos pontos de grauteamento.

O levantamento quantitativo dos materiais permitiu identificar consumo aproximado de 1.199 blocos estruturais sem considerar perdas executivas, podendo atingir cerca de 1.319 unidades ao se adotar cenário de 10% de perdas, valor considerado mais próximo das condições reais de execução em obra. Os resultados também demonstraram aumento no consumo de graute estrutural em função da utilização dos blocos especiais e da distribuição dos pontos de reforço ao longo das paredes.

Tabela 4 – Quantitativo estimativo dos materiais da alvenaria estrutural

Material	Quantidade
Blocos estruturais	1.199 unid.
Blocos com 10% de perdas	1.319 unid.
Graute estrutural	1,71 m ³

Argamassa de assentamento	2,08 m ³
Aço CA-50 Ø10 mm	165 kg
Aço CA-50 Ø8 mm	62 kg

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A partir dos quantitativos levantados, foi possível estimar o custo aproximado dos materiais estruturais empregados na alvenaria estrutural, considerando blocos, canaletas, argamassa de assentamento, graute estrutural e armaduras utilizadas nos reforços verticais e horizontais das paredes. O levantamento realizado indicou custo total estimado de aproximadamente R\$ 17.114,84 para os materiais estruturais relacionados ao sistema em alvenaria estrutural.

Tabela 5 – Estimativa de custos dos materiais da alvenaria estrutural

Material	Valor estimado
Blocos estruturais e especiais	R\$ 9.280,00
Canaletas e cocadas	R\$ 2.016,90
Argamassa de assentamento	R\$ 1.622,40
Graute estrutural	R\$ 1.624,50
Aço CA-50	R\$ 3.570,14

TOTAL ESTIMADO	R\$ 17.114,84
-----------------------	----------------------

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Ao analisar os valores obtidos, percebe-se que, embora a alvenaria estrutural apresente consumo relevante de blocos especiais, graute e armaduras localizadas, o sistema reduz etapas executivas tradicionalmente presentes no concreto armado convencional, como execução de vigas, pilares, formas e concretagens independentes. Esse comportamento reforça as observações de Tauil e Nese (2010), que associam a viabilidade econômica da alvenaria estrutural à racionalização do processo executivo e à redução indireta dos custos relacionados à estrutura da edificação.

Além da redução potencial dos custos estruturais, observou-se melhora significativa na organização do canteiro de obras e redução do desperdício de materiais. A compatibilização prévia entre modulação, estrutura e instalações favoreceu maior previsibilidade executiva e menor ocorrência de improvisações durante a obra. Esses resultados concordam com as discussões de Souza et al. (2004), que relacionam a racionalização construtiva à diminuição das perdas e ao melhor aproveitamento dos materiais empregados na construção.

Outro aspecto importante identificado ao longo da pesquisa foi a influência direta da qualidade da modulação sobre o desempenho econômico da estrutura. Pequenos erros de alinhamento, falhas de paginação ou incompatibilidades entre projetos podem aumentar significativamente as perdas executivas e comprometer parte da economia inicialmente prevista. Nesse sentido, os resultados obtidos reforçam as observações de Oliveira e Roman (2007), que destacam a necessidade de elevado rigor técnico durante todas as etapas da execução da alvenaria estrutural.

Apesar das vantagens observadas, o estudo também permitiu identificar limitações importantes relacionadas ao sistema analisado. Entre elas, destacam-se a menor flexibilidade arquitetônica e a maior dificuldade para futuras reformas ou alterações internas, uma vez que as paredes exercem função estrutural na edificação. Esse comportamento confirma as discussões apresentadas por Hendry (2001), que ressalta que intervenções posteriores em paredes portantes podem comprometer o desempenho estrutural da construção.

Além disso, verificou-se que a eficiência da alvenaria estrutural depende diretamente da qualificação da mão de obra, da precisão dimensional da execução e do rigoroso controle

tecnológico dos materiais utilizados. Falhas relacionadas ao posicionamento das armaduras, execução inadequada das juntas de assentamento ou preenchimento incorreto dos pontos de grauteamento podem comprometer significativamente o comportamento estrutural das paredes.

Mesmo diante dessas limitações, os resultados obtidos demonstraram que a alvenaria estrutural apresenta elevada viabilidade técnica e econômica para habitações populares padronizadas, especialmente em empreendimentos repetitivos financiados em larga escala. A racionalização proporcionada pelo sistema contribui não apenas para redução potencial dos custos estruturais, mas também para melhoria da produtividade executiva, maior organização do processo construtivo e diminuição das perdas de materiais durante a obra.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa reforçam grande parte das discussões apresentadas ao longo do referencial teórico, demonstrando que a alvenaria estrutural possui características compatíveis com as exigências produtivas e econômicas dos programas habitacionais de interesse social. Entretanto, a eficiência do sistema permanece diretamente condicionada à qualidade do planejamento executivo, à compatibilização entre projetos e ao adequado controle tecnológico durante todas as etapas da construção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho permitiu compreender, de forma mais ampla, as diferenças existentes entre o sistema convencional em concreto armado e a alvenaria estrutural aplicados a uma habitação padronizada do Programa Minha Casa Minha Vida. A partir da análise bibliográfica, da modulação estrutural desenvolvida e dos levantamentos quantitativos e orçamentários realizados ao longo da pesquisa, foi possível observar que a escolha do sistema construtivo influencia diretamente não apenas os custos da obra, mas também a produtividade da execução, a organização do canteiro e o aproveitamento dos materiais utilizados.

Os resultados obtidos demonstraram que a alvenaria estrutural apresenta características bastante compatíveis com empreendimentos habitacionais padronizados, principalmente devido ao elevado nível de racionalização proporcionado pelo sistema. A utilização das próprias paredes como elementos resistentes da edificação reduz parte das etapas tradicionalmente presentes no concreto armado convencional, como execução de vigas,

pilares, formas e concretagens independentes. Como consequência, observou-se potencial de melhoria da produtividade executiva e redução indireta de custos relacionados à estrutura da obra.

Outro aspecto importante identificado durante o desenvolvimento da pesquisa foi a influência da modulação estrutural sobre o desempenho do sistema. Pequenos ajustes realizados nas dimensões de alguns ambientes permitiram melhorar o alinhamento das paredes e reduzir cortes excessivos de blocos, contribuindo para melhor organização executiva e menor desperdício de materiais. Além disso, a utilização de blocos especiais e a correta distribuição dos pontos de grauteamento favoreceram maior continuidade estrutural das paredes e melhor resolução dos encontros entre os elementos construtivos.

Os levantamentos quantitativos realizados também evidenciaram a importância do planejamento executivo na alvenaria estrutural. Embora o sistema apresente potencial de racionalização e redução de perdas, verificou-se que sua eficiência depende diretamente da compatibilização entre os projetos, da qualidade da modulação e do rigor adotado durante a execução. Falhas de alinhamento, inadequações na paginação ou incompatibilidades entre arquitetura, estrutura e instalações podem comprometer tanto o desempenho estrutural quanto parte da economia inicialmente prevista.

Além das questões econômicas, a pesquisa também permitiu observar benefícios relacionados à redução do desperdício de materiais e à melhoria da organização do processo construtivo. Em obras habitacionais executadas em larga escala, como aquelas vinculadas ao Programa Minha Casa Minha Vida, esses fatores tornam-se especialmente relevantes devido à necessidade de maior controle produtivo e previsibilidade orçamentária.

Entretanto, apesar das vantagens identificadas, a pesquisa também demonstrou que a alvenaria estrutural apresenta limitações importantes. Entre elas, destacam-se a menor flexibilidade arquitetônica e a maior dificuldade para realização de futuras alterações internas, uma vez que as paredes desempenham função estrutural na edificação. Além disso, a execução do sistema exige mão de obra qualificada, controle tecnológico rigoroso e elevado nível de compatibilização entre os projetos envolvidos.

Dessa forma, conclui-se que a alvenaria estrutural apresenta elevada viabilidade técnica e econômica para habitações populares padronizadas, principalmente em empreendimentos repetitivos e racionalizados. No entanto, sua eficiência não depende apenas do sistema construtivo em si, mas principalmente da qualidade do planejamento, da organização executiva

e do controle adotado durante todas as etapas da construção.

Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir para futuras discussões relacionadas à racionalização construtiva e à utilização de sistemas mais eficientes na construção civil brasileira, auxiliando estudantes, profissionais e pesquisadores na compreensão das vantagens e limitações da alvenaria estrutural aplicada à habitação de interesse social.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de estudos envolvendo análises mais aprofundadas sobre desempenho térmico, acústico e estrutural da alvenaria estrutural em diferentes regiões climáticas do país. Também podem ser realizadas pesquisas comparando os impactos ambientais gerados pelos diferentes sistemas construtivos, incluindo consumo de água, emissão de resíduos e sustentabilidade dos materiais utilizados. Além disso, futuros trabalhos podem ampliar a comparação econômica entre os sistemas considerando custos relacionados à manutenção, durabilidade e desempenho da edificação ao longo de sua vida útil, permitindo análises ainda mais completas sobre a viabilidade dos métodos construtivos empregados em programas habitacionais brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: edificações habitacionais — desempenho — parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-1: alvenaria estrutural — blocos cerâmicos — parte 1: projetos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1: alvenaria estrutural — blocos de concreto — parte 1: projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868: estruturas de alvenaria — requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARROS, Mércia Maria Bottura de. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Concreto armado: fundamentos e projeto**. Bauru:

UNESP, 2006.

BONDUKI, Nabil. **Os pioneiros da habitação social no Brasil**. São Paulo: Editora UNESP, 2014.

CAMACHO, Jefferson Sidney Rocha. **Alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2006.

CARDOSO, Adauto Lucio; ARAGÃO, Thêmis Amorim. **Do fim do BNH ao Programa Minha Casa Minha Vida: 25 anos da política habitacional no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.

CARDOSO, Francisco Ferreira. **Desempenho e qualidade na construção civil**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Carlos: EDUFSCar, 2014.

Caixa Econômica Federal. **FNHIS SUB 50: orçamento com desoneração — fundação radier — versão 4.0 — data-base maio/2025**. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2025.

Caixa Econômica Federal. **FNHIS SUB 50: orçamento sem desoneração — fundação radier — versão 4.0 — data-base maio/2025**. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2025.

FRANCO, Luiz Sérgio. **O desempenho da produtividade na construção civil**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1992.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 2008.

HENDRY, A. W. **Structural masonry**. 2. ed. London: Macmillan Press, 2001.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: PINI, 2006.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MITIDIERI FILHO, Cláudio Vicente; HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Edifícios habitacionais e desempenho: avaliação e critérios**. São Paulo: IPT, 2011.

MOHAMAD, Gihad. **Alvenaria estrutural: materiais, execução e controle**. Florianópolis:

Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MONTEIRO, Ana Cláudia et al. Racionalização construtiva e produtividade em habitações de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 45-61, 2018.

OLIVEIRA, Luis Henrique; ROMAN, Humberto. **Desempenho e controle tecnológico em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcio; ANDRADE, Marcos. **Alvenaria estrutural no Brasil: avanços tecnológicos e normalização**. São Paulo: PINI, 2012.

RAMALHO, Márcio Antônio; CORRÊA, Márcio Roberto Silva. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**. São Paulo: EPUSP, 1989.

SILVA, José Carlos; SOUZA, Ricardo Pereira. Padronização construtiva em habitações populares financiadas pela Caixa Econômica Federal. **Revista de Engenharia Civil**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 88-102, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). **Composições de custos para o estado da Bahia**. Brasília: Caixa Econômica Federal; IBGE, 2026.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes et al. **Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Milani. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: PINI, 2011.