

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL – PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL E
ALVENARIA ESTRUTURAL: VANTAGENS E DESVANTAGENS

DAVI GOMES LAMOUNIER
ZÂNDER CÂNDIDO PEREIRA DAS NEVES
ORIENTADOR(A): Ma. RAQUEL FRANCO BUENO

GOIÂNIA
Dezembro/2024

DAVI GOMES LAMOUNIER
ZÂNDER CÂNDIDO PEREIRA DAS NEVES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL E
ALVENARIA ESTRUTURAL: VANTAGENS E DESVANTAGENS**

Trabalho final de curso apresentando e julgado como requisito para a obtenção do grau de bacharelado no curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS na data de 04 de dezembro de 2024.

Profª. Ma. Raquel Franco Bueno (Orientadora)
Centro Universitário de Goiás – Unigoias

Prof. Me. Stênio Amorim Gomes
Centro Universitário de Goiás – Unigoias

Profª. Esp. Heloísa Procópio Moraes
Centro Universitário de Goiás – Unigoias

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL E ALVENARIA ESTRUTURAL: VANTAGENS E DESVANTAGENS

Davi Gomes Lamounier¹

Zânder Cândido Pereira das Neves²

Raquel Franco Bueno³

Resumo: A construção civil desempenha um papel crucial no desenvolvimento urbano, especialmente em um cenário de crescimento acelerado das cidades e alta demanda por habitação. Esse estudo analisa comparativamente os métodos de concreto armado com alvenaria convencional e alvenaria estrutural. Foram avaliados aspectos como economia, sustentabilidade, conforto e especificidades de projeto, com base em uma análise de campo e em literatura científica. A pesquisa demonstrou que a alvenaria estrutural oferece uma economia significativa ao longo do projeto, mesmo com o maior consumo de grout, além de otimizar o espaço e reduzir o tempo de construção ao demandar menos mão de obra especializada. Em desempenho técnico, a alvenaria estrutural destacou-se em isolamento acústico, eficiência térmica e segurança contra incêndio. Em contrapartida, o concreto armado é indicado para construções que exigem alta resistência e flexibilidade de design. Conclui-se que a escolha entre esses sistemas depende das características do projeto. Enquanto o concreto armado proporciona maior liberdade de design e suporte a cargas elevadas, a alvenaria estrutural é uma opção econômica e sustentável para edificações menores, onde a simplicidade e rapidez de execução são essenciais.

Palavras-chave: concreto armado, alvenaria estrutural, sustentabilidade, economia, construção civil, sistema construtivo.

STRUCTURAL MASONRY: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Abstract: This study presents a comparative analysis of two popular construction systems: reinforced concrete with conventional masonry and structural masonry. In the reinforced concrete system with conventional masonry, the structure of a building is composed of columns, beams, and reinforced concrete slabs. The walls, made with blocks (usually ceramic or concrete), serve only as partitions, dividing spaces without contributing to the structural support. In structural masonry, however, the walls themselves are responsible for bearing the building's weight. They function as structural elements, receiving the load from the slabs and distributing it to the foundations. The research examines aspects such as economy, sustainability, comfort, and design flexibility, using data from scientific articles and practical experiences. The results indicate that structural masonry stands out in terms of total cost and sustainability, although it presents limitations in post-construction customization. This study is relevant for construction professionals seeking efficient and sustainable alternatives in the development of residential projects.

Keywords: reinforced concrete, structural masonry, sustainability, economy, civil construction.

¹ Davi Gomes Lamounier, Engenharia Civil, Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: davigomes7@gmail.com.

² Zânder Cândido Pereira das Neves, Engenharia Civil, Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: zanderneves@hotmail.com.

³ Professora Adjunta do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás. Especialista em Gestão de Obras e Gerenciamento de Custos com softwares BIM pelo IDS Educacional. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3350066840116014>. E-mail: raquel.fbueno@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel essencial no desenvolvimento das cidades, fornecendo a base estrutural necessária para suprir demandas sociais e econômicas. Com o rápido crescimento urbano e a necessidade crescente por habitação, a escolha de métodos construtivos eficientes é cada vez mais importante. Este trabalho propõe uma análise entre dois métodos comuns: Concreto Armado com Alvenaria Convencional e Alvenaria Estrutural.

A metodologia combina revisão de literatura e análise de dados de pesquisas e práticas do setor, com consultas a artigos científicos, teses, normas e experiências profissionais, buscando uma avaliação aprofundada e imparcial dos métodos.

A análise aponta que a alvenaria estrutural possui vantagens significativas. Embora consuma mais groute, é geralmente mais econômica que o concreto armado. Também permite uma construção mais rápida e menos dependente de mão de obra especializada, além de reduzir custos. No aspecto ambiental, o sistema utiliza materiais mais sustentáveis e diminui o desperdício de recursos. Entretanto, a alvenaria estrutural limita a flexibilidade para ajustes no projeto após a construção, uma vez que sua estabilidade depende da configuração inicial dos blocos.

Com isso, este estudo oferece uma comparação detalhada entre os sistemas, ajudando profissionais da construção civil a fazer escolhas mais eficazes e sustentáveis. Foi feita uma pesquisa em campo com duas “entrevistas” com Engenheiros das Obras, resultando em uma comparação entre os dois sistemas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada para este estudo é de caráter qualitativo e explorativo, com foco na análise comparativa entre dois modelos de edifícios populares, foi feito um estudo em campo comparando duas construções, ambas localizadas em Goiânia, com 19 pavimentos e foram comparadas, sendo uma com sistema de concreto armado com alvenaria convencional e a outra utilizando alvenaria estrutural. As comparações foram realizadas considerando as principais características observadas nas construções, tais como economia, controle tecnológico, organização de materiais e aspectos de projeto e os principais desafios de ambas.

Na Figura 1, está apresentada a planta baixa do pavimento tipo do empreendimento em alvenaria estrutural em estudo e a Figura 2, pode-se observar o projeto do apartamento em construção, construído em concreto armado e alvenaria de vedação.

Para embasar as ideias e promover a discussão a respeito do tema, foram realizadas pesquisas em repositórios de universidades em busca de artigos científicos e teses relevantes. Além disso, foram consultadas informações provenientes de empresas que aplicam os métodos construtivos, analisados livros e normas pertinentes ao assunto em questão.

Figura 1. Planta baixa do local estudado – Alvenaria Estrutural



Fonte: Empresa parceira (2023)

Figura 2. Projeto do apartamento em construção – Concreto Armado



Fonte: Empresa parceira (2023)

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada uma entrevista com gestores de obras especializados em cada um dos métodos construtivos distintos: alvenaria estrutural e concreto armado. Um dos gestores trabalha com estruturas em concreto armado, enquanto o outro é especializado em alvenaria estrutural, cada um gerencia uma obra que foi feito os estudos em campo. Eles atuam em construtoras diferentes e possuem ampla experiência no mercado da construção civil.

As perguntas abordaram questões centrais sobre custo e eficiência, comparando as vantagens e desvantagens de cada método. Discutiu-se também a variação dos prazos de execução, a flexibilidade para reformas e modificações das estruturas, os diferentes níveis de resistência do concreto ao longo da construção, e a quantidade de profissionais, como carpinteiros e armadores, necessários para cada tipo de obra, diferenças de resistência, custo e facilidade de aplicação dos blocos de alvenaria convencional em relação à alvenaria estrutural, além dos desafios de manutenção e durabilidade específicos de cada estrutura. As etapas de execução foram analisadas desde a fundação até a finalização, com destaque para as necessidades específicas de armazenamento e controle de umidade nos materiais. A análise dos dados coletados permitiu identificar as vantagens e desvantagens de cada modelo, oferecendo insights sobre a aplicabilidade e os impactos de cada escolha construtiva.

PERGUNTAS FEITAS DURANTE A ENTREVISTA COM OS ENGENHEIROS
1. Em termos de custo e eficiência, quais são as vantagens e desvantagens de cada método?
2. Como os prazos de execução variam entre as duas construções?
3. Caso o cliente queira fazer reforma e com isso modificar alguma parede, ele pode? Seu modelo da alguma liberdade para o cliente?
4. Quais são os FCK do concreto desde no início ao fim da torre? E como funciona o controle tecnológico da sua obra?
5. Quantos carpinteiros, armadores e bloqueiros estão contratados na obra?
6. Quais são as principais diferenças entre os blocos utilizados na alvenaria convencional e na alvenaria estrutural, em termos de resistência, custo e facilidade de aplicação?
7. Quais são os desafios específicos de manutenção e durabilidade em cada tipo de estrutura?
8. Quais são as principais diferenças nas etapas de execução entre uma obra em concreto armado e uma em alvenaria estrutural, desde o preparo da fundação até a finalização?
9. Como as necessidades de armazenamento de materiais diferem entre as construções em concreto armado e as de alvenaria estrutural, especialmente em relação ao espaço e ao manejo dos materiais?

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCRETO ARMADO

O método construtivo do concreto armado combina concreto e barras de aço para criar elementos estruturais fortes e duráveis, capazes de suportar tanto cargas de compressão quanto de tração. Essa combinação permite que os edifícios resistam a grandes vãos, suportem cargas pesadas e resistam a forças externas, garantindo estabilidade e segurança ao longo do tempo (BASTOS,2023).

Além de proporcionar liberdade no design arquitetônico, permitindo a criação de formas variadas e estruturas esbeltas. A maleabilidade do concreto durante a construção possibilita a personalização dos elementos estruturais conforme as necessidades estéticas e funcionais do projeto. Sua durabilidade, aliada à resistência do aço, faz com que seja amplamente utilizado em uma variedade de edifícios, proporcionando soluções seguras e eficientes para diferentes aplicações na construção civil (BASTOS, 2023).

Sendo o material estrutural mais utilizado globalmente, o Concreto Armado é criado com as armaduras de aço primeiramente dispostas dentro do molde, seguido pelo lançamento do concreto fresco, que preenche a forma e envolve as armaduras, enquanto o processo de adensamento ocorre simultaneamente. Após o período de cura e endurecimento do concreto, ocorre o processo de desforma, resultando na peça acabada de Concreto Armado. Este tipo de estrutura é predominante no Brasil. Quando comparadas a outras estruturas compostas por diferentes materiais. Sendo uma estrutura composta por lajes, vigas e pilares (NBR 6118,2023).

De acordo com Bastos (2023) concreto armado segue as seguintes normas:

- NBR 6118 norma estrutural que aponta diretrizes para segurança, eficiência e durabilidade;
- NBR 6120 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6122 - Projeto e execução de fundações
- NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7191 - Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado;
- NBR 7480 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado
- NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas
- NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

Esse método de sistema construtivo é formado pelos seguintes ciclos de acordo com (MENEZES et al., 2018). Ciclo 1 estrutura; Ciclo 2: Alvenaria e vedação; Ciclo 3: Instalações e Ciclo 4: Revestimento das paredes.

3.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual as paredes da edificação desempenham a função de estrutura, suportando não apenas seu próprio peso, mas também outras cargas. Os blocos utilizados, que podem ser de concreto, solo ou solo-cimento, oferecem melhorias significativas nos padrões construtivos, possibilitando acabamentos estéticos, além de proporcionar melhor isolamento térmico, acústico e resistência ao fogo (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Diferente da alvenaria comum, que é usada principalmente para vedação e fechamento de vãos em obras de concreto armado, a alvenaria estrutural integra as paredes como parte essencial da estrutura que sustenta todas as cargas, incluindo o peso próprio, lajes, coberturas, cargas adicionais e forças externas, substituindo os pilares. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), esse método pode ser considerado um sistema construtivo tradicional, utilizado desde os primeiros períodos da atividade humana para diversos propósitos, evoluindo ao longo do tempo a partir da necessidade de abrigo dos povos nômades.

Nos edifícios de alvenaria estrutural, também se utiliza concreto armado nas fundações, lajes e vigas. Antes de iniciar a construção, é fundamental ter um projeto específico para alvenaria estrutural e um planejamento detalhado, que inclui a definição das paredes que atuarão como elementos estruturais e a escolha dos materiais a serem empregados (MENEZES et al., 2018).

A construção começa com a marcação da primeira fiada de blocos no terreno, assegurando que todas as medidas e ângulos estejam corretos para a continuidade da obra. Os blocos estruturais são assentados com argamassa, que além de unir os blocos, uniformiza os apoios entre eles. É importante garantir que cada fiada de blocos esteja nivelada e alinhada corretamente.

Em seguida, são instaladas vergas e contravergas, que são estruturas feitas com blocos do tipo canaleta e incorporam armações que servem de suporte para elementos como portas e janelas, aumentando a resistência da construção. Se necessário, armaduras são inseridas nos

blocos para reforçar a estrutura, especialmente em áreas sujeitas a cargas elevadas ou conforme exigido pelas normas técnicas (MENEZES et al., 2018).

Como se pode observar nesse tipo de estrutura, a alvenaria tem uma grande importância na resistência do edifício, com isso, controla o serviço executado. Afinal, diferente da alvenaria convencional, a estrutural deve se prevenir ao máximo contra fissuras nos blocos, havendo uma integração harmoniosa entre a equipe de sistemas, o levantamento de alvenaria e a administração da obra. Além disso, existe o controle e acompanhamento reforçado, pois além de seguir a laje feita por concreto armado, o controle de blocos e graute tem também a função de pilares (COSTA DOS REIS, 2016). Além de seguir as mesmas normas do concreto armado em relação a estruturas de laje e fundação (MOHAMAD, 2020).

- NBR 10837:1989: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;
- NBR 12118:2013: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural- métodos de ensaio;
- NBR 14322:1999: Paredes de alvenaria estrutural-verificação da resistência a flexão simples ou flexão-compressão;
- NBR 15873:2010: Coordenação modular para edificações;
- NBR 15961-1 (2011): Esta norma trata sobre alvenaria estrutural com blocos de concreto, especialmente em relação ao projeto;
- NBR 16868-2020, denominada Alvenaria Estrutural, dividida em 3 partes
 - Parte 1: Projetos.
 - Parte 2: Execução e controle de obras.
 - Parte 3: Métodos de ensaio.

Seguindo as explicações de (TRAJANO, 2023) os seguintes aspectos normativos devem ser respeitados pela alvenaria estrutural aparente para garantir a qualidade, segurança e durabilidade da edificação. Isso ocorre porque os regulamentos são necessários se o design deve atender aos diferentes requisitos de desempenho, tanto técnicos quanto estéticos. Em comparação, a alvenaria estrutural aparente tem os seguintes regulamentos:

3.2.1 ESTABILIDADE MECÂNICA

Ao longo da vida, a alvenaria estrutural deve ter a capacidade requerida para resistir às cargas aplicadas ao mesmo. O bloco normal, bem como a argamassa e outros elementos usados, precisa ser suficientemente resistente para garantir a segurança da edificação.

3.2.2 DURABILIDADE EM FUNÇÃO DA EXPOSIÇÃO À CHUVA

A durabilidade da alvenaria estrutural é relevante em áreas expostas as ações temporais, como chuva. Para resistir a esses requisitos, é comum o uso de elementos impermeabilizantes aplicados na superfície dos blocos, ou a utilização de blocos com propriedades que resistam à umidade, protegendo a estrutura contra infiltrações e desgastes provocados pela água.

3.2.3 ISOLAMENTO TÉRMICO

Os blocos utilizados na alvenaria devem garantir isolamento térmico suficiente para gerar um maior conforto para os ocupantes, controlando a troca de calor entre o ambiente interno e externo. Isso pode ser conseguido com o uso de blocos de concreto específicos ou aditivos que melhorem o comportamento térmico.

3.2.4 ISOLAMENTO ACÚSTICO

A alvenaria estrutural aparente deve ser projetada para minimizar a transmissão de som entre ambientes internos e externos, garantindo um maior conforto acústico. Blocos de concreto com propriedades acústicas específicas ou o uso de argamassas acústicas ajudam a atingir esse objetivo.

3.2.5 RESISTÊNCIA AO FOGO

Os materiais usados na construção devem retardar a propagação do fogo e garantir a segurança dos ocupantes por um período suficiente para evacuação. No caso da alvenaria estrutural aparente, as paredes de blocos de concreto são consideradas incombustíveis em uma das faces.

3.2.6 PROTEÇÃO E ESTÉTICA

A aplicação de argamassas coloridas e impermeabilizantes é uma solução utilizada tanto para fins de proteção quanto para atender aos requisitos estéticos. Esses elementos são usados para garantir que as superfícies da alvenaria aparente resistam à ação da umidade, ao mesmo tempo em que proporcionam uma aparência agradável, de acordo com o projeto arquitetônico. A escolha da argamassa e dos blocos precisa considerar o equilíbrio entre a funcionalidade e a estética.

Esses requisitos normativos são essenciais para garantir que a alvenaria estrutural aparente atenda aos indicadores de qualidade exigidos, tanto em termos de segurança quanto de desempenho ao longo do tempo. Eles asseguram que as construções sejam duráveis, eficientes e estejam em conformidade com as regulamentações técnicas do setor.

O método de sistema construtivo da Alvenaria estrutural é formado pelos seguintes ciclos de acordo com (CRUZ; SANTOS; MENDES, 2017 p.51). Ciclo 1: estrutura, vedação e instalações; Ciclo 2: Revestimento das paredes.

De acordo com a ABNT NBR 1686-2:2020 antes de iniciar a execução da alvenaria estrutural o local em que será levantada deve-se apresentar os seguintes requisitos; está seguindo as tolerâncias de locação, esquadro e nivelamento da base da alvenaria, posicionar corretamente os reforços metálicos e as tubulações de acordo tudo de acordo com o que está descrito no projeto. Garantir a limpeza da superfície da laje ou viga para evitar materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa entre o bloco e a base. Além disso, os blocos e peças pré-fabricadas devem estar limpos e livres de materiais que possam afetar sua aplicação e desempenho.

Após cumprir essas etapas, procede-se com a marcação e assentamento dos blocos nos cantos e junções das paredes, seguido pela verificação do esquadro. Durante a execução a argamassa deve ser distribuída tanto nas faces horizontais quanto verticais dos blocos. No momento da elevação da alvenaria deve ficar atento com os seguintes requisitos. Todas as paredes com locais para enchimento com graute, com ou sem reforço estrutural, devem incluir aberturas (janelas de visita) para inspeção do processo de preenchimento. É essencial verificar os pontos de enchimento conforme o projeto (GIHAD MOHAMAD, 2020).

Os blocos utilizados nas paredes que serão preenchidas com argamassa devem possuir furos com dimensões de no mínimo 7,5 cm de largura por 10 cm de altura. A elevação da alvenaria estrutural deve iniciar pelos cantos, formando "escadas de canto" que servirão como

referência para o fechamento da parede. Durante o processo de elevação, é fundamental realizar verificações frequentes de prumo, nível, alinhamento e planicidade.

As instalações hidráulicas e elétricas devem ser passadas pelos vãos dos blocos na posição vertical, não sendo permitida sua passagem em pontos de graute (NBR 16868, 2020).

Como é visto anteriormente, há grandes diferenças entre esses sistemas, o que gera debates sobre qual é o mais vantajoso. Para avaliar as vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural em relação ao concreto armado, é essencial buscar um equilíbrio entre esses aspectos. Assim, garantimos que os benefícios da alvenaria estrutural sejam plenamente aproveitados, ao mesmo tempo que mitigamos possíveis desafios ao longo do processo de construção.

De acordo com a ABNT NBR 1686-2:2020 antes de iniciar a execução da alvenaria estrutural o local em que será levantada deve-se apresentar os seguintes requisitos; está seguindo as tolerâncias de locação, esquadro e nivelamento da base da alvenaria, posicionar corretamente os reforços metálicos e as tubulações de acordo tudo de acordo com o que está descrito no projeto. Garantir a limpeza da superfície da laje ou viga para evitar materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa entre o bloco e a base. Além disso, os blocos e peças pré-fabricadas devem estar limpos e livres de materiais que possam afetar sua aplicação e desempenho.

Após cumprir essas etapas, procede-se com a marcação e assentamento dos blocos nos cantos e junções das paredes, seguido pela verificação do esquadro. Durante a execução a argamassa deve ser distribuída tanto nas faces horizontais quanto verticais dos blocos. No momento da elevação da alvenaria deve ficar atento com os seguintes requisitos. Todas as paredes com locais para enchimento com graute, com ou sem reforço estrutural, devem incluir aberturas (janelas de visita) para inspeção do processo de preenchimento. É essencial verificar os pontos de enchimento conforme o projeto (GIHAD MOHAMAD, 2020).

Os blocos utilizados nas paredes que serão preenchidas com argamassa devem possuir furos com dimensões de no mínimo 7,5 cm de largura por 10 cm de altura. A elevação da alvenaria estrutural deve iniciar pelos cantos, formando "escadas de canto" que servirão como referência para o fechamento da parede. Durante o processo de elevação, é fundamental realizar verificações frequentes de prumo, nível, alinhamento e planicidade (GIHAD MOHAMAD, 2020).

As instalações hidráulicas e elétricas devem ser passadas pelos vãos dos blocos na posição vertical, não sendo permitida sua passagem em pontos de graute. (NBR 16868:2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ECONOMIA

Nesse tópico será usado dados obtidos em pesquisa em campo por meio da entrevista dos dois engenheiros de obra de ambos os sistemas.

4.1.1 VANTAGENS

De acordo com os engenheiros entrevistados, o sistema de alvenaria estrutural apresenta diversas vantagens econômicas, que resultam diretamente de sua abordagem construtiva. Utilizando a alvenaria como elemento estrutural principal, elimina-se a necessidade de componentes como colunas, vigas e lajes de concreto armado convencionais. Isso reduz significativamente os custos relacionados à aquisição, transporte e instalação de armações de aço, além de dispensar o uso de formas para concretagem.

Uma das principais vantagens desse sistema é a redução de gastos com escoramentos, já que a estrutura não exige soluções complexas. Além disso, há uma diminuição da necessidade de mão de obra especializada, como carpinteiros e armadores, o que contribui para a economia no custo total da obra. Outro benefício significativo é a redução de entulhos. A maior parte dos resíduos em obras convencionais é formada por formas e aço, elementos que são minimizados na alvenaria estrutural. Também há menos geração de entulho durante a instalação de fios e tubulações, pois o sistema prevê passagens internas nos blocos, evitando quebras e desperdícios, como ocorre na alvenaria convencional.

Outra característica econômica importante é a possibilidade de aplicar acabamentos diretamente sobre os blocos, dispensando etapas como chapisco e reboco. Isso acelera o cronograma de execução e reduz os custos na fase de acabamento. Além disso, o uso de componentes padronizados na alvenaria estrutural torna o processo mais previsível e controlado, diminuindo a chance de surpresas financeiras ao longo da obra.

4.1.2 DESVANTAGENS

A alvenaria estrutural possui diversas desvantagens econômicas, entre elas estão as fundações que tendem a ter um custo mais elevado em comparação com o concreto armado, principalmente devido às dimensões maiores das vigas baldrame exigidos. Essa diferença de custo está relacionada à necessidade

de vigas baldrame mais robustos para suportar as cargas na alvenaria estrutural; concreto e grauteamento é mais elevado porque o graute tem um valor maior por m³. De acordo com a análise feita nas concreteiras de Goiânia, o graute, utilizado principalmente para preenchimento de blocos e outras aplicações estruturais, apresentam preços maiores por conta da formulação mais rica em cimento e aditivos, que aumenta sua resistência e trabalhabilidade, como segue na tabela anexada:

	GRAUTE	CONCRETO
VALOR POR M³	R\$210,00 a R\$300,00	R\$400,00 a R\$500,00

Como foi dito no método de execução, a alvenaria estrutural tem um grande consumo de graute. Além disso, o grauteamento também é composto por vergas e contravergas. O concreto armado possui um foco exclusivo em concreto, utilizando graute apenas para reparos pontuais e preenchimento de estruturas.

Além de que, os blocos utilizados na alvenaria convencional não cumprem função estrutural, por isso se tornam mais leves e mais baratos que os blocos utilizados na alvenaria estrutural. Custo da alvenaria estrutural é mais elevado por trabalhar com resistência estrutural, quanto maior a resistência maior o custo. Na comparação de preços de blocos foram consultadas por meio das distribuidoras de blocos em Goiânia, foram divididos por unidades

	BLOCO ESTRUTURAL	BLOCO CERÂMICO (CONVENCIONAL)
VALOR POR UNIDADE	R\$4,00 a R\$5,00	R\$2,50 a R\$3,50

4.1.3 RESULTADOS OBTIDOS EM CAMPO

No estudo de campo realizado, a engenheira especializada em alvenaria estrutural destacou que esse sistema permite uma economia significativa em concreto e aço, uma vez que as paredes desempenham simultaneamente funções estruturais e de vedação. Essa característica simplifica e agiliza o processo construtivo, possibilitando uma redução considerável no tempo de execução da obra, que pode ser reduzido em meses, dependendo do tipo e da complexidade do empreendimento, trazendo assim maior valor econômico ao projeto.

A análise dos dados obtidos revelou que, além da economia no volume de concreto nos empreendimentos estudados, o sistema de alvenaria estrutural consome, em média, 48 m³

de concreto por laje e aproximadamente 16 m³ de graute para o reforço das paredes. Em contrapartida, o sistema de concreto armado demanda cerca de 64 m³ de concreto para preencher lajes e vigas, além de aproximadamente 19 m³ para os pilares. Esse consumo mais elevado de concreto no sistema de concreto armado reflete um custo superior devido à maior quantidade de concretagem necessária para a construção da estrutura.

A entrevista também abordou a quantidade de mão de obra requerida em cada tipo de estrutura. Ambas as obras analisadas possuem em torno de 50 m² de laje. No caso da alvenaria estrutural, foi empregada uma equipe composta por três carpinteiros e três armadores e na elevação de alvenaria possui três bloqueiros e cinco ajudantes. Já no sistema de concreto armado, a equipe contou com dez carpinteiros e oito armadores e na elevação de alvenaria possui três bloqueiros e três ajudantes (variando conforme a necessidade por ser empresa terceirizada). Esse comparativo evidencia que a alvenaria estrutural demanda menos mão de obra, resultando em uma redução de custos nesse aspecto.

Com base no estudo de campo, conclui-se que o sistema de alvenaria estrutural apresentou o melhor custo-benefício para a execução das etapas analisadas.

4.2 PRINCIPAIS DESAFIOS

Durante a entrevista com os engenheiros responsáveis pelos sistemas de concreto armado e alvenaria estrutural, foram identificados os principais desafios e desvantagens de cada método, os quais são descritos a seguir:

4.2.1 DESAFIOS DO CONCRETO ARMADO

- **Controle Tecnológico do Concreto:** Um dos maiores desafios no sistema de concreto armado é manter o controle tecnológico do concreto, garantindo a sua resistência e durabilidade. Esse controle envolve testes rigorosos de resistência, verificação da composição e monitoramento da cura do concreto para assegurar a qualidade estrutural.

- **Armazenamento do Aço:** O aço utilizado nas armações deve ser adequadamente armazenado para evitar a corrosão. A exposição à umidade pode comprometer a durabilidade da estrutura, exigindo cuidados específicos de proteção e armazenamento.

- **Geração de Entulho:** O método convencional de concreto armado gera uma quantidade significativa de entulho, especialmente nas etapas de escoramento e desforma, que

muitas vezes não podem ser reaproveitados. Além disso, há um risco significativo durante as etapas de concretagem, devido a possíveis falhas no escoramento e nas formas.

4.2.2 DESAFIOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

- **Manutenção e Durabilidade:** Um dos principais desafios na alvenaria estrutural é a questão da manutenção e durabilidade ao longo do tempo, uma vez que qualquer intervenção em uma parede estrutural pode comprometer a estabilidade do edifício.

- **Movimentação de Material:** A logística de materiais na alvenaria estrutural é mais complexa. Durante a execução estrutural, é necessário estocar grandes quantidades de blocos de concreto, sacos de massa estrutural, aço e madeira, o que demanda maior espaço no canteiro de obras e um planejamento cuidadoso para garantir a eficiência no uso dos materiais.

- **Geração de Entulho:** A alvenaria estrutural também gera uma quantidade considerável de entulho devido à variedade de materiais envolvidos. Esse entulho precisa ser gerido de maneira eficaz para evitar desperdícios e problemas de logística.

4.2.3 DESAFIOS COMUNS

Ambos os sistemas apresentam desafios semelhantes no que diz respeito à produção e ao gerenciamento de entulho no canteiro de obras. A alvenaria estrutural, em particular, pode enfrentar maiores dificuldades devido ao volume de materiais diversos utilizados, o que requer estratégias específicas de gerenciamento de resíduos.

4.3 OTIMIZAÇÃO DE ESPAÇO E TEMPO

De acordo com o estudo realizado em campo a alvenaria estrutural possui uma maior otimização de tempo devido ao fato de a obra bruta andar junto com a alvenaria.

A obra bruta refere-se à fase inicial da construção, que engloba os elementos estruturais básicos responsáveis por suportar as cargas da edificação, nos sistemas convencionais, a obra bruta envolve etapas como a execução de pilares, vigas e lajes de concreto armado, além do uso de formas, escoramentos e armações de aço, enquanto a alvenaria estrutural dispensa grande parte dessas etapas.

	CONCRETO ARMADO	ALVENARIA ESTRUTURAL
CICLO 1	Estrutura	Estrutura, Vedação e Instalações
CICLO 2	Alvenaria e Vedação	Revestimento das Paredes
CICLO 3	Instalações	NÃO TEM
CICLO 4	Revestimento das Paredes.	NÃO TEM

A utilização de blocos estruturais na realização das construções oferece a vantagem de disponibilidade de diferentes formatos de blocos que podem ser combinados de acordo com o projeto de alvenaria estrutural. Além disso, esses blocos já contemplam espaços destinados às instalações elétricas e hidráulicas, o que elimina a necessidade de quebrar os blocos posteriormente e de futuras personalizações no projeto. Isso resulta em economia de material e tempo durante a execução da obra.

Como já mencionado o menor uso de vigas e o não uso de pilares em edificações de alvenaria estrutural reduz de forma gratificante o uso de fôrmas e aço que costuma ocupar grande parte do território.

A diminuição da demanda por profissionais especializados é requerida expertise específica somente para a construção da alvenaria, em contraste com a necessidade de habilidades especializadas adicionais para as estruturas de concreto armado e aço. Esses fatores contribuem para que ocorra uma diminuição do uso do espaço para canteiro, afinal a quantidade de funcionários influencia no tamanho do refeitório, banheiros e vestiários.

Na fundação, a alvenaria estrutural requer mais tempo, diferente do concreto armado que pode usar sapatas isoladas, os desse sistema deve ser interligado com uma viga baldrame, isso faz com que demore um tempo a mais para ser executado.

Na elevação, a alvenaria estrutural tende a demorar mais de acordo com a análise feita pelos autores, em seu estágio ele frequentou e acompanhou elevação de ambos os sistemas de construção. Deduz-se que o concreto armado tem mais facilidade pelo fato de ocorrer concretagem direta entre lajes e pilares, enquanto a alvenaria estrutural deve ocorrer a concretagem da laje, o grauteamento da quinta fiada, grauteamento da décima segunda fiada. Além disso, mesmo utilizando um menor número de aço e fôrma, requer um controle maior por conta da elevação dos blocos e pontos de graute.

No requisito de obra fina, principalmente no revestimento, a alvenaria estrutural produz em menos tempo, afinal, se a elevação da parede for feita de forma correta, requer uma grande análise de prumo, o que oferece uma superfície mais uniforme e estável para aplicação

do revestimento. O concreto armado pode apresentar desafios adicionais devido a sua natureza e complexidade das superfícies. Esse estudo foi feito seguindo as explicações de execução das normas: (ABNT NBR16868:2020); (ABNT NBR 6118:2020) e o Livro “Construções em alvenaria estrutural, materiais, projeto e desempenho edição 2: Gihad Mohamad”.

Outro benefício no revestimento é a não obrigatoriedade de chapisco na alvenaria estrutural, devido à sua superfície já suficientemente porosa para promover a aderência direta de rebocos ou outros acabamentos. Os blocos de concreto são projetados para facilitar essa adesão, especialmente quando bem alinhados e com argamassa adequada, reduzindo a necessidade de tratamentos adicionais.

Por outro lado, os pilares de concreto armado possuem uma superfície lisa e com menos porosidade, o que dificulta a aderência de outros materiais. Por isso, o chapisco é necessário para criar uma camada rugosa que permita melhor fixação de rebocos ou acabamentos. Essa diferença reflete as propriedades intrínsecas dos materiais e os requisitos técnicos de cada sistema construtivo, como detalhado em normas como a ABNT NBR 6118 para concreto armado.

4.4 PERSONALIZAÇÃO E MUDANÇA DE PROJETOS

Como citado nas comparações anteriores, o sistema de alvenaria estrutural possui sua resistência totalmente dependente da sua elevação de alvenaria (ABNT NBR16868:2020), o que limita muitas mudanças futuras a pedido dos clientes como:

- Mudança ou acréscimo de tomadas nas regiões de alvenaria;
- Instalação de ar-condicionado em regiões da parede que não foram projetadas inicialmente para colocação do aparelho;
- Mudança das dimensões dos quartos e salas que a parede foi elevada, seguindo uma única padronização
- Limitações quanto a construção de sacadas e marquises em balanço muito amplos, fora da projeção do prédio.

No estudo em campo, os engenheiros responsáveis por cada sistema, foi questionado sobre a liberdade na personalização dos apartamentos em cada tipo de construção e obtemos os seguintes resultados:

Na obra de concreto armado as plantas são totalmente flexíveis. Os pilares são dispostos somente nos “cantos” dos apartamentos, e após a entrega o cliente pode eliminar ou modificar as divisões internas da sua unidade, claro respeitando limitações devido a instalações hidráulicas, sanitárias e elétricas. Enquanto na alvenaria estrutural, O cliente pode modificar desde que não seja em divisórias interna de parede da alvenaria estrutural onde possui pontos de grautes. Para dar maior liberdade de personalização ao cliente após a entrega, foram feitas paredes internas de Dry Wall, permitindo assim que ele modifique as divisões de Dry Wall sem afetar na estrutura.

4.5 ORGANIZAÇÃO DE CANTEIRO E CONTROLE DE MATERIAIS

De acordo com o engenheiro entrevistado, no método de concreto armado, o espaço de canteiro precisa ser cuidadosamente planejado para o armazenamento e movimentação dos materiais principais, como aço e madeira (madeirite), usados no escoramento e nas formas. O aço, em especial, ocupa um grande volume e exige armazenamento adequado para evitar problemas com umidade, principalmente nas fases iniciais da obra. Para facilitar o manuseio e transporte desses materiais ao longo da construção, a instalação de uma grua se torna indispensável. Além disso, o método convencional exige um número maior de trabalhadores especializados. A presença de 8 a 10 carpinteiros e de 8 a 10 armadores é necessária devido à intensiva montagem de escoramentos e formas.

Os carpinteiros são responsáveis pela montagem das formas e escoramentos, enquanto os armadores cuidam da preparação e instalação das ferragens. A construção de concreto armado gera uma quantidade significativa de entulho, o que aumenta a necessidade de gerenciamento de resíduos e descarte adequado. Outro ponto crítico são os riscos envolvidos na concretagem, devido a possíveis falhas nos escoramentos e nas formas, o que aumenta as chances de acidentes.

Na alvenaria estrutural, o espaço de canteiro precisa ser ainda mais otimizado, pois o volume de materiais a serem estocados é maior durante a execução da estrutura. Além de aço e madeira, o sistema inclui blocos estruturais e sacos de massa estrutural, o que exige uma logística eficiente para o reabastecimento desses materiais. Esse aumento de volume e a necessidade de manter o estoque organizado geram uma movimentação intensa no canteiro, exigindo uma gestão contínua para evitar desperdícios e interrupções no fluxo de trabalho. Em termos de mão de obra, a alvenaria estrutural requer uma equipe menor. Estima-se que apenas

3 carpinteiros e 3 armadores sejam suficientes, devido à redução no uso de escoramentos e formas, o que simplifica o controle da mão de obra e reduz os custos com pessoal no canteiro.

Na elevação de paredes, na alvenaria convencional a distribuição de blocos é mais demorada devido à elevação feita por cremalheiras. Além disso, a preparação e distribuição da argamassa são realizadas por uma única betoneira, devido ao fato de a grua ser focada na movimentação de aço (estrutura em geral), e a execução da alvenaria convencional costuma ser em mais de um pavimento durante o mesmo período, o que requer mais trabalho na distribuição. Já na alvenaria estrutural, o trabalho se concentra apenas na área do pavimento que está sendo levantado, com suporte de um misturador próximo ao local de aplicação, agilizando o processo. Além disso, o transporte dos blocos é priorizado por guias, que otimizam a logística e aceleram a execução. Nas obras entrevistadas a alvenaria estrutural necessitou de três bloqueiros e cinco ajudantes, sendo um dos ajudantes responsáveis pelo misturador, enquanto alvenaria convencional foram empregados 3 bloqueiros e 3 ajudantes.

A alvenaria estrutural apresenta vantagens, como a redução no número de trabalhadores, simplificando a logística de pessoal e reduzindo os custos operacionais. Além disso, há uma utilização mais eficiente dos materiais, pois o sistema emprega menos madeira e formas, reduzindo desperdícios. A movimentação intensa de materiais no canteiro também exige planejamento constante para garantir o abastecimento adequado e evitar a sobrecarga do espaço de trabalho.

Essas comparações mostram que o método convencional e a alvenaria estrutural apresentam características distintas em termos de uso do espaço no canteiro e controle de mão de obra. A escolha entre os dois métodos depende das especificidades do projeto e das prioridades da obra, como eficiência no gerenciamento de materiais e mão de obra

4.6 CONTROLE TECNOLÓGICO

Controle tecnológico é um conjunto de processos e procedimentos que visa garantir o desempenho de materiais utilizados na estrutura garantindo o desenvolvimento de sua resistência estrutural. Nas obras pesquisadas foram tirados os seguintes controles como demonstrado nas Tabelas 01 e 02 abaixo:

Tabela 01: Alvenaria Estrutural

pavimento	Prisma f_{pk} (oco)	Prisma f_{ck} (cheio)	Bloco (f_{bk})	Graute (f_{gk})	Argamassa (f_a)	Concreto (F_{ck})
16° e ático	3.6	6.5	4.0	13.0	4.0	25
14° e 15°	4.6	8.3	6.0	15.0	6.0	25
12° e 13°	5.8	10.4	8.0	16.0	6.0	25
10° e 11°	7.2	13.0	10.0	20.0	8.0	25
8° e 9°	8.5	15.3	12.0	24.0	10.0	25
6° e 7°	9.4	16.9	14.0	28.0	10.0	25
4° e 5°	10.2	18.4	16.0	32.0	12.0	25
2° e 3°	11.0	19.8	18.0	35.0	14.0	25
Térreo e 1°	11.6	20.9	20.0	40.0	14.0	25

Tabela 02: Concreto Armado

Pavimento	Concreto (F_{ck})
Térreo ao Ático	35 mpa

Como pode ser observado nas tabelas, o controle tecnológico na alvenaria estrutural é mais rigoroso, abrangendo a análise de concreto, graute, blocos e argamassa. Em contraste, no sistema de concreto armado, a análise é realizada apenas no concreto.

5 CONCLUSÃO

Diante do exposto, observa-se que ambos os métodos construtivos – concreto armado com vedação de alvenaria e alvenaria estrutural – possuem características e especificidades que influenciam diretamente a escolha do sistema mais adequado para cada tipo de projeto na construção civil.

O concreto armado, por sua vez, destaca-se pela capacidade de suportar grandes vãos e cargas elevadas, proporcionando robustez estrutural e maior flexibilidade no design arquitetônico. Esse sistema permite a execução de projetos com soluções estéticas variadas e personalizadas, embora requeira maior controle técnico durante a execução, além de ser mais oneroso em termos de materiais e mão de obra especializada. Esses fatores, somados ao tempo necessário para a cura do concreto e à complexidade na colocação das armaduras de aço, tornam o método mais demorado, especialmente em construções de grande porte.

Por outro lado, a alvenaria estrutural configura-se como uma alternativa economicamente vantajosa, particularmente em edificações de pequeno a médio porte. Com uma simplicidade construtiva que dispensa o uso de elementos estruturais como vigas e pilares, esse sistema permite o emprego de blocos pré-fabricados, o que pode reduzir significativamente o tempo de execução e os custos de construção. No entanto, a alvenaria estrutural apresenta restrições quanto à flexibilidade para alterações de layout ao longo da obra, exigindo um planejamento rigoroso desde a fase inicial do projeto.

Conclui-se, portanto, que a escolha entre concreto armado com vedação de alvenaria e alvenaria estrutural deve ser pautada em uma análise minuciosa das demandas específicas de cada projeto, considerando variáveis como custo, prazo de execução, resistência estrutural e necessidades arquitetônicas. Enquanto o concreto armado se mostra mais adequado para projetos que requerem suporte a grandes cargas e liberdade de design, a alvenaria estrutural apresenta-se como uma solução eficiente e econômica para edificações de menor porte, onde a simplicidade e a rapidez na execução são fatores predominantes. Dessa forma, uma decisão fundamentada no alinhamento entre as necessidades do projeto e os recursos disponíveis é essencial para garantir a viabilidade e a eficiência da construção.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Viviane Gonçalves Quintão. Análise de custos: alvenaria estrutural em blocos de concreto x parede de concreto moldada in loco. Belo Horizonte, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/45826/1/TCC-%20An%C3%A1lise%20de%20Custos%20-%20Viviane%20Quint%C3%A3o.pdf>.

ÁLVARO Pereira do Prado Neto; PELUSO, Edgard de Oliveira; CARVALHO, Valdinei Tadeu Alves de. Alvenaria estrutural. 2015. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ALVENARIA_ESTRUTURAL_EMPREENDIMENTO_FLORA_PARK_II.pdf.

ARAÚJO, Cristiane; OLIVEIRA, Márcio Alves de. Análises comparativas entre os sistemas construtivos de paredes de concreto, alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame. [S.l.]: UNIFASC, 2021. Disponível em: <https://unifasc.edu.br/wp-content/uploads/2022/05/ANALISES-COMPARATIVAS-ENTRE-OS-SISTEMAS-CONSTRUTIVOS.pdf>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

BARBOSA, Daniel Mapurunga Matos. Otimização do posicionamento da alvenaria estrutural de vedação para minimização de deslocamentos laterais em edifícios submetidos a excitações sísmicas. Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/238451>

BALDISSERA, Eduarda; LOVATO, Patrícia. Análise do desempenho térmico de sistema de vedação em alvenaria de blocos de concreto em atendimento à NBR 15575.1. 2020. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/download/750/440/1570>

BASTOS, Paulo Sérgio. Fundamentos do concreto armado. Prof. Dr. Paulo Sérgio Bastos, 2019. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>.

CALDAS, Lucas Rosse; SPOSTO, Rosa Maria; CALDEIRA-PIRES, Armando; PAULSEN, Jacob Silva. Sustentabilidade na construção civil: avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO₂ de fachadas para habitações sociais. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/16404/14687>)

COSTA DOS REIS, W. Alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: <https://arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-REIS-Alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-vazados.pdf>.

FISSURAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CAUSAS E SOLUÇÕES, autores: Henrique Ferreira Mendes, José Jonas de Lima Melo, Luís Henrique, Duarte Vasconcelos, Jonas Rafael Duarte Cavalcante. 2021. Disponível em:

<https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/7653/4472>.

HOFFMANN, Luana Gabriela; BRESSIANI, Lucia; FURLAN, Gladis Cristina; THOMAZ, William de Araujo. Alvenaria estrutural: um levantamento das vantagens, desvantagens e técnicas utilizadas, com base em uma pesquisa bibliográfica nacional. 2012. Disponível em:

<http://www.eventos.uem.br/index.php/simpgeu/simpgeu/paper/view/944/747>.

JESUS, Andressa Tainara Campelo de; BARRETO, Maria Fernanda Fávero Menna. Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e moldes isolantes para concreto (ICF), 2018. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6926>

MAMEDE, Fabiana Cristina. Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural. São Carlos, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/>.

MOHAMAD, Gihad (org.). Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020. . 422 p. 2ª edição ampliada e revisada conforme a NBR 16868/2020.

MÜLLER, B.; HAAS, A.; MOHAMAD, G.; MACHADO, D.; RIZZATI, E.; ROMAN, H. Definições e características para projetos em alvenaria estrutural. In: ENTAC, 2018.

Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/download/1719/1500>.

NUNES, C.; JUNGES, E. Comparação de custo entre estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto para edifício residencial em Cuiabá-MT. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, 2008.

Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A1545.pdf>.

PRADO, Arianne Moraes; CARVALHO, Augusto Crispim de; FERNANDES, Ítalo Henrique; SIMPLÍCIO, Larissa Proença. Alvenaria estrutural com bloco de concreto: estudo do método executivo. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/8ed5e4b3-7fc5-4eca-b60c-7ab4b1627dc6/download>.

RODRIGUES, J. da S.; MATUTI, B. B. Alvenaria estrutural e sua aplicação dentro da construção civil. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 3, n. 11, p. 128-157, 2018. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/alvenaria-estrutural>.

SENISE, Diogo Donato de Sousa. Comparativo de custos entre alvenaria estrutural e estrutura convencional de concreto armado em um edifício residencial unifamiliar. Universidade Federal e Tecnológica do Paraná, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/browse?type=author&value=Senise%2C+Diogo+Donato+Souza>

SILVA, I. C.; MIGLIORE JUNIOR, A. R. Comparação econômica entre os sistemas construtivos: alvenaria estrutural e concreto armado. Revista Científica de Construção Civil, 2019, p. 1-15. Disponível em: https://www.unifeb.edu.br/uploads/final_rcc112019.pdf.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. Pró-Reitoria de Graduação. Departamento de Engenharias e Tecnologia – Pau dos Ferros. Curso de Engenharia Civil. Disponível em: <https://engcivilpau dosferros.ufersa.edu.br/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ZANOTO, C.; ROTTER, L. C. S.; CAMPOS, H. F. Análise comparativa de desempenho entre os sistemas construtivos em concreto armado, alvenaria estrutural e light wood frame. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, 2021, p. 76-84. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/pr>