

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DAS ÁREAS ACADÊMICAS III
ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALISSON KRISTIAN FERNANDES

**ANÁLISE FINANCEIRA COMPARATIVA ENTRE PAREDES DE
CONCRETO ARMADO E PAREDES DE CONCRETO COM ADIÇÃO
DE FIBRAS DE VIDRO: ESTUDO DE CASO**

**GOIÂNIA
2024**



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Alisson Kristian Fernandes

Matrícula: 20201011050373

Título do Trabalho: ANÁLISE FINANCEIRA COMPARATIVA ENTRE PAREDES DE CONCRETO ARMADO X PAREDES DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE VIDRO: ESTUDO DE CASO

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

_____, Goiânia-GO, 19/11/2024.
Local Data

Alisson Kristian Fernandes.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

ALISSON KRISTIAN FERNANDES

**ANÁLISE FINANCEIRA COMPARATIVA ENTRE PAREDES DE
CONCRETO ARMADO X PAREDES DE CONCRETO COM ADIÇÃO
DE FIBRAS DE VIDRO: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Araújo da Silva Mendes.

**GOIÂNIA
2024**

F3911a Fernandes, Alisson Kristian.

Análise financeira comparativa entre paredes de concreto armado e paredes de concreto com adição de fibras de vidro: estudo de caso / Alisson Kristian Fernandes. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2024.
46 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Araújo da Silva Mendes.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Concreto armado. 2. Fibras de vidro. 3. Paredes de Concreto Armado. I. Mendes, Marcus Vinicius Araújo da Silva (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 693.54



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

ALISSON KRISTIAN FERNANDES

ANÁLISE FINANCEIRA COMPARATIVA ENTRE PAREDES DE CONCRETO ARMADO X PAREDES DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE VIDRO: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Dr. Marcus Vinícius Araújo da Silva Mendes (orientador), Dr. Dalcio Ricardo Botelho Alves e Me. Matilde Batista Melo.

Aprovado em 01 de Outubro de 2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcus Vinicius Araujo da Silva Mendes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/10/2024 10:04:01.
- Dalcio Ricardo Botelho Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/10/2024 19:58:54.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - GYN-CCBEC, em 08/10/2024 18:51:50.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/10/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 571488
Código de Autenticação: f25868f279



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

RESUMO

Atualmente, vem ocorrendo no ramo da construção civil uma procura por inovação e progresso, referente a introdução de fibras de vidro no concreto armado, com a finalidade que seja uma alternativa para uma possível redução no consumo de aço nas obras de paredes de concreto armado, sendo este um insumo de constante aumento de custo no mercado. Este trabalho, tem por objetivo geral mostrar através de um estudo de caso comparativo entre os custos diretos dos sistemas construtivos de paredes de concreto armado e parede de concreto reforçado com fibra de vidro. Trata-se de um estudo bibliográfico, descritivo, pesquisa aplicada e estudo de caso comparativo de levantamento em obra, onde ocorreu a coleta de dados em obra realizada por construtora que atua fortemente no ramo de habitações com interesse social. O estudo demonstrou que os métodos construtivos vêm sendo aprimorados nos últimos anos por meio de soluções estruturais que incorporam na construção civil, conceitos de sustentabilidade, desempenho e produtividade, a fim de se obter um produto com melhor qualidade e com custo reduzido. Diante disso, identificou-se através da comparação de custo entre os citados sistemas construtivos, que a parede de concreto reforçada com fibra de vidro, apresenta características que podem auxiliar o engenheiro na tomada de decisão entre as alternativas de métodos construtivos. Em termos de viabilidade econômica, essa alternativa pode resultar em uma economia de aproximadamente R\$ 20.000,00 em relação ao método tradicional de parede de concreto armado. Além disso, oferece vantagens, tais como, sustentabilidade, desempenho e produtividade, tornando-se uma alternativa eficaz, a qual pode ser competitiva no âmbito do mercado da construção civil.

Palavras-chave: Concreto Armado com Adição de Fibras. Fibras de Vidro. Paredes de Concreto Armado.

ABSTRACT

Currently, there has been a search for innovation and progress in the construction industry, regarding the introduction of glass fibers in reinforced concrete, with the purpose of being an alternative for a possible reduction in the consumption of steel in reinforced concrete wall works, which is an input with a constant increase in cost in the market. This work has the general objective of showing, through a comparative case study, the direct costs of reinforced concrete wall construction systems and fiberglass reinforced concrete walls. This is a bibliographic, descriptive study, applied research and comparative case study of a survey on site, where data was collected on a site carried out by a construction company that operates strongly in the social housing sector. The study demonstrated that construction methods have been improved in recent years through structural solutions that incorporate concepts of sustainability, performance and productivity in civil construction, in order to obtain a product with better quality and at a reduced cost. In view of this, it was identified through the cost comparison between the aforementioned construction systems that the fiberglass reinforced concrete wall presents characteristics that can help the engineer in making a decision between the alternative construction methods. In terms of economic viability, this alternative can result in savings of approximately R\$ 20,000.00 compared to the traditional reinforced concrete wall method. In addition, it offers advantages such as sustainability, performance and productivity, making it an effective alternative that can be competitive in the civil construction market.

Keywords: *Reinforced Concrete with Added Fibers. Glass Fibers. Reinforced Concrete Walls.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Laje de concreto armado com vigas de apoio monolíticas.	15
Figura 2. Vigotas unidirecionais, com nervuras pouco espaçadas apoiadas em vigas de concreto monolíticas; costelas transversais proporcionam distribuição lateral de cargas localizadas.	16
Figura 3. Laje suportada diretamente por pilares sem vigas ou vigas.	16
Figura 4. Obra em parede de concreto.	17
Figura 5. Armação das paredes como suporte para instalações hidráulicas e elétricas.	18
Figura 6. Detalhes do reforço convencional em vãos de portas e janelas.	19
Figura 7. Detalhes do reforço convencional em encontros de paredes.	19
Figura 8. Armação dupla nas paredes.	20
Figura 9. Fôrma de alumínio monoportáveis.	21
Figura 10. Mecanismo de transferência de tensões entre a matriz e a fibra.	22
Figura 11. Macrofibra de vidro estrutural.	24
Figura 12. Microfibra de vidro não estrutural.	24
Figura 13. Reforço extremidade porta.	25
Figura 14. Reforço extremidade janelas.	26
Figura 15. Distribuição espaçadores de piso.	27
Figura 16. Ligação entre paredes e fundação (sem escala).	28
Figura 17. Ligação entre paredes e laje (sem escala).	28
Figura 18. Instalação de água fria, abaixo da laje. (sem escala).	28
Figura 19. Passo a passo ilustrativo, distribuição hidráulica da rede de esgoto. (sem escala).	28
Figura 20 A-B. Impactos do Aço no orçamento.	30
Figura 21. Impacto do Aço no orçamento.	31
Figura 22. Impacto do Aço no orçamento, ou seja, no custo de materiais.	32
Figura 23. Planta Baixa.	33
Figura 24. Área dos apartamentos é de 42,05m ²	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo Consumo de aço - Bloco armação convencional.....	36
Tabela 2. Comparativo do consumo de aço e fibra de vidro.....	37
Tabela 3. Comparativo materiais - Bloco armação convencional.....	38

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Impacto dos insumos Tela x Fibra de Vidro.....	37
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 PAREDE DE CONCRETO ARMADO <i>IN LOCO</i>	14
3.2 ARMAÇÃO DAS PAREDES.....	18
3.3 FORMAS UTILIZADAS.....	20
3.4 CONCRETO COM MACROFIBRA DE VIDRO.....	21
3.4.1 Especificações técnicas e detalhes construtivos	23
3.4.1.1 Paredes.....	23
3.4.1.2 Concreto Reforçado com Macrofibras de Vidro	23
3.4.1.3 Macrofibra de vidro estrutural	23
3.4.1.4 Microfibra sintética não estrutural.....	24
3.4.1.5 Aditivo superplastificante.....	25
3.4.1.6 Armaduras na parede	25
3.4.1.7 Espaçadores de Piso	27
3.4.1.8 Lajes	27
3.4.1.9 Ligação entre arranques de paredes e fundação	27
3.4.1.10 Ligações entre paredes externas e lajes	28
3.5 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS.....	30
3.6 AÇO E SEU IMPACTO NO CUSTO DE UMA EDIFICAÇÃO.....	30
4 Metodologia.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1. COMPARATIVO ENTRE O AÇO - BLOCO ARMAÇÃO CONVENCIONAL E AÇO E FIBRA DE VIDRO.....	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
7 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil impulsiona o crescimento econômico, gera empregos no Brasil e movimenta uma grande cadeia produtiva. Com isso, os métodos construtivos vêm sendo aprimorados nos últimos anos por meio de soluções estruturais que incorporam na construção de edifícios, conceitos de sustentabilidade, desempenho e produtividade, a fim de se obter um produto com melhor qualidade e com custo reduzido (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADAS IMOBILIÁRIAS, 2021).

A indústria da construção depende consideravelmente da extração e utilização de recursos naturais; devido à produção e transporte de materiais até o canteiro de obras, os materiais de construção consomem quantidades consideráveis de recursos não renováveis e emitem quantidades consideráveis de dióxido de carbono (FARGHALI et al., 2023). Os materiais concretos, em particular, são amplamente utilizados em projetos de construção e são o material de construção estrutural mais utilizado em todo o mundo (GRIFFITHS et al., 2023).

O concreto é o material de construção mais básico e essencial para projetos de habitação, infraestrutura e transporte; em comparação com outros materiais de construção, é fácil de vazar, tem boa relação custo-benefício e apresenta propriedades mecânicas eficazes, entretanto, alguns estudos indicam que a produção de concreto consome 0,95 MJ/kg de energia e libera 0,35 kg C/kg de dióxido de carbono (SANGADJI, 2017; ARUNACHALAM et al., 2023).

Além disso, o concreto é composto principalmente de cimento; no entanto, uma tonelada de clínquer de cimento emite 0,98 toneladas de dióxido de carbono, e a indústria do cimento produz aproximadamente 7% do dióxido de carbono que é libertado na atmosfera (FANTILLI et al., 2019; QIAN et al., 2019). Portanto, para reduzir os impactos ambientais negativos dos materiais utilizados nas obras, os pesquisadores têm realizado uma série de estudos e desenvolvido medidas, como a utilização de matérias-primas, reciclagem de resíduos, materiais locais e parede de concreto reforçado com fibra de vidro (BUMANIS et al., 2022).

A expansão do setor habitacional e sua constante busca por alternativas construtivas inovadoras, encontrou na industrialização métodos que visam principalmente a racionalização e controle de seus processos, deixando assim o setor com maior competitividade e alto índice de produtividade.

O sistema de paredes de concreto moldado *in loco* embora tenha surgido na década de 1970 e seja altamente consolidado em outros países como Chile, México, Colômbia, é considerado um sistema inovador que busca atender a objetivos de industrialização e racionalização. De acordo com Misurelli e Massuda (2009) os principais materiais construtivos

desse sistema são: concreto e aço (telas e vergalhões), sendo o último considerado o mais oneroso.

Nesse quadro de mudanças, surgiu a necessidade de adotar requisitos mínimos referentes a conforto, estabilidade, vida útil, segurança estrutural e contra incêndios, visto que muitos dos sistemas inovadores e muitas das construções convencionais que eram edificadas a fim de atender aos programas sociais, não atendiam as necessidades dos consumidores que as adquiriam (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2021).

Nesse cenário, uma solução alternativa seria o uso de fibras de vidro capaz de reduzir a utilização das armaduras nas paredes utilizando-se o aço, ou mesmo eliminar armaduras mínimas em elementos de menor nível de solicitação, reduzindo significativamente os custos do sistema estrutural de paredes de concreto armado convencional.

O presente estudo de caso se delimita a uma análise dos custos diretos inerentes ao sistema convencional de paredes de concreto armado em comparação aos custos do sistema de paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro (CRFV). Para isso, fez-se necessário a escolha de um projeto arquitetônico que permitisse o estudo comparativo entre ambos os métodos construtivos, com a finalidade de estimar os materiais e serviços envolvidos nos processos de execução. Portanto, o surgimento da CRFV ocorreu com a finalidade de melhorias em alguns processos, especialmente voltado ao sistema convencional de paredes de concreto armado, que se utiliza aço para sua construção. Deste modo a CRFV apresenta algumas vantagens quanto ao outro método (convencional), como maior otimização, qualidade, diminuição de mão de obra, diminui desperdícios, apresenta maior produtividade. Deste modo, é um sistema viável economicamente e ecologicamente.

Avaliações relacionadas ao desempenho das edificações e ao dimensionamento dos elementos estruturais de cada sistema construtivo não serão realizadas. Os custos dos dois sistemas estruturais serão estimados por meio de orçamento com fornecedores do setor privado.

Este estudo justifica-se pelo fato de realizar uma comparação de uma obra (prédio), realizado por empresa que demonstra forte atuação no ramo de habitações com interesse social, quanto aos benefícios da parede de concreto reforçado com fibra de vidro (CRFV), ao se comparar com o método de parede de concreto convencional (convencional). Deste modo surgiu a necessidade de obter melhores conhecimentos sobre os dois métodos, e mostrar que a CRFV surgiu pela indigência de melhorar alguns processos e apresenta algumas vantagens em relação ao processo da parede de concreto convencional (convencional), o qual envolve produtividade, sustentabilidade, otimização, qualidade e redução de mão de obra e desperdício.

Este trabalho é viável e benéfico, pois existe na literatura dados que comprovem sua viabilidade do uso CRFV na construção de edifícios, conforme será visto no referencial teórico, nos resultados e discussão do estudo, e apresenta contribuição para profissionais da área de Engenharia Civil e sociedade em geral, pois, poderão ter melhores conhecimentos sobre este tipo de técnica construtiva (CRFV) ao realizarem a comparação da parede de concreto realizada com armadura nas paredes de concreto convencional, além de terem conhecimento que além do aço impactar diretamente no valor das paredes de concreto, apesar de apresentar um valor mais elevado, mesmo assim o intuito foi o demonstrar os benefícios das fibras de vidro em substituição parcial dessa malha de aço.

O presente estudo encontra-se estruturado em cinco partes. Na primeira apresenta a introdução do tema, com breves considerações sobre os sistemas construtivos, a justificativa da pesquisa, objetivos gerais e específicos, bem como dados do estudo de caso.

Já na segunda parte mostra a revisão bibliográfica, na qual são apresentados os conceitos de processo e sistema construtivo e de industrialização e racionalização, as características de cada sistema estrutural e conceitos fundamentais sobre o planejamento de custos e produção com base em livros, dissertações, artigos online e normas.

Na terceira parte é apresentada as características do estudo de caso, o qual foi analisado e as etapas do procedimento metodológico para execução do trabalho.

Na quarta parte é mostrado os resultados e discussão do estudo, o qual mostra um estudo comparativo entre os custos diretos dos sistemas construtivos de paredes de concreto armado e parede de concreto reforçado com fibra de vidro, através do estudo de caso realizado. E na quinta e última parte apresenta a conclusão do estudo, ou seja, considerações finais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho, tem por objetivo geral mostrar por meio de um estudo de caso um comparativo entre os custos diretos dos sistemas construtivos de paredes de concreto armado e parede de concreto reforçado com fibra de vidro.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Detalhar o processo de execução de ambos os métodos construtivos;

- Colher dados referentes ao custo de construção da edificação em parede de concreto armado convencional;
- Colher dados referentes ao custo de construção da edificação em parede de concreto armado com adição de fibra de vidro;
- Realizar uma análise comparativa financeira dos métodos construtivos das duas edificações, através de um estudo de caso.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PAREDE DE CONCRETO ARMADO *IN LOCO*

O mercado pressionado pela forte demanda por habitações de interesse social investiu nos chamados sistemas inovadores, que apresentam processos construtivos racionalizados, que buscam um menor consumo de mão de obra e otimização do tempo de execução através do aumento do uso de produtos e processos industrializados (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2021).

A maior parte dos materiais constituintes, com exceção do cimento e dos aditivos, estão normalmente disponíveis a baixo custo localmente ou a pequenas distâncias do local de construção. A sua resistência à compressão, tal como a das pedras naturais, é elevada, o que o torna adequado para elementos sujeitos principalmente à compressão, como colunas e arcos. Por outro lado, novamente como nas pedras naturais, é um material relativamente frágil cuja resistência à tração é baixa em comparação com a sua resistência à compressão. Isto impede a sua utilização econômica como único material de construção em membros estruturais que estão sujeitos a tensão na totalidade (como em tirantes) ou em parte das suas secções transversais (como em vigas ou outros membros de flexão) (DARWIN, 2021).

Para compensar esta limitação, descobriu-se que era possível, na segunda metade do século XIX, utilizar o aço com a sua elevada resistência à tração para reforçar o elemento estrutural, principalmente nos locais onde a sua baixa resistência à tração limitaria a capacidade de carga do elemento. O reforço, geralmente barras de aço redondas com deformações superficiais adequadas para proporcionar intertravamento, é colocado nas formas antes do concreto. Quando completamente envolvido pela massa de concreto endurecido, forma parte integrante da barra. A combinação resultante de dois materiais, conhecido como concreto armado, combina muitas das vantagens de cada um: o custo relativamente baixo, boa resistência às intempéries e ao fogo, boa resistência à compressão e excelente conformabilidade do concreto e a alta resistência à tração e ductilidade muito maior e tenacidade do aço. É esta combinação que permite a gama quase ilimitada de utilizações e possibilidades do concreto armado na construção de edifícios, pontes, barragens, tanques, reservatórios e uma série de outras estruturas (INSTITUTO AMERICANO DE CONCRETO, 2014).

A construção conhecida como concreto protendido, entretanto, utiliza aços e concretos de altíssima resistência em combinação. O aço, na forma de fios, cordões ou barras, é embutido no concreto sob alta tensão que é mantida em equilíbrio por tensões de compressão no concreto

após o endurecimento. Devido a esta pré-compressão, o concreto em um elemento de flexão irá fissurar no lado tracionado sob uma carga muito maior do que quando não está tão pré-comprimido. A protensão reduz grandemente tanto as deflexões como as fissuras de tração sob cargas normais em tais estruturas e, assim, permite que estes materiais de alta resistência sejam utilizados de forma eficaz. O concreto protendido ampliou, de forma muito significativa, a gama de vãos do concreto estrutural e os tipos de estruturas para as quais é adequado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM, 2022).

Os sistemas de suporte de piso para edifícios incluem o piso monolítico de laje e viga mostrado na Figura 1, o sistema de vigas unidirecionais da Figura 2 e o piso de placa plana, sem vigas, mostrado na Figura 3. O piso de laje plana, frequentemente usado para edifícios com cargas mais pesadas, como armazéns, é semelhante ao piso de laje plana, mas faz uso de maior espessura de laje nas proximidades dos pilares, bem como topos de pilares alargados, para reduzir tensões e aumentar a resistência na região de apoio. A escolha entre estes e outros sistemas para pisos e coberturas depende dos requisitos funcionais, cargas, vãos e profundidades permitidas dos membros, bem como de custos e fatores estéticos (DARWIN, 2021).

Figura 1. Laje de concreto armado com vigas de apoio monolíticas.



Fonte: Darwin (2021).

Figura 2. Vigotas unidirecionais, com nervuras pouco espaçadas apoiadas em vigas de concreto monolíticas; costelas transversais proporcionam distribuição lateral de cargas localizadas.



Fonte: Darwin (2021).

Figura 3. Laje suportada diretamente por pilares sem vigas ou vigas.



Fonte: Darwin (2021).

O sistema de parede de concreto moldada no local (Figura 4) possibilita fazer um planejamento detalhado e completo da obra reduzindo assim as improvisações e desperdícios no canteiro, no que contribui para a diminuição do número de operários, mão de obra qualificada e que exercem funções diárias como armação, instalações hidráulicas e elétricas, preparação e montagem de formas, concretagem e desforma, oferecendo assim um total controle das etapas eliminando os desperdícios e contribuindo para um canteiro de obra mais

controlado e gerando maior produção em menos tempo, melhorando assim os índices de produtividade e segurança (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM, 2013).

Figura 4. Obra em parede de concreto



Fonte: Núcleo de Referência (2018)

As paredes são executadas em série o que proporciona um elevado ganho de velocidade, produtividade e economia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM, 2013). Além disso, apresentam boa planicidade das superfícies tanto interna quanto externa permitindo receber a pintura diretamente eliminando várias etapas do processo construtivo, reduzindo assim o prazo da obra e contribuindo para um melhor retorno econômico.

Embora existam exemplos dessa tecnologia já nos anos 1970 e 1980, o sistema ganhou força no Brasil, já nos anos 2000, inicialmente para atender ao aquecido mercado imobiliário; depois, como uma das principais soluções construtivas adotadas no programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), a partir de 2009 (MONGE; MAYOR; SILVA, 2018). Com o crescimento do mercado imobiliário e as contínuas medidas públicas para ampliar a oferta de moradias com interesse social, o sistema de parede de concreto representa uma solução executável para produção em escala (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Os requisitos básicos para a construção de edificações com paredes de concreto moldadas in loco estão descritos na NBR 16055:2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

3.2 ARMAÇÃO DAS PAREDES

Segundo Misurelli e Massuda (2009), as armações no sistema construtivo de paredes de concreto além de atuar como estrutura, contribui como suporte para as instalações elétricas durante a concretagem e a cura (Figura 5).

Figura 5. Armação das paredes como suporte para instalações elétricas.



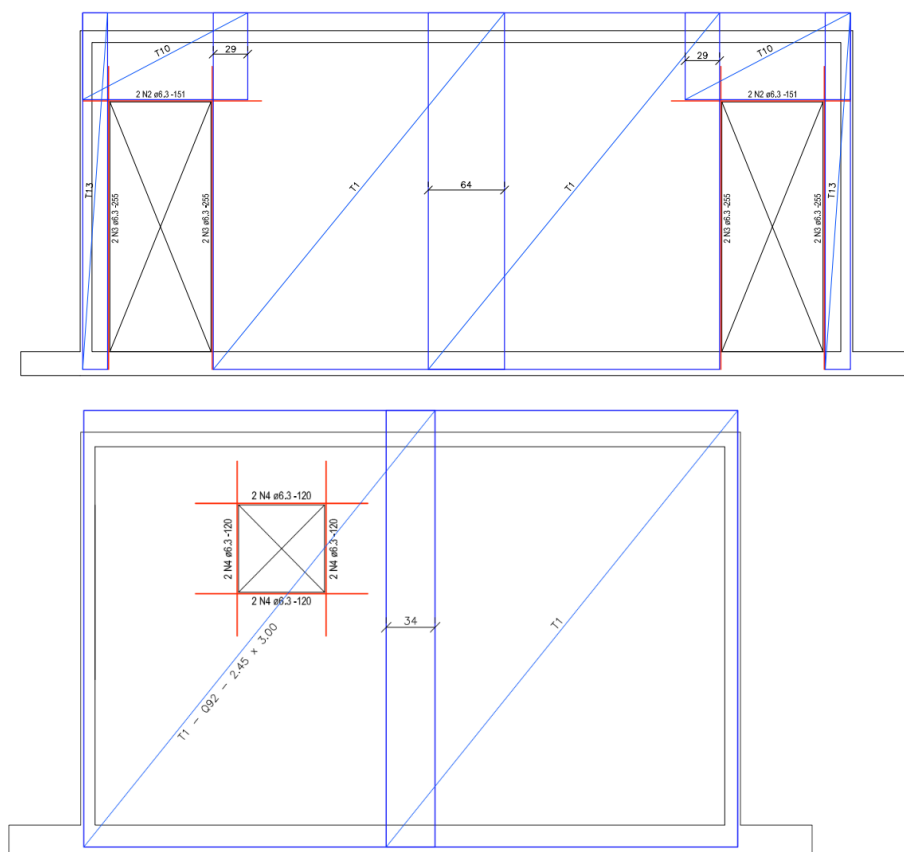
Fonte: ArcelorMittal (2018).

Misurelli e Massuda (2009), afirmam que as armaduras das paredes de concreto devem atender a três requisitos principais, sendo eles:

1. Resistir a esforços nas paredes;
2. Controlar a retração térmica do concreto;
3. Estruturar e fixar as tubulações elétricas.

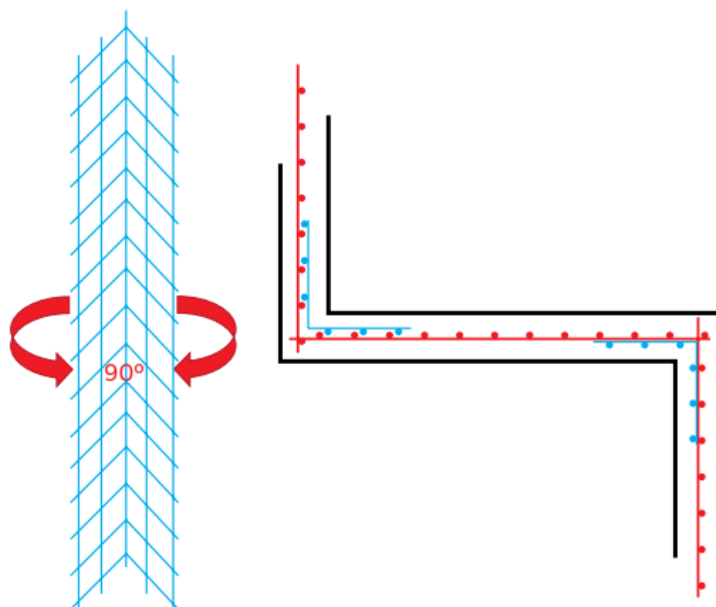
A armação mais utilizada atualmente no sistema de paredes de concreto é a tela eletro soldada, posicionada no eixo vertical da parede. Entretanto, a ABNT NBR 16055 (2022), não proíbe o uso de barras ou treliças para as armações de lajes e paredes. Essas barras também são utilizadas no arranjo da armação como reforços em regiões de acúmulos de tensões, tais como: bordas e vãos de portas e janelas (Figura 6), e encontros de paredes (Figura 7). Além disso, auxiliam na fixação e sustentação dos painéis de tela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).

Figura 6. Detalhes do reforço convencional em vãos de portas e janelas



Fonte: ArcelorMittal (2018).

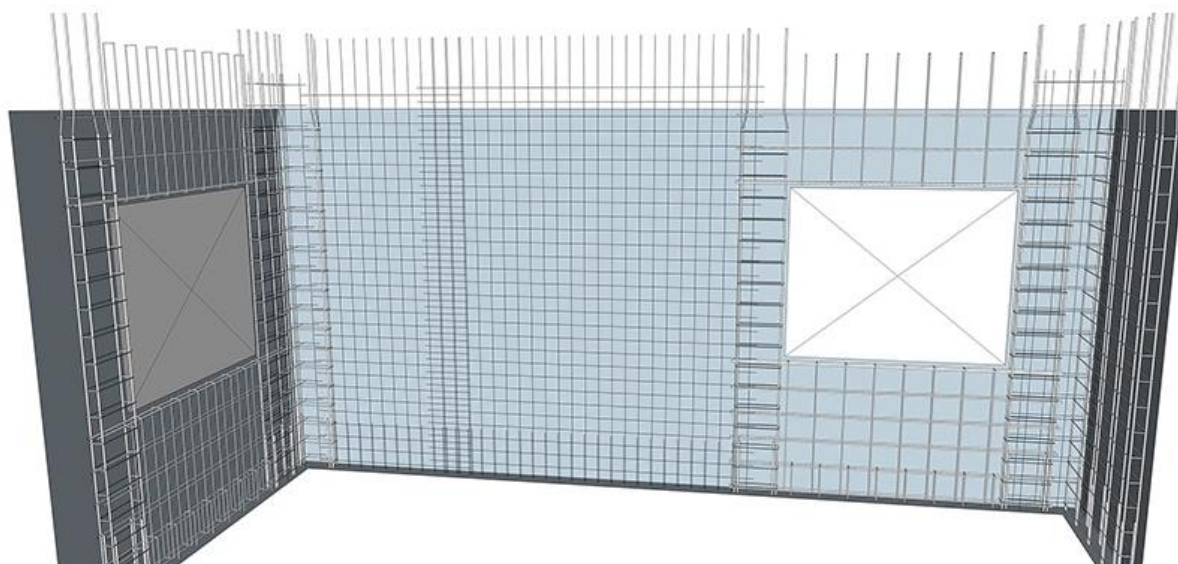
Figura 7. Detalhes do reforço convencional em encontros de paredes



Fonte: ArcelorMittal (2018).

Entretanto em edificações mais altas as paredes devem receber dupla camada de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e separadas entre elas por espaçadores, garantindo que as mesmas não se juntem na linha neutra da parede e garantindo o cobrimento das armaduras e reforços verticais nas extremidades das paredes (Figura 5) (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Figura 8. Armação dupla nas paredes



Fonte: França e Associados Projetos Estruturais (2017)

Portanto, a ABNT NBR 16.055 (2022), estabelece que em paredes de até 15 cm pode-se utilizar uma tela centrada, no entanto paredes com mais de 15 cm ou qualquer parede sujeita a esforços horizontais ou momentos fletores aplicados, deve-se utilizar armação com duas telas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).

3.3 FORMAS UTILIZADAS

O sistema foi inspirado por processos industrializados visando a racionalização, onde é composto por formas travadas por peças pré-fabricadas, que são preenchidas posteriormente por concreto. As fôrmas são estruturas provisórias com intuito de conter e moldar o concreto fresco, resistindo as solicitações imediatas de lançamento e adensamento da matriz de concreto, mantendo sua forma e estanqueidade até o momento de sua desforma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

Segundo Nakamura (2021), quando bem especificado, fôrmas e escoramentos podem induzir ganhos de produtividade, além de agregar economia, segurança e qualidade à obra. Apesar de o processo de fôrmas ser associado diretamente a madeira, outros materiais como alumínio e plástico também podem ser destinados para esse objetivo (Figura 9).

Figura 9. Fôrma de alumínio monoportáteis



Fonte: AKCOME (2022).

3.4 CONCRETO COM MACROFIBRA DE VIDRO

Materiais cimentícios, em geral, apresentam resistência à tração em torno de 10% de sua respectiva resistência à compressão, com baixa capacidade de absorver deformações, pela sua característica frágil. Tradicionalmente, para corrigir esta carência quanto aos esforços de tração, são empregues barras de aço, constituindo o material compósito mais utilizado na construção civil, denominado concreto armado ou argamassa armada (LAMEIRAS, 2007)

Como resultado de uma busca por inovação, o investimento em ações e métodos construtivos passa a romper com metodologias tradicionais, visando modernizar e aperfeiçoar cronogramas, a escolha dos materiais, a diminuição dos desperdícios e a redução dos entulhos nos canteiros de obra, priorizando a máxima rapidez.

Nesse ambiente de inovação, a construtora MRV desenvolve o método inovador parede de concreto reforçado com macrofibras de vidro (CRFV), buscando melhoria no custo e qualidade de suas obras, reduzindo a quantidade de armadura empregadas especificamente em sua parede no processo convencional de paredes de concreto armado in loco (MARQUES, 2019).

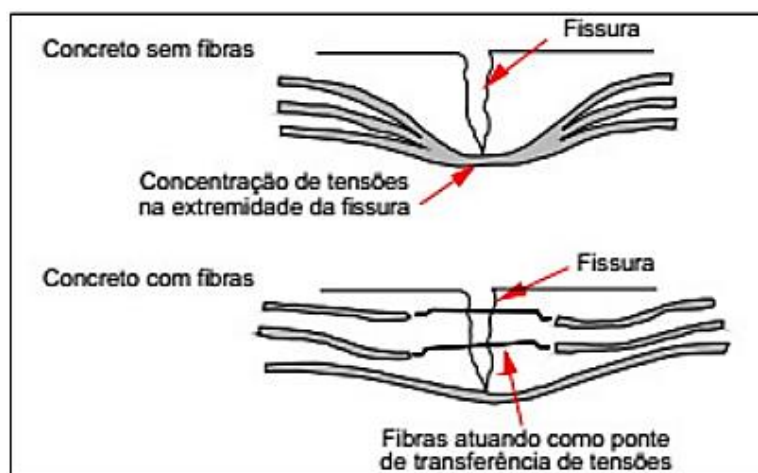
A adição de fibras de vidro, em substituição parcial à armadura supre as necessidades citadas acima, além de trazer outros benefícios a mistura, como diminuição da retração térmica, melhoria no comportamento pós-fissuração, à erosão e à fadiga, maior resistência ao impacto, dentre outros (MARQUES, 2019).

Os concretos com fibras podem ser definidos como compósitos: materiais constituídos de, pelo menos, duas fases distintas principais. O próprio concreto endurecido (matriz cimentícia), é um compósito cujas fases principais são a pasta de cimento, os agregados miúdos e grãos e os poros. No entanto consideram-se como fases principais do concreto com fibras o próprio concreto, denominado matriz e as fibras, que podem ser produzidas a partir de diferentes materiais como aço, vidro, polipropileno, náilon, carbono, entre outros (MARQUES, 2019).

No concreto sem a adição de fibras uma fissura representa uma barreira à propagação de tensões. Caso essa tensão supere a resistência da matriz, acontecerá a ruptura repentina do material. Já no caso desta solicitação seja descontínua pode-se interpretar a ruptura por fadiga. A cada etapa há uma pequena propagação das microfissuras, e um aumento progressivo na concentração de tensões em sua extremidade até que ocorra a ruptura completa do material.

A partir do momento em que a fissura atinge um comprimento crítico no concreto, ocorre a ruptura repentina do material, caracterizando um comportamento tipicamente frágil, onde não se pode contar com nenhuma capacidade resistente do concreto fissurado (Figura 10). O procedimento de lançamento e adensamento também são pontos significativos, pois afetam a distribuição e a direção das fibras na matriz.

Figura 10. Mecanismo de transferência de tensões entre a matriz e a fibra.



Fonte: Figueiredo (2011).

3.4.1 Especificações técnicas e detalhes construtivos

O sistema de paredes de concreto deve atender a especificações técnicas e detalhes construtivos dos materiais e procedimentos de execução a serem adotados. São apresentados a seguir alguns dos principais detalhes.

3.4.1.1 Paredes

As paredes são estruturais, moldadas no local com concreto reforçado com microfibras e macrofibra de vidro (CRFV), com espessura de 100 mm.

3.4.1.2 Concreto Reforçado com Macrofibras de Vidro

Segundo a ABNT NBR 16935 (2021), o concreto reforçado com fibras é um material compósito, caracterizado por uma matriz cimentícia com fibras descontínuas estáveis em meio alcalino. Sendo assim as fibras são utilizadas como reforço estrutural, melhorando o comportamento da mistura no seu estado-limite último (ELU) e no estado limite de serviço (ELS), podendo reforçar totalmente ou em conjunto com armaduras passivas ou ativas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

3.4.1.3 Macrofibra de vidro estrutural

Conjunto de filamentos cortados apropriados para mistura em concretos de cimento Portland, e álcali resistente (Figura 11). As principais características são:

1. Comprimento nominal: 35 mm;
2. Largura: $0,39 \pm 0,07$ mm;
3. Espessura: $0,29 \pm 0,03$ mm;

Figura 11. Macrofibra de vidro estrutural



Fonte: Macrofibra (2023).

3.4.1.4 Microfibra sintética não estrutural

A microfibra não estrutural (Figura 12), empregada no CRFV é de polipropileno com comprimento nominal de 12 mm, onde a principal função desta é o controle de fissuras devido à retração térmica do concreto, como também o controle da exsudação.

Figura 12. Microfibra de vidro não estrutural



Fonte: Estrutural Fibras (2021).

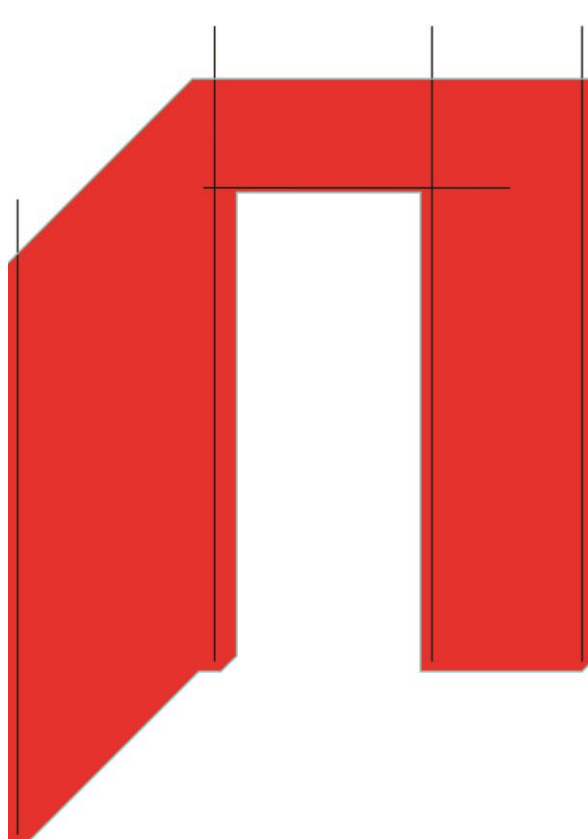
3.4.1.5 Aditivo superplastificante

À base de poli carboxilato, com consumo de 2 litros/m³, o aditivo superplastificante se torna indispensável para um concreto superfluido e com viscosidade adequada para a aplicação nas paredes de concreto, apresenta grande fluidez e alta trabalhabilidade, ou seja, é um concreto muito plástico. A formulação de concretos fluidos e resistentes à segregação é uma evolução tecnológica, fruto de pesquisas aplicadas aos materiais de construção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM, 2022).

3.4.1.6 Armaduras na parede

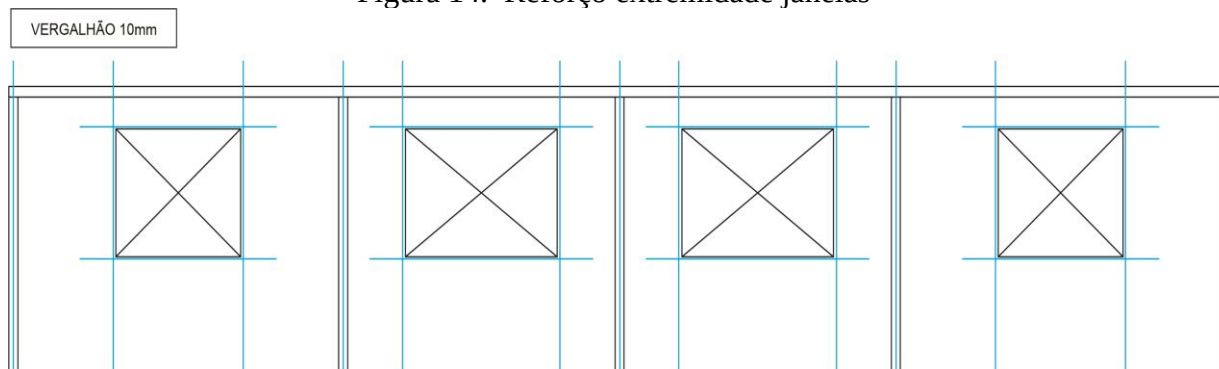
As armaduras convencionais estarão presentes em lugares estratégicos nos quais são pontos de concentração e transmissão de tensão, destacando a utilização nas paredes apenas como trespasse ligando o sistema parede fundação como nos contornos de vãos de portas e janelas, e nas intersecções de paredes (Figuras 13 e 14).

Figura 13. Reforço extremidade porta



Fonte: Wendler, 2017.

Figura 14. Reforço extremidade janelas



Fonte: Wendler, 2017.

No estudo de Fantilli, Mancinelli e Chiaia (2019), mostra que a utilização de compósitos, especialmente materiais formados por polímeros reforçados com fibras, tem sido ampla e competitiva na área da engenharia civil. As propriedades atrativas dos polímeros reforçados com fibras são: durabilidade, resistência à corrosão em ambientes marinhos; resistência mecânica, especialmente a baixas temperaturas; capacidade de resistir a vibrações e absorver energia sob cargas sísmicas; transparência eletromagnética; baixo coeficiente de expansão térmica; pigmentação e características decorativas; além de excelente rigidez por peso e resistência por peso, reduzindo assim custos de transporte e montagem.

Devido a tais propriedades, seu uso tem sido amplamente estudado como um substituto viável ao aço na armadura de estruturas de concreto, principalmente em estruturas expostas a ambientes agressivos, que necessitam de manutenção constante devido a problemas de corrosão, como exemplo as paredes (KAJASTE; HURME, 2016).

Embora as características e propriedades do CRFV também sejam afetadas a longo prazo, principalmente pela difusão da umidade através da camada de resina e entre as interfaces fibra e matriz, o CRFV, enfrentando condições de exposição mais severas, ainda apresenta maior durabilidade quando comparado ao aço (MILLER et al., 2018).

O CRFV pode ser comumente visto na construção civil, seja em estruturas constituídas inteiramente por perfis estruturais ou como substituto de barras de aço em estruturas de concreto armado ou ainda em estruturas híbridas formadas por concreto armado e perfis de fibras de vidro. Foi comprovado que estruturas híbridas formadas pela colagem de perfis de fibras de vidro a elementos de concreto armado proporcionam uma interação virtualmente eficiente no curto prazo (YANG et al., 2013).

A associação de perfis em CRFV por colagem, através de adesivos, em elementos estruturais de betão armado, traz vantagens econômicas e mecânicas. Os perfis de fibras de vidro possuem baixo módulo de elasticidade, portanto, podem apresentar fenômenos de

instabilidade devido à sua deformação e, para superar tais limitações, a utilização combinada de perfis de fibras de vidro com concreto armado, origina uma solução estrutural (GAN; CHENG; LO, 2019).

As aplicações de perfis poliméricos reforçados com fibra de vidro conectada externamente desempenham um papel fundamental na garantia da resistência e rigidez das construções, principalmente devido aos projetos arrojados das construções modernas. Além dos requisitos de resistência, o CRFV também serve como escudo protetor de elementos estruturais contra condições ambientais e meteorológicas adversas, como, por exemplo, a penetração de íons cloreto de carbono (FANTILLI; MANCINELLI; CHIAIA, 2019).

Os perfis em PRFV desenvolvidos aumentaram consideravelmente a sua resistência mecânica, e a sua utilização como substituição parcial da armadura transversal revelou-se eficaz.

3.4.1.7 Espaçadores de Piso

Serão utilizados espaçadores plásticos circulares nas lajes, onde sua principal função é garantir a espessura correta das paredes de concreto, e sua distribuição (Figura 15), se dará convencional nos arranques das fundações e nos vãos de portas e janelas, delimitando assim a área a ser concretada.

Figura 15. Distribuição espaçadores de piso.



Fonte: Wendler, 2017.

3.4.1.8 Lajes

As lajes são maciças, convencionais de concreto armado, com espessura mínima de 100 mm, sendo que as armaduras devem ser dimensionadas conforme ABNT NBR 6118:2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

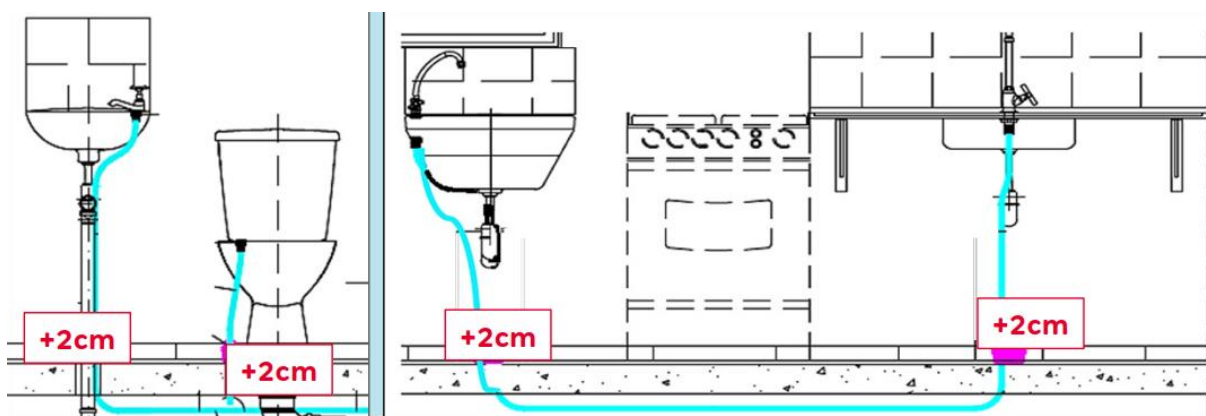
3.4.1.9 Ligação entre arranques de paredes e fundação

3.5 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Para as instalações hidrossanitárias, todos os ramais de alimentação de água fria, rede de esgoto e água pluviais que alimentam os banheiros e demais instalações da área privativa, acontecerão pelo teto do próprio pavimento, embutidas em sanca, ou no caso do pavimento térreo, embutidas no radier.

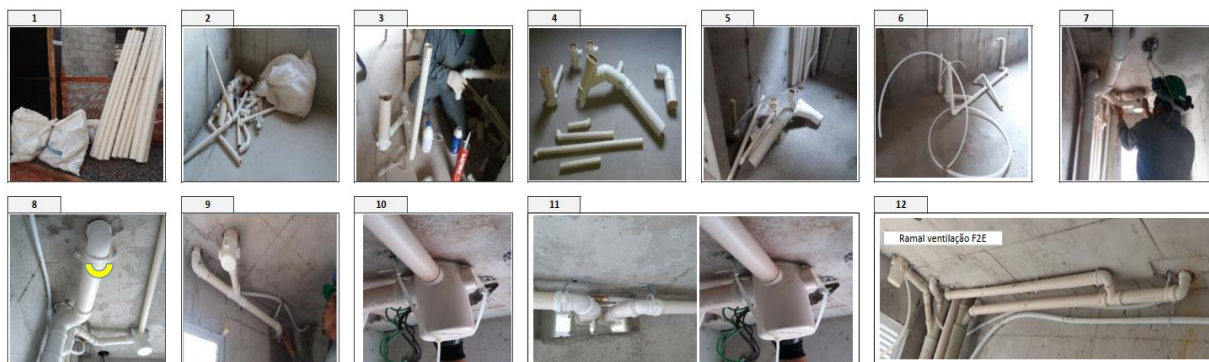
O sistema de esgoto será dividido em Esgoto Primário (vasos sanitários), Esgoto Secundário (lavatórios, chuveiros e drenos de ar condicionado), Esgoto de Gordura (copas e cozinhas) e Águas Servidas (lavagem de pisos cobertos, tanques das áreas comuns, retro lavagem das piscinas, limpeza dos reservatórios e dreno do ambiente de lixo), conduzidos por gravidade, provenientes dos ramais e colunas internos e dirigidos para sub-coletores instalados no pavimento Térreo, passando por caixas sifonadas, caixas de gordura coletivas e caixas de passagem até o seu lançamento final na rede pública.

Figura 18. Instalação de água fria, abaixo da laje. (sem escala)



Fonte: Acervo da Construtora, 2023.

Figura 19. Passo a passo ilustrativo, distribuição hidráulica da rede de esgoto. (sem escala)



Fonte: Acervo da Construtora, 2023.

3.6 AÇO E SEU IMPACTO NO CUSTO DE UMA EDIFICAÇÃO

Em um estudo foi analisado a curva ABC de insumos em diferentes tipos de obras no estado de São Paulo, sendo utilizado o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), no ano de 2020 e 2021, período da Pandemia Covid-19.

Conforme José Carlos Martins, presidente da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), com pandemia o aço teve aumento considerável:

“O aumento do custo de construção impede hoje o acesso de milhares de famílias à casa própria, a locais de atendimento de saúde, à infraestrutura urbana. O mesmo relata que em uma habitação, por exemplo, um terço do acréscimo teve um único componente, o aço. Ou damos um choque de oferta ou os brasileiros continuarão com acesso precário a moradias e a tantas outras coisas”, disse o presidente da CBIC (CBIC, 2022, p. 01).

Nas figuras 20 A-B e 21, mostram os impactos do aço no orçamento, ou seja, o aumento de seu custo durante a Pandemia Covid-19.

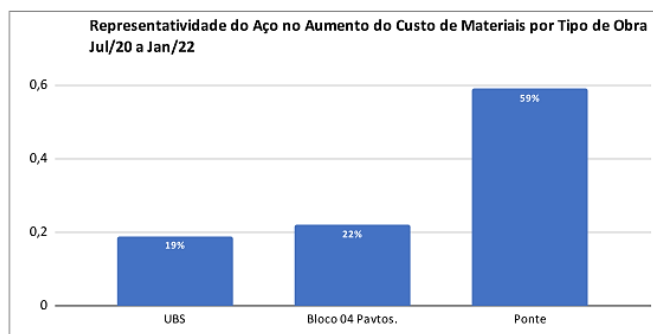
Figura 20 A-B. Impactos do Aço no orçamento

LEVANTAMENTO JUL/20 A JUL/21		
Projetos	Representatividade do Aço no Aumento do Custo de Materiais por Tipo de Obra Jul/20 a Jul/21	
UBS	29%	
Bloco 04 Pavtos.	34%	
Ponte	73%	

LEVANTAMENTO JUL/20 A JAN/22		
Projetos	Impacto do Aço no Aumento do Custo de Materiais	
UBS	19%	
Bloco 04 Pavtos.	22%	
Ponte	59%	

Fonte: CBIC, 2022.

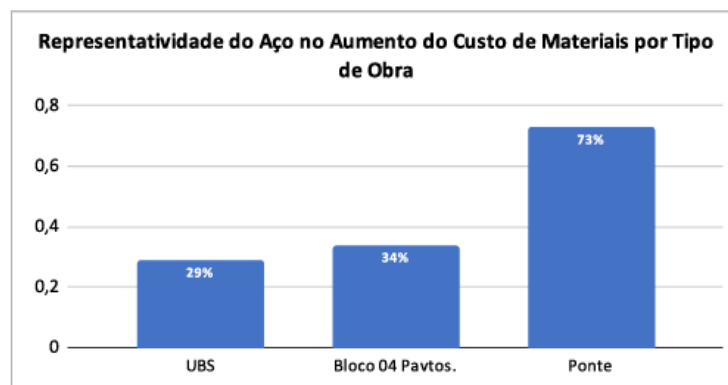
Figura 21. Impacto do Aço no orçamento.



Fonte: CBIC, 2022.

Esse impacto de aumento também é demonstrado na figura 22, a qual mostra um aumento de custo cerca de 73% do aço utilizado em construções civis, entre o mês de julho do ano de 2020 ao mês de julho de 2021.

Figura 21. Impacto do Aço no orçamento, ou seja, no custo de materiais.



Fonte: CBIC, 2022.

O aço teve um aumento considerável em período da Pandemia Covid-19. Conforme dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e dados do SINAPI, entre o mês de julho do ano de 2020 ao mês de julho de 2021, com um custo cerca de 73% (Figura 20A), citando como exemplo a edificação de uma ponte a qual utilizou-se o sistema de concreto armado com a utilização do aço. O aço chegou a representar cerca de 59% do aumento total deste projeto entre julho de 2020 e janeiro de 2022, conforme demonstrado na figura 21 (CBIC, 2022).

Após realizar pesquisas sobre o preço do aço através do portal SINAPI e dados da CBIC, no ano de 2024, foi constatado, que valor aço diminuiu em comparação a paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro, conforme será visto nos resultados e discussão deste estudo.

4 METODOLOGIA

A pesquisa em questão se configura como um estudo bibliográfico, descritivo, aplicado e de estudo de caso comparativo, com levantamento em campo. A coleta de dados ocorreu em uma obra realizada por uma construtora especializada na construção voltada para o interesse social.

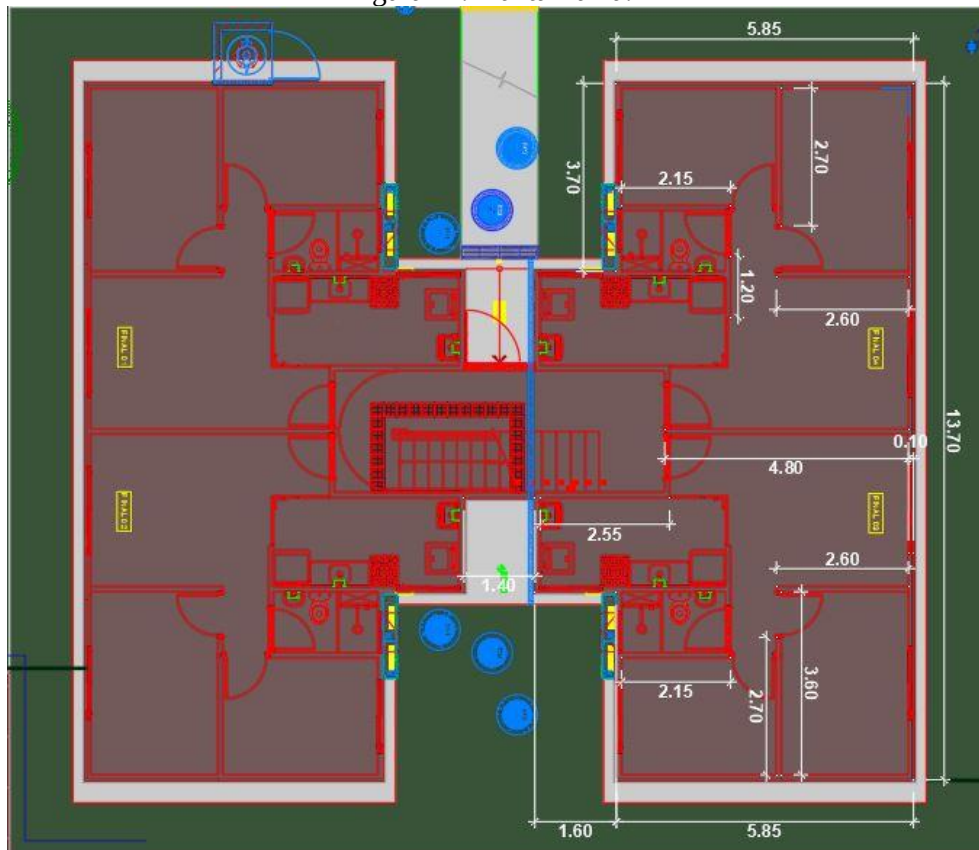
Dessa maneira, procedeu-se ao acompanhamento da execução de um empreendimento no qual foi implementado o uso de fibras de vidro, incorporadas no concreto usinado, em substituição parcial à malha de aço. O edifício piloto, objeto deste estudo, foi selecionado para a análise.

Neste contexto, considerou-se o primeiro passo do processo como a descrição e caracterização sucinta do edifício que recebeu o método inovador, delimitando assim o escopo do estudo. O edifício é composto por 3 pavimentos, sendo um térreo e dois pavimentos tipo, cada um com pé direito de 2,60 metros. A cobertura, que suporta o telhado, apresenta uma platibanda de 1,20 metros de altura, resultando em uma altura total do edifício de 9 metros.

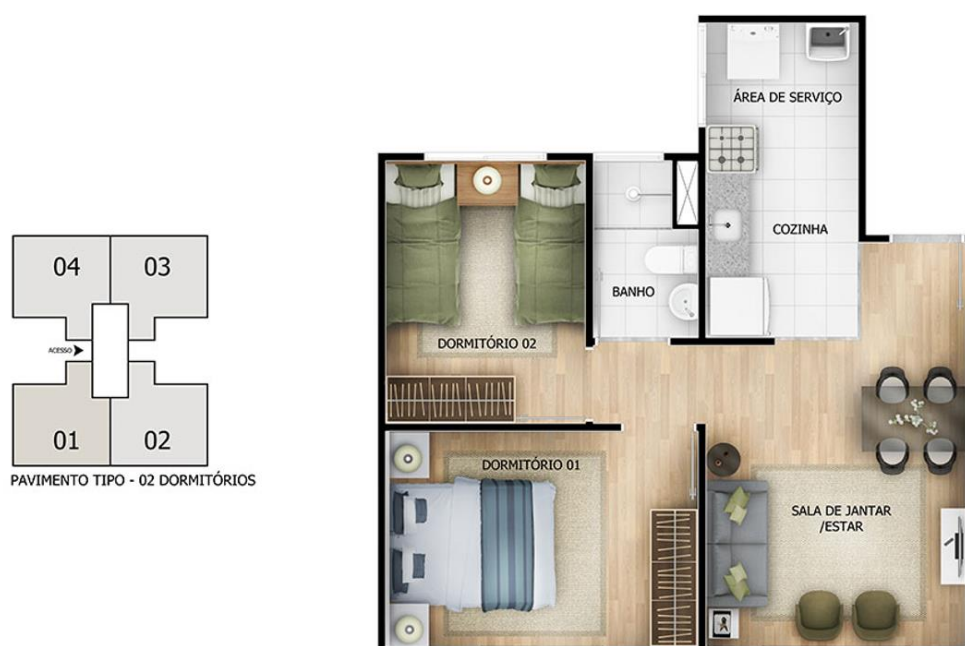
Cada pavimento, incluindo o térreo, possui uma área construída de 175,2 m², comportando 4 apartamentos por pavimento, cada um com área de 42,05 m², e um hall contendo a caixa de escada, caracterizando uma área comum. O edifício abriga, portanto, um total de 12 apartamentos.

Conforme demonstrado na planta baixa (Figura 23), são quatro apartamentos por pavimento (Final 01, Final 02, Final 03 e Final 04) + o hall de entrada onde se encontra as escadas de acesso aos pavimentos, totalizando 12 apartamentos por torre. A torre tem 3 pavimentos no total, Térreo + 2. A área dos apartamentos é de 42,05m² (Figura 24).

Figura 22. Planta Baixa.



Fonte: Acervo da Construtora, 2023.

Figura 23. Área dos apartamentos é de 42,05m²

Fonte: Acervo da Construtora, 2023.

Este estudo focará na análise da superestrutura do edifício piloto e no impacto da inovação nos custos diretos dessa superestrutura. Não serão analisados os custos de fundação e acabamento.

No método convencional, as paredes de concreto armado, possuem uma malha de aço em forma de tela, popularmente conhecida como tela (Q92), e a laje com dupla malha de tela (Q138), abrangendo as malhas positiva e negativa do sistema estrutural. Por outro lado, no método inovador, a malha de aço nas paredes foi substituída pela adição de fibras de vidro na composição do concreto usinado.

Dito isso, a seguir se encontra de maneira detalhada o método que foi utilizado para o acompanhamento e análise da etapa construtiva do edifício piloto.

- a: Definição dos Parâmetros de Análise:

- Tipos de Paredes: Foi identificado os dois tipos de paredes a serem estudadas com o objetivo de elaborar um estudo comparativo.

- b: Levantamento de Quantidades e Especificações:

- Listagem de Materiais: Foi compilado uma lista detalhada de todos os materiais empregados na superestrutura de ambos os sistemas construtivos (Tabela 1 e Tabela 2).

- Quantificação: Para os dois sistemas foi calculado as quantidades de materiais necessárias com base em projetos, especificações e acompanhamento da execução em obra (Tabela 1 e Tabela 2).

- c: Cotações de Preços:

- Obtenção de Cotações: Para as cotações de preço unitário dos materiais e serviços empregados nos dois métodos construtivos, delimitando a análise na superestrutura, foi utilizado como base as combinações da tabela Sinapi 2024.

- d: Mão de Obra:

- Custo da Mão de Obra: Para estimar os custos associados à mão de obra, considerando as habilidades necessárias para cada tipo de parede, foi novamente adotado como base as combinações da tabela Sinapi 2024.

- e: Estudo de Produtividade:

- Taxa de Produtividade: Foi analisado a produtividade em obra para cada tipo de parede, levando em conta o tempo de construção gasto pelas equipes de armação e concretagem, e exposto em horas trabalhadas.

- f: Desenvolvimento do Comparativo de Custos:

- Planilha de Custos: Foi elaborado uma planilha detalhada para cada tipo de sistema construtivo, incluindo todos os custos diretos identificados.
- Totalização e Comparação: Foi calculado o custo total para cada tipo de sistema e feito uma comparação clara.

- g: Apresentação e Análise de Resultados:

- Relatório Comparativo: Por fim, foi apresentado os resultados de forma clara e concisa, da comparação dos custos diretos de ambos os sistemas construtivos. Esta análise comparativa dos dados, conforme demonstrado nos resultados do estudo, ou seja, Comparativo Consumo de aço (tabela 1) e Comparativo de consumo de aço e fibra de vidro (tabela 2), onde os dados de preço unitário foram extraídos do site do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) 2024.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico é mostrado uma análise comparativa dos custos diretos inerentes ao sistema convencional de paredes de concreto armado em comparação aos custos do sistema de paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro, de uma obra realizado por empresa que demonstra forte atuação no ramo de habitações com interesse social.

5.1. COMPARATIVO - BLOCO DE ARMAÇÃO CONVENCIONAL X BLOCO COM ADIÇÃO DE FIBRA DE VIDRO.

O presente comparativo se deu devido ao fato do aço na época da pandemia ter aumentado muito seu custo, portanto, mesmo após este contexto pandêmico, o custo do mesmo se mostra mais elevado que as fibras de vidro.

Através da tabela 1, é verificado o levantamento em obra para construção do sistema convencional de paredes de concreto armado.

Tabela 1 – Levantamento do Consumo de aço - Bloco de armação convencional (Térreo + 2 pavimentos Tipo).

LOCAL: GOIÂNIA-GO						MOEDA:		REAL BRASILEIRO	
ESTUDO DE CUSTO									
CODIGO	ITEM	TIPO	DESCRIÇÃO	UNID.	QNT.	VALOR UNITÁRIO		CUSTO TOTAL	
21141	SINAPI	INSUMO / PAREDE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-92, (1,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 6,00 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	M2	170,00	R\$	13,94	R\$	34.836,06
21141	SINAPI	INSUMO / ARRANQUE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-92, (1,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 6,00 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	M2	18,00	R\$	10,83	R\$	2.865,62
7155	SINAPI	INSUMO / LAJE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-138, (2,20 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	80,00	R\$	16,14	R\$	18.980,64
39508	SINAPI	INSUMO / ESCADAS	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, L-159, (1,69 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,5 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 30 X 10 CM	M2	1,50	R\$	8,43	R\$	185,88
43127	SINAPI	INSUMO / PLATIBANDA	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-283 (4,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 6,0 MM, LARGURA = 2,45 X 6,00 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	8,00	R\$	33,14	R\$	3.897,26
89996	SINAPI	COMPOSIÇÃO / REFORÇO	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	1.014,35	R\$	10,24	R\$	10.386,94
						TOTAL		R\$	75.991,95

Fonte: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), adaptado pelo autor, 2024.

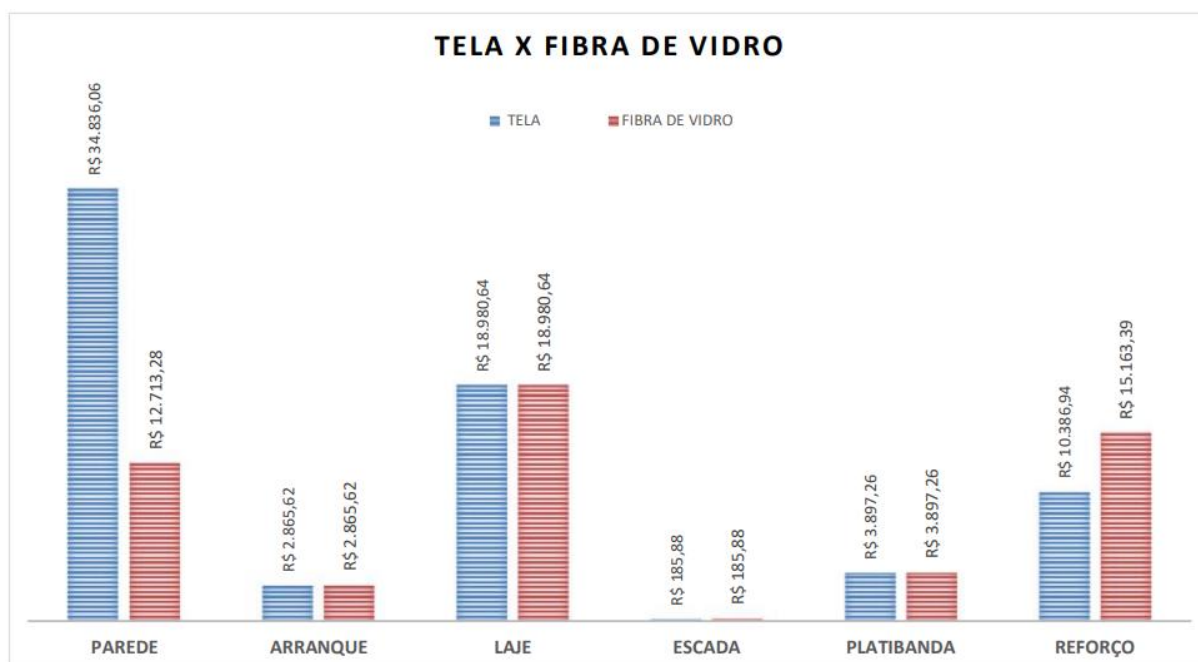
Já a tabela 2, verifica-se um comparativo do consumo de aço e fibra de vidro.

Tabela 2 - Levantamento do Consumo de aço e Fibra de Vidro - Bloco de concreto reforçado com fibras de vidro (Térreo + 2 pavimentos Tipo).

LOCAL: GOIÂNIA-GO						MOEDA:		REAL BRASILEIRO	
ESTUDO DE CUSTO									
CODIGO	ITEM	TIPO	DESCRIÇÃO	UNID.	QNT.	VALOR UNITÁRIO		CUSTO TOTAL	
FVD	COTAÇÃO	INSUMO / PAREDE	FIBRA DE VIDRO	KG	912,00	R\$	13,94	R\$	12.713,28
21141	SINAPI	INSUMO / ARRANQUE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-92, (1,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM,LARGURA = 2,45 X 60 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	M2	18,00	R\$	10,83	R\$	2.865,94
7155	SINAPI	INSUMO / LAJE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-138, (2,20 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	80,00	R\$	16,14	R\$	18.980,65
39508	SINAPI	INSUMO / ESCADAS	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, L-159, (1,69 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,5 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 30 X 10 CM	M2	1,50	R\$	8,43	R\$	185,88
43127	SINAPI	INSUMO / PLATIBANDA	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-283 (4,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 6,0 MM,LARGURA = 2,45 X 6,00 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	8,00	R\$	33,14	R\$	3.897,26
89996	SINAPI	COMPOSIÇÃO / REFORÇO	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	1.480,80	R\$	10,24	R\$	15.163,39
						TOTAL		R\$	56.809,58

Fonte: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), adaptado pelo autor, 2024.

Grafico 1 – Impacto dos insumos Aço x Fibra de Vidro.



Fonte: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), adaptado pelo autor, 2024.

O fato é que, com a retirada da tela Q92 das paredes no concreto reforçado com fibras de vidro, reduz-se também a mão de obra de armador, no qual trabalhava com 3 colaboradores no sistema convencional, e no processo realizado com a fibra de vidro, foi redistribuído para executar a armação com 2 colaboradores, reduzindo assim a mão de obra empregada no método construtivo.

Outro item de destaque é o lançamento de concreto, o qual tem seu custo maior em função da adição das fibras de vidro no concreto usinado o tornando menos trabalhável, ou seja, mais viscoso, o que exige maior potência da bomba lança (Tabela 3).

Tabela 3. Levantamento de materiais e mão de obra - Bloco de concreto reforçado com fibra de vidro (Térreo + 2 pavimentos Tipo).

LOCAL: GOIÂNIA-GO						MOEDA	REAL		
ESTUDO DE CUSTO						:	BRASILEIRO		
						LEI SOCIAIS	86,70%		
						SINAPI:			
CODIGO	ITEM	TIPO	DESCRIÇÃO	UNID.	QNT.	VALOR UNITÁRIO		CUSTO TOTAL	
FVD	COTAÇÃO	INSUMO / PAREDE	FIBRA DE VIDRO	KG	912,00	R\$	13,94	R\$	12.713,28
21141	SINAPI	INSUMO / ARRANQUE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-92, (1,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 60 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	M2	18,00	R\$	10,83	R\$	2.865,94
7155	SINAPI	INSUMO / LAJE	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-138, (2,20 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	80,00	R\$	16,14	R\$	18.980,65
39508	SINAPI	INSUMO / ESCADAS	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, L-159, (1,69 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,5 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 30 X 10 CM	M2	1,50	R\$	8,43	R\$	185,88
43127	SINAPI	INSUMO / PLATIBANDA	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-283 (4,48 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 6,0 MM, LARGURA = 2,45 X 6,00 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	8,00	R\$	33,14	R\$	3.897,26
38405	SINAPI	INSUMO	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 130 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	M3	176,00	R\$	587,26	R\$	103.357,76
88245	SINAPI	COMPOSIÇÃO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	96,00	R\$	25,36	R\$	2.434,56
44535	SINAPI	INSUMO	SERVICO DE BOMBEAMENTO DE CONCRETO COM CONSUMO MINIMO DE 40 M3, (DISPONIBILIZACAO DE BOMBA), SEM O LANCAMENTO	M3	176,00	R\$	56,55	R\$	9.952,80
CTTEC	COTAÇÃO	INSUMO	CONTROLE TECNOLÓGICO	UND	1,00	R\$	5.000,00	R\$	5.000,00
TORRE CONTENDO 3 PAVIMENTO (12 APARTAMENTOS)						TOTAL		R\$	179.855,14

Fonte: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), adaptado pelo autor, 2023.

Ao realizar um comparativo entre as três tabelas descritas acima, quanto ao sistema convencional de paredes de concreto armado, percebe-se que a substituição de toda malha Q92 por adição de fibra de vidro no concreto usinado é mais viável quanto ao custo, ou seja, financeiramente, pois o valor do aço, com os constantes aumentos se mantém menos competitivo, ou seja, teve um custo mais elevado ao se comparar com os custos do sistema com a adição de fibras de vidro, tendo um custo total de R\$ 56.809,58 (tabela 2) enquanto o

método convencional alcançou o custo total de R\$ 75.991,95 conforme demonstrado na (tabela 1). Portanto, fazendo uma análise comparativa entre as tabelas acima citadas, a parede de concreto com adição de fibras de vidro, em substituição parcial da malha de aço teve um custo de R\$ 19.182,63 à menos que a parede de concreto convencional.

Sendo assim, apresentando economia significativo no custo, o sistema com a adição das fibras de vidro, segundo Godlewski et al. (2021), ao melhorar a tecnologia do concreto através da incorporação de fibras de vidro, pode produzir materiais de concreto com alta tenacidade. As fibras são um material versátil disponível em diferentes tamanhos, formatos e volumes; portanto, eles devem ser adequadamente distribuídos dentro do concreto para atingir a resistência ideal à flexão e à tração. Os compósitos de cimento são frágeis, tornando-os suscetíveis a fissuras em níveis de tensão muito baixos. Como reforços, barras de aço, fibras e malhas têm sido amplamente utilizadas para resolver este problema.

Novos tipos de materiais entraram no mercado de materiais de construção e estruturas prontas relacionados com a redução sustentável e compensação das emissões de CO₂, a necessidade de reduzir o peso das estruturas, para aumentar a eficiência econômica da construção, e o desenvolvimento de materiais de construção leves e, em simultâneo, duráveis, como paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro (STEL'MAKH et al., 2021).

Os resultados deste estudo encontram-se de acordo com alguns estudos da literatura científica. Segundo Ahmad e Zhou (2022), as fibras têm sido utilizadas na produção de materiais de construção há muito tempo. Estudos e exames preliminares revelaram que a utilização de fibras naturais e sintéticas pode produzir resultados notáveis, uma vez que a sua presença demonstra vantagens substanciais em termos de propriedades mecânicas do material de concreto armado e compósito. O reforço de fibra natural é substancialmente mais benéfico em termos de energia e valores econômicos do que as barras de reforço convencionais porque a proporção de fibra necessária é significativamente menor no reforço de fibra natural do que no reforço tradicional. Recentemente, as fibras naturais e sintéticas têm sido investigadas pelo seu potencial como reforço em materiais de construção, particularmente concreto.

Portanto, no estudo destes autores demonstrou que a incorporação de fibras com prioridade às fibras de vidro em materiais de construção pode ajudar a aliviar esses problemas, ao mesmo tempo que promove soluções ecologicamente corretas e de longo prazo que são eficazes na indústria. (AHMAD; ZHOU, 2022).

O estudo de Marques (2019), também é semelhante a este estudo, o qual teve como objetivo identificar, por meio de estudo de caso, a utilização de paredes de concreto reforçado com fibras de vidro em substitutivo à parede de concreto convencional, para que seja obtida

uma redução do consumo de aço. Portanto, o estudo demonstrou que além de ser viável este procedimento, ocorre diminuição de fissuração. Os autores advertem que pode ocorrer fissuração mesmo na presença das fibras de vidro, devido a falhas durante o processo de concreto e exsudação/segregação. Além disso os autores mostraram que reduz a mão de obra, colabora na ajuda na segurança do trabalho pois, por não ter que utilizar tela, não existe a necessidade de andaimes, reduzindo assim o risco de acidentes. Assim como no estudo de Solanki e Pitroda (2013), também redução do consumo de aço na utilização de concreto reforçado com fibra e o concreto convencional.

O estudo de Solanki e Pitroda (2013), mostram as vantagens do sistema de paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro:

- Peso mais leve: Com a adição o concreto reforçado com fibra de vidro, concreto pode ser moldado em seções mais finas e, portanto, é até 75% mais leve do que peças similares moldadas com concreto tradicional.

- Alta resistência: o concreto reforçado com fibra de vidro pode ter resistência à flexão de até 4.000 psi e possui uma relação resistência-peso muito alta.

- Reforço: Como o concreto reforçado com fibra de vidro é reforçado internamente, não há necessidade de outros tipos de reforço, que podem ser difíceis de colocar em formas complexas.

- Consolidação: Para concreto reforçado com fibra de vidro pulverizado, não é necessária vibração. Para vazamento, vibração ou rolos são fáceis de usar para obter consolidação.

- Equipamento: Não é necessário equipamento caro para concreto reforçado com fibra de vidro vazado ou vibrado com revestimento facial.

- Resistência: o concreto reforçado com fibra de vidro não racha facilmente - pode ser cortado sem lascas.

- Acabamento superficial: Por ser pulverizado, a superfície não apresenta buracos ou vazios.

- Adaptabilidade: Pulverizado ou derramado em um molde, o concreto reforçado com fibra de vidro pode se adaptar a praticamente qualquer formato complexo, desde rochas até detalhes ornamentais finos.

- Durabilidade: A resistência dos compósitos de concreto reforçado com fibra de vidro totalmente envelhecidos diminuirá para cerca de 40% da resistência inicial antes do envelhecimento. A água não consegue entrar - não há rachaduras e esse é um material durável. O concreto reforçado com fibra de vidro, durará mais que o concreto pré-moldado, a pedra

fundida e até mesmo algumas pedras naturais. A durabilidade foi aumentada através do uso de cimentos de baixa alcalinidade e pozolanas.

- Sustentável: Por utilizar menos cimento do que o concreto equivalente e também utilizar frequentemente quantidades significativas de materiais reciclados (como uma pozolana), o concreto reforçado com fibra de vidro é qualificado como sustentável.

Para a sustentabilidade ambiental, a utilização sistema de paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro pode efetivamente diminuir o impacto ambiental negativo dos materiais de construção, portanto, é altamente sustentável (MEI et al., 2022; OSMAN et al., 2022; SHIMAMOTO; SUZUKI, 2019).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foi demonstrado uma análise comparativa dos custos diretos inerentes ao sistema convencional de paredes de concreto armado em comparação aos custos do sistema de paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro de um prédio de 3 pavimentos, construído por uma construtora que atua no ramo de habitações de interesse social. Portanto, foi demonstrado que a substituição parcial do aço empregado nas paredes por fibras de vidro incorporadas ao concreto usinado, se demonstrou uma solução mais viável financeiramente, e de acordo com a literatura e acompanhamento presencial em obra, paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro mostrou-se superior em comparação ao método tradicional não só em seu custo final, como também quanto a produtividade, no qual se teve redução no tempo de armação, ao qual impactou diretamente no lançamento do concreto usinado, que por sua vez gerou impactos no tempo de desforma, além da redução de mão de obra dos armadores, apresenta vantagens quanto a sustentabilidade, durabilidade, adaptabilidade, apresenta peso mais leve, alta tenacidade, consolidação, diminuição no uso de equipamentos, além de minimizar os impactos ambientais ao reduzir o consumo de aço. Essa redução significa ao mesmo tempo conservar matérias-primas e energia.

A indústria da construção procura continuamente materiais sustentáveis para combater o rápido esgotamento dos recursos globais e as crises ecológicas em curso. Os biocompósitos têm recebido recentemente atenção global em diversas indústrias devido à sua renovabilidade, baixo custo e biodegradabilidade.

O potencial dos biocompósitos como substituto sustentável na construção pode ser compreendido através da identificação das suas diversas aplicações. Ademais, é importante examinar os impactos ambientais do seu ciclo de vida. Portanto, este estudo é uma nova tentativa de abranger as aplicações de construção de biocompósitos e seu desempenho no ciclo de vida ambiental.

Em conclusão, este estudo explorou de forma abrangente o potencial sistema de paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro como uma alternativa viável economicamente, e além do custo, se demonstrou uma alternativa aos materiais e métodos tradicionais, incluindo propriedades frescas, propriedades mecânicas, durabilidade, condutividade térmica e propriedades acústicas.

REFERÊNCIAS

AHMAD, J.; ZHOU, Z. Propriedades mecânicas do concreto reforçado com fibra natural e sintética. **Elsevier**. v. 333, p. 1-27, 2022.

AHMAD, H. A Comprehensive Review on Construction Applications and Life Cycle Sustainability of Natural Fiber Biocomposites. **Sustainability**. v. 14, n. 23, p. 1-34, 2023.

AKCOME. **Produtos de alumínio na indústria da construção**. Disponível em: <<http://ps.akcome-al.com/aluminum-products-in-building-industry-product/>>. Acesso em: 1 mar. 2023.

INSTITUTO AMERICANO DE CONCRETO. **Requisitos do código de construção para concreto estrutural e comentários (ACI 318-14)**, Farmington Hills., MI, 2014.

AMIN, K.F. et al. Fiber Reinforced Concrete Composites and Their Applications in Modern Infrastructure. **Springer Singapore**. p. 271-297, 2022.

ARCELORMITTAL. **Soluções para paredes de concreto armado**. Disponível em: <<https://brasil.arcelormittal.com/>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ARUNACHALAM, K.P. et al. Experimental study on the mechanical properties and microstructures of cenosphere concrete. **Materials**. v. 16, p. 1-19, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. 2013. **Concreto Auto-Adensável**. Disponível em: <<https://abesc.org.br/concreto-e-auto-adensavel/>>. Acesso em: 8 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento Design. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16055 DE 10/2022** - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parede de concreto**: coletânea de aditivos 2007/2008. São Paulo: Comunidade da Construção, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADAS IMOBILIÁRIAS. **A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira**. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16935**: Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-14), **American Concrete Institute, Farmington Hills, MI**, 2014.

BUMANIS, G. et al. Environmental benefit of alternative binders in construction industry: life cycle assessment. **Environments**. v. 9, n. 6, p. 1-10, 2022.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Enic: Debate sobre habitação de interesse social e o déficit no país**. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

CHEN, L. et al. Recent developments on natural fiber concrete: A review of properties, sustainability, applications, barriers, and opportunities. **Developments in the Built Environment**. v. 16, p. 17, 2023.

DARWIN, D. et al. Design of concrete structures. **Fifteenth edition**. v. 12, p. 1-786, 2021.

Gil, A.C. **Como elaborar Projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

Gil, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

FANTILLI, A.P., MANCINELLI, O., CHIAIA, B. The carbon footprint of normal and high-strength concrete used in low-rise and high-rise buildings. *Case Stud. Constr. Mater.* v. 11, p. 1-7, 2019.

FARGHALI, M. et al. Strategies to save energy in the context of the energy crisis: a review. **Environ. Chem. Lett.** V. 21, 2003-2039, 2023.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FRANÇA E ASSOCIADOS PROJETOS ESTRUTURAIS. **Novo projeto de paredes de concreto moldadas in loco**.

GAN, V.J.L.; CHENG, J.C.P.; LO, I.M.C. A comprehensive approach to mitigation of embodied carbon in reinforced concrete buildings, **J. Clean. Prod.** v. 229, p. 582-597, 2019.

GODLEWSKI, T. et al. Design of passive building foundations in the Polish climatic conditions. **Energies**. v. 14, p. 2021.

GRIFFITHS, S. et al. Decarbonizing the cement and concrete industry: a systematic review of socio-technical systems, technological innovations, and policy options. *Renew. Sustain. Energy Rev.* v. 180, p. 1-3, 2023.

KAJASTE, R.; HURME, M. Cement industry greenhouse gas emissions Management options and abatement cost, **J. Clean. Prod.** v. 112, 4041-4052, 2016.

LAMEIRAS, R. de M. **Contribuição ao estudo das propriedades dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MACGREGOR, J.G.; MIRZA, S.A.; ELLINGWOOD, B. Statistical Analysis of Resistance of Reinforced and Prestressed Concrete Members, **J. ACI**, v. 80, n. 3, p. 167-176, 2013.

MACROFIBRA. **Por que usar macrofibras no concreto?** Disponível em: <<http://macrofibra.com.br/>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MARCONI M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2012.

MARQUES, J. B. **Análise comparativa de consumo de aço em parede de concreto convencional e com reforço em fibras de vidro**. 2019. Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2019.

MILLER, S.A. et al. Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050, **Cem. Concr. Res.** v. 114, p. 115-124, 2018.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Como construir: paredes de concreto**. 147. ed. São Paulo: Revista Técnica, 2009.

MONGE, R.; MAYOR, A. V.; SILVA, J. batista. **Concreto para habitação: sistemas construtivos, paredes de concreto, alvenaria estrutural e pré-fabricados de concreto**. São Carlos: CONCRETO & Construções, 2018.

NAKAMURA, J. Modelo seguro: quando bem especificados, fôrmas e escoramentos podem induzir ganhos de produtividade, além de agregar economia e qualidade à obra. Conheça as principais tecnologias disponíveis e suas aplicações. **Construções mercado e negócios de incorporação e construção**, 2021.

NÚCLEO DE REFERÊNCIA. **Núcleo Parede de Concreto**. Disponível em: <<https://nucleoparededeconcreto.com.br/gestao-dos-materiais-no-sistema-parede-de-concreto/>>. Acesso em: 30 abr. 2023

QIAN, X. et al. Carbon dioxide as an admixture for better performance of OPC-based concrete. **J. CO2 Util.** 25, 31-38, 2019.

RUTKOWSKA G., CHALECKI M., ŻÓŁTOWSKI M. Fly ash from thermal conversion of sludge as a cement substitute in concrete manufacturing. *Sustainability*. 2021;13:4182.

SANGADJI, S. Can self-healing mechanism helps concrete structures sustainable? **Procedia Eng.** v. 171, p. 238-249, 2017.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos d Índices da Construção Civil 1. Caixa Econômica Federal. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646>. Acesso em: 15. dez. 2023.

SOLANKI, J.; PITRODA, J. A study on glass fibre as an additive in concrete to increase concrete tensile strength. **GRA - Global Research Analysis**. v. 2, n. 2, p. 85-87, 2013.

STEL'MAKH, S.A. et al. Enchainment of the Coefficient of Structural Quality of Elements in Compression and Bending by Combined Reinforcement of Concrete with Polymer Composite Bars and Dispersed Fiber. **Polymers**. v. 13, n. 4347, p. 1-20, 2021.

YANG, K. et al. Effect of supplementary cementitious materials on reduction of CO₂ emissions from concrete, **J. Clean. Prod.** v. 103, p. 774-783, 2013.