



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Anderson Guedes Mendes

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE REFORÇO ESTRUTURAL –
REVISÃO DE LITERATURA**

PAU DOS FERROS – RN

2023

Anderson Guedes Mendes

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE REFORÇO ESTRUTURAL –
REVISÃO DE LITERATURA

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como
requisito para obtenção do
título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr.
Cláudio Rogerio Cruz de
Sousa.

PAU DOS FERROS – RN

2023

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

M538a Mendes, Anderson Guedes.
Análise comparativa entre métodos de reforço
estrutural - revisão de literatura / Anderson
Guedes Mendes. - 2023.
31 f. : il.

Orientador: Cláwsio Rogerio Cruz de Sousa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. concreto. 2. carbono. 3. inovação na
construção civil . I. de Sousa, Cláwsio Rogerio
Cruz , orient. II. Título.

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

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

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

Anderson Guedes Mendes

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE REFORÇO ESTRUTURAL –
REVISÃO DE LITERATURA

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como
requisito para obtenção do
título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 13/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cláwsio Rogerio Cruz de Sousa

Presidente

Eng. Ma. Talita Tássia da Costa

Membro Examinador

Eng. Me. Francisco Soares Roque

Membro Examinador

À minha família e amigos por estarem sempre me apoiando e dando forças nos momentos mais difíceis, me permitindo seguir nessa árdua e gratificante caminhada.

.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, Maria Adriana e Juciê, por serem essas pessoas inspiradoras na minha vida e meus verdadeiros heróis, sempre buscando o melhor para todos nós.

A minha irmã, Joyce Mendes, por estar presente e se mostrar prestativa nos momentos mais diversos.

Ao professor Dr. Cláwsio Rogerio Cruz de Sousa, pelo seu apoio no decorrer dessa graduação, me fazendo acreditar no meu potencial e sempre desenvolvendo um espírito de que podemos sonhar mais alto e fazer mais, basta querer.

Aos meus amigos, Bruno Dantas, João Paulo, Lucas Henrique, Lucas Vieira, Sanderson Thiago, entre tantos outros, que fizeram de Pau dos Ferros um verdadeiro lar para mim.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido juntamente com os docentes e todo o seu corpo técnico por me proporcionarem condições favoráveis para concluir a graduação com ensino de qualidade.

A todos que participaram, seja de forma direta ou indireta, no decorrer dessa jornada deixando sua contribuição da melhor maneira possível.

RESUMO

A indústria da construção civil tem buscado se aperfeiçoar e tentado evoluir seus materiais e métodos com o passar dos anos, nesse contexto de inovação se encontram as pesquisas para o aumento da resistência do concreto. Por meio da análise de estudos publicados sobre esse tipo de melhora do concreto, foi observada a alternativa da adição do carbono no concreto como sendo uma solução viável, porém um tanto onerosa para as obras que buscam uma alternativa menos invasiva em sua arquitetura. Essa técnica tem um alto potencial de implementação e crescimento no ramo, devido ao seu elevado número de benefícios.

Palavras-chave: Concreto; carbono; inovação na construção civil.

ABSTRACT

The construction industry has sought to improve itself and tried to evolve its materials and methods over the years, within this context of innovation is research into increasing the resistance of concrete. Through the analysis of published studies on this type of concrete improvement, the alternative of adding carbon to concrete was observed as a viable solution, although somewhat costly for works that seek a less invasive alternative in their architecture. This technique has a high potential for implementation and growth in the field, due to its high number of benefits.

Keywords: Concrete; carbon; innovation in civil construction.

Sumário

1 – INTRODUÇÃO.....	13
2 – OBJETIVO	14
2.1 – Objetivo Geral.....	14
2.2 – Objetivos Específicos.....	14
3 – REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 – Concreto de alta resistência	15
3.1.1 – Definição	15
3.1.2 – Desenvolvimento e aplicação.....	15
3.2 – Métodos de reforço estrutural do concreto armado	17
3.2.1 - Adição de armaduras.....	17
3.2.2 - Encamisamento com concreto de alto-desempenho	19
3.2.3 - Aplicação de chapas e perfis metálicos	20
3.2.4 - Aplicação de polímeros reforçados com fibras de carbono (PRFC).....	22
4 – METODOLOGIA.....	26
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 - Análise dos métodos de obtenção do concreto de alta resistência	27
5.2 – Análise dos métodos de reforço estrutural.....	29
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Viga sendo reforçada com adição de armadura.....	18
Figura 2: Adição de armaduras em pilar.....	18
Figura 3: Demonstração de passo a passo do processo de encamisamento de um pilar.....	19
Figura 4: Laje reforçada com chapas metálicas	20
Figura 5: Reforço com perfis metálicos.....	21
Figura 6: Compósito de fibra de carbono em sua forma comercial	22
Figura 7: Aplicação de PRFC em pilar	25
Figura 8: Relação do consumo de cimento por cada faixa de resistência à compressão	27
Figura 9: Custo do concreto por cada faixa de resistência.....	28
Figura 10: Vantagens e desvantagens dos métodos de reforço estrutural	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : Métodos de dosagem do concreto de alta resistência	16
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Ficha técnica de um fabricante de PRFC	23
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

DMC – Dimensão Máxima Característica

NBR – Norma Brasileira

PRFC - Polímero Reforçado com Fibra de Carbono

1 – INTRODUÇÃO

O concreto é o segundo material mais consumido no mundo, ficando atrás apenas da água (Revista OE, 2012). Na indústria da construção civil encontramos diversas finalidades para o concreto, cada finalidade requerendo uma gama de características específicas desse material.

No entanto, esse leque de exigências nem sempre é atendido de maneira natural, sendo necessários processos e pesquisas laboratoriais que buscam um melhor aperfeiçoamento e diversificação desse material.

No campo da construção civil já existem diversos tipos de aditivos para o concreto, cada qual com sua finalidade, mas um ramo que está no advento da sua exploração é a busca por elementos que auxiliem no reforço estrutural do concreto. Diversos materiais e maneiras de realizar esse reforço estão sendo pesquisados para atingir esse objetivo.

Nesse contexto estão inclusas as pesquisas com carbono. Seja por meio de fibras (Bronze, 2016) ou nanotubos (Batiston, 2012), o carbono tem despontado como um forte candidato para o futuro das tecnologias ligadas ao aperfeiçoamento das estruturas de concreto.

A realização dessas pesquisas necessita de modelos e normas que efetivem esses ensaios. Com isso, faz-se necessário comprovações da real eficiência desses ensaios, assim como, uma explanação mais difundida dos resultados gerados pelos mesmos.

2 – OBJETIVO

2.1 – Objetivo Geral

O objetivo a ser alcançado nesse trabalho é realizar uma análise, por meio do estudo de bibliografias, acerca dos métodos de aumento da resistência estrutural do concreto e suas demais alternativas no meio da construção civil.

2.2 – Objetivos Específicos

- Analisar a viabilidade do reforço estrutural do concreto por meio de polímeros reforçados com fibra de carbono em diferentes ocasiões;
- Apresentar algumas das tecnologias e metodologias existentes utilizadas no desenvolvimento de concretos com altas resistências estruturais.

3 – REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 – Concreto de alta resistência

3.1.1 – Definição

Inicialmente deve-se entender que existe uma diferença e até mesmo uma certa dualidade na utilização dos termos concreto de alta resistência (CAR) e concreto de alto desempenho (CAD).

O CAD é um material bem mais abrangente, pois o seu desempenho elevado pode estar associado à diversas propriedades do concreto. Algumas das propriedades que podem ser melhoradas são: facilidade de concretagem, compactação sem segregação, propriedades reológicas e resistência inicial ou final (Barros, 2016), ou seja, pode-se dizer que um concreto de alto desempenho é aquele otimizado para atender uma certa necessidade exigida.

Já o CAR está estritamente ligado à melhoria da resistência do concreto. Alguns autores discordam sobre o valor inicial para que o concreto seja considerado de alta resistência. Um dos motivos dessa divergência é a variação da resistência do concreto comercializado em cada região, pois em regiões onde a resistência do concreto comercial é de 62 MPa só é considerado CAR um concreto com resistência entre 83 MPa e 103 MPa, em outros casos, onde a resistência comercial do concreto é de 34MPa, um concreto de 62 MPa já é considerado de alta resistência (Alves, 2000).

A ABNT NBR 8953 (2015) divide o concreto em duas grandes classes, I e II, sendo a primeira para concretos com resistência de até 50 MPa e a segunda para concretos com resistência superior a esse valor, sendo os últimos chamados comumente de concreto de alta resistência.

3.1.2 – Desenvolvimento e aplicação

Segundo Alves (2000) o concreto de alta resistência pode ser desenvolvido de diversas maneiras, seja por meio de adições ou pela sua forma de dosagem no momento de sua produção. Os métodos de dosagem se dividem em 2 grandes grupos que seriam: os baseados no critério de volume absoluto e os baseados na otimização do esqueleto granular. Dentro desses 2 grupos temos os seguintes métodos:

Quadro 1: Métodos de dosagem de concreto de alta resistência

Métodos baseados no critério do volume absoluto	Métodos baseados na otimização do esqueleto granular
Método Nawy Método Aitcin	Método Mehta e Aitcin Método de Larrard Método Domone e Soutsos Método Torralles Carbonari Método O'Reilly Dias

Os métodos baseados no volume absoluto seguem a mesma abordagem do método ACI/ABCP, tendo como critério o volume absoluto para quantificar os materiais utilizados. Já os métodos baseados na otimização do esqueleto granular, tem como critério a busca pelo menor índice de vazios possível (ALVES, 2000).

Entrando no campo das adições ao concreto, existem diversas pesquisas que buscam essa melhoria com os mais variados tipos de materiais de diferentes origens. É nesse ramo que estão inclusas as pesquisas da fabricação do concreto adicionado de fibras dos mais variados tipos. Os tipos de fibras que mais são estudadas atualmente são: a de carbono, vidro e aramida.

3.2 – Métodos de reforço estrutural do concreto armado

No decorrer dos anos tem-se tornado mais comum o termo reforço estrutural, isso se deu pois houve um aumento da rigorosidade sobre o desempenho e eficiência das construções em geral, assim como, uma maior preocupação na área das manutenções prediais. Com esse aumento, fez-se necessária a reformulação de tecnologias de reforço estrutural já conhecidas, assim como, o surgimento de novas possibilidades para o atendimento das novas demandas provenientes do mercado.

Entende-se como reforço estrutural toda intervenção que visa aumentar o desempenho do concreto no seu aspecto estrutural, acrescentando-o uma maior resistência ou rigidez (Gabardo, 2019).

Segundo Silva (2006) a utilização de um reforço em uma estrutura de concreto se faz necessária por 3 principais motivos que seriam:

- correção de falhas ocorridas tanto na fase de projeto quanto na fase de execução;
- aumento da capacidade portante da estrutura, ou seja, quando há mudança no uso da estrutura ou para restabelecimento da sua capacidade portante original, perdida devido acidentes ou deterioração;
- ou ainda por motivo de concepção arquitetônica ou de utilização, como o corte de uma viga.

Entre as tecnologias utilizadas como reforço pode-se elencar 4 como sendo as mais relevantes na indústria da construção civil atualmente, e são essas 4 que serão abordadas mais detalhadamente a seguir.

3.2.1 - Adição de armaduras

Esse tipo de reforço é o mais comum no universo da construção civil, pois é bem prático, sua aplicação ocorre por meio do recobrimento da estrutura já existente com uma nova armadura que é posteriormente complementada e coberta por concreto, buscando como efeito uma melhoria nas resistências ao momento fletor e/ou ao esforço cortante.

Um dos maiores impecílios desse método é o aumento da seção transversal do elemento estrutural que ocorre após realizado, ou seja, se não houver espaço disponível para esse aumento, o método se torna inviável.

As figuras 1 e 2 evidenciam o emprego desse método em duas ocasiões distintas, a

primeira numa viga e a segunda em um pilar.

Figura 1: Viga sendo reforçada com adição de armadura



Fonte: Saraiva, 2015

Figura 2: Adição de armaduras em pilar

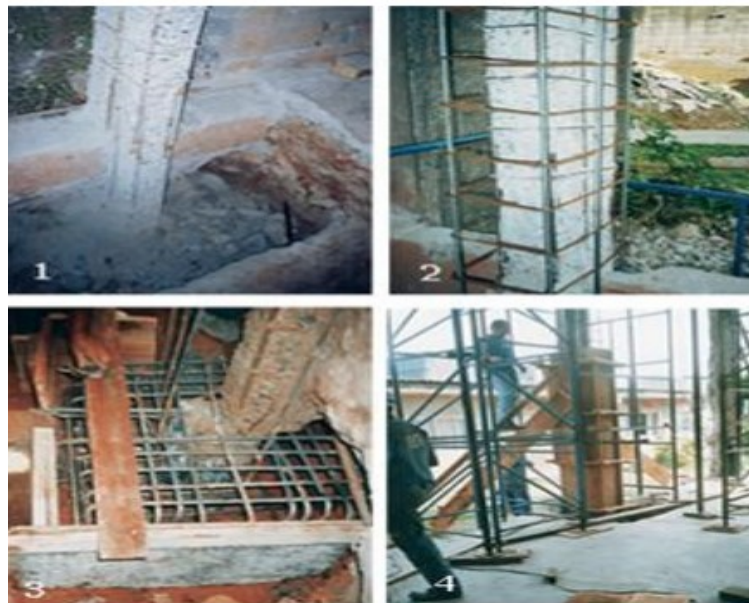


Fonte: Bronze, 2016

3.2.2 - Encamisamento com concreto de alto-desempenho

O elemento estrutural que faz uso desse tipo de reforço é o pilar. Como dito anteriormente, o CAD pode potencializar diversas características na estrutura em que está sendo empregado, de acordo com o seu processo de desenvolvimento. Nesse caso, as características que serão adquiridas pela estrutura já existente são: alta resistência e baixa tenacidade, com isso, torna-se possível menores dimensões na camisa a ser realizada (Silva, 2006).

Figura 3: Demonstração de passo a passo do processo de encamisamento de um pilar



Fonte: Saraiva, 2015

3.2.3 - Aplicação de chapas e perfis metálicos

A execução dessas técnicas ocorrem sempre de forma externa à estrutura já existente. Nas figuras 4 e 5, são demonstradas as duas maneiras de aplicação desse método. Os responsáveis pela junção desse tipo de reforço com a estrutura são os adesivos époxi com necessidade em algumas ocasiões do auxílio de chumbadores parabolt e são justamente nas junções que se encontram as patologias relativas às questões de aderência mais comuns. Esses defeitos ocorrem por efeito do esforço cortante superficial na junção do aço com o adesivo e pela tensão cisalhante na junção do adesivo com o concreto (Silva, 2006).

Buscando evitar ou minimizar esses defeitos alguns cuidados devem ser tomados na aplicação desse método:

- “- Não exceder a espessura máxima de cola que é de 1,5 mm;
- Não ultrapassar a espessura de 3 mm das chapas, salvo quando utilizados dispositivos de ancoragem especiais (buchas metálicas expansivas, em particular);
- Não superar em 50% o incremento a ser obtido nos esforços resistentes, comparada à situação anterior ao reforço.” (Silva, 2006, p. 54)

Figura 4: Laje reforçada com chapas metálicas



Fonte: Zucchi, 2015

Figura 5: Reforço com perfis metálicos



Fonte: Zucchi, 2015

3.2.4 - Aplicação de polímeros reforçados com fibras de carbono (PRFC)

Em meio aos tipos de reforços, os polímeros reforçados com fibras, mostrado na figura 6, são os que têm despertado o maior interesse dos pesquisadores, tendo um grande destaque para a fibra de carbono, devido ao seu grande potencial nesse ramo da engenharia estrutural. O PRFC sempre pode ser pensado como uma solução em ocasiões que necessitam reforço estrutural, pois o seu processo de instalação é prático e não gera resíduos, outra vantagem desse método é sua elevada resistência à corrosão, eliminando assim, cuidados que são necessários na realização do método de reforço com chapas metálicas.

Figura 6: Manta feita de compósito de fibra de carbono em sua forma comercial



Fonte: Bronze, 2016

Tabela 1 : Ficha técnica de um fabricante de PRFC

Dados técnicos (unidireccional)	200 g/m²	300 g/m²	400 g/m²
Módulo elástico [kN/mm ²]	240	240	240
Resistência a tração [N/mm ²]	3800	3800	3800
Gramagem da fibra [g/m²] (direção principal)	200	300	400
Gramagem por unidade de área de manta [g/m ²]	230	330	430
Densidade [g/cm ²]	1.7	1.7	1.7
Extensão de rotura [%]	1.55	1.55	1.55
Espessura para cálculo (Gramagem da fibra/densidade) [mm]	0.117	0.176	0.234
Seção transversal teórica de cálculo por 1000mm largura [mm ²]	117	176	234
Factor de redução para cálculo (Laminação manual/UD)	1.2 (recomendado por S&P)	1.2 (recomendado por S&P)	1.2 (recomendado por S&P)
Força de tração última 1000 mm de largura [kN]	$\frac{117 \times 3800}{1.2} = 370.5$	$\frac{176 \times 3800}{1.2} = 557.3$	$\frac{134 \times 3800}{1.2} = 744.0$

Força de tração para 1000 mm largura a 0,6% ε para o cálculo [kN]	140	211	282
Embalagens: (Mantas especiais sob pedido)	Largura: 300 ou 600 mm Comprimento: 150 m	Largura: 300 ou 600 mm Comprimento: 150 m	Largura: 300 ou 600 mm Comprimento: 100 m
Aplicação:	• Reforço à flexão • Reforço de carga axial em pilares • Reposição de cintas em pilares		

Fonte: Bronze, 2016

Seu uso e desenvolvimento na área da construção civil teve início na década de 90 no Japão, onde é bastante utilizado para reforçar estruturas do sistema rodoviário como pontes e viadutos (Bronze, 2016).

A grande desvantagem do emprego dessa tecnologia é o seu elevado custo em relação aos outros métodos aqui citados anteriormente, com essa diferença podendo chegar a 50% (Saraiva, 2015). Além do custo, outras desvantagens desse método são a baixa resistência ao fogo e à exposição aos raios ultravioletas.

Porém, a praticidade no seu processo de instalação citada anteriormente pode compensar a relação custo-benefício desse método, visto que o custo elevado está atrelado apenas à aquisição do material (o compósito de fibra de carbono demonstrado na figura 6), tendo assim, uma compensação na contratação da mão-de-obra e na aquisição de equipamentos necessários para aplicação do reforço (BRONZE, 2016).

Figura 7: Aplicação de PRFC em pilar



Fonte: Saraiva, 2015

Algumas outras razões que tornam o uso do PRFC vantajoso são:

- Elevada razão resistência/peso, podendo ser cinco vezes mais leves que o aço, com resistências à tração 8 a 10 vezes mais altas.
- Módulo de elasticidade e resistência à tração mais altos dentre as fibras (carbono, aramida e vidro), proporcionando boa rigidez ao reforço.
- Excelente comportamento à fadiga, fundamental em aplicações de cargas cíclicas.
- Não são afetadas por solventes, ácidos e bases, à temperatura ambiente.
- São capazes de manter seu módulo de elasticidade e resistência à tração quando submetidas a altas temperaturas, no entanto, oxidam e se degradam quando submetidas a altas temperaturas.
- São imunes à corrosão, podendo ser aplicadas em ambiente marinho sem prejudicar a durabilidade do sistema.” (ZUCCHI, 2015, p. 35)

4 – METODOLOGIA

Para realização desta pesquisa, foram selecionados documentos científicos datados do ano 2000 até os dias atuais. Sendo esses documentos de diversos tipos como por exemplo: periódicos do CAPES, teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos científicos e trabalhos de graduação. O critério principal dessa seleção foi a abordagem ao tema deste trabalho, o reforço estrutural do concreto por meio de algum método já tradicional ou pela adição de carbono.

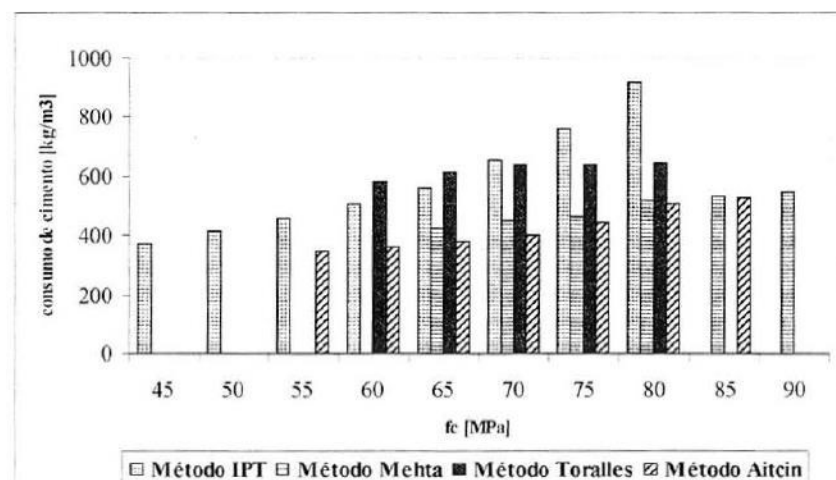
Após a montagem do acervo bibliográfico, foi feita a análise dos métodos apresentados nos trabalhos estudados, sendo destacadas as vantagens e desvantagens de cada um. Por fim, foi dado o parecer acerca dos métodos abordados e suas tecnologias.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - Análise dos métodos de obtenção do concreto de alta resistência

Alves (2000) faz uma análise comparativa de alguns dos métodos que cita em seu trabalho, incluindo nessa análise o método IPT que é um método de dosagem convencional, diferentemente dos outros que se tratam de métodos de dosagem específicos para concretos de alta resistência.

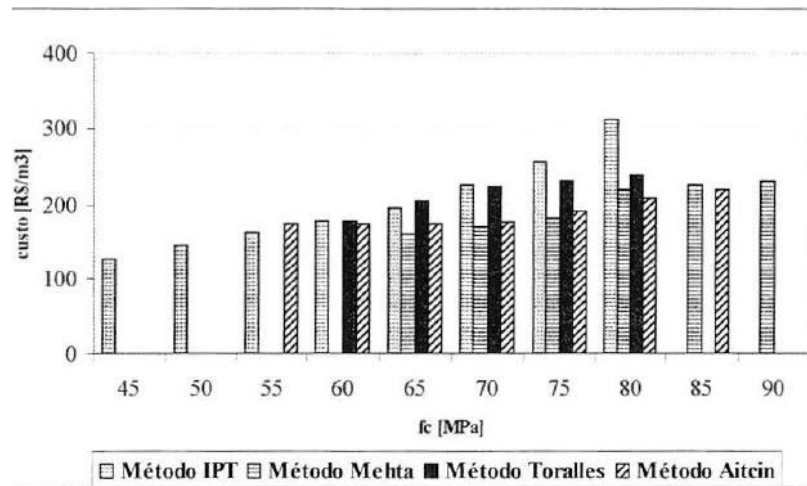
Figura 8: Relação do consumo de cimento por cada faixa de resistência à compressão



Fonte: Alves, 2000

Pela figura 8, pode-se observar que cada método atingiu um intervalo específico de resistência à compressão. O Método IPT abrange uma faixa que vai de 45MPa a 80 MPa, o Método Mehta/ Aitcin abrange uma faixa de 65 MPa a 90 MPa, enquanto que o Método Toralles Carbonari abrange o intervalo de 60 MPa a 80 MPa e o Método Aitcin de 55 MPa a 85 MPa.

Figura 9: Custo do concreto por cada faixa de resistência



Fonte: Alves, 2000

Analisando a figura 9, pode-se ver que nem sempre o método que apresentou menor consumo de cimento também apresenta o menor custo em determinada faixa. Um ponto que chamou atenção é que o método IPT se apresenta de forma eficiente no intervalo de 45 MPa – 55MPa, intervalo esse dito de concretos convencionais, para o qual ele foi desenvolvido, em contrapartida a partir da faixa de 60MPa ele se torna um pouco oneroso, visto que, ele não foi desenvolvido para esse tipo de situação.

5.2 – Análise dos métodos de reforço estrutural

Zucchi (2015) em suas discussões faz uma breve, mas esclarecedora, comparação entre os métodos apresentados anteriormente, elencando os pontos negativos e positivos de cada tecnologia.

Figura 10: Vantagens e desvantagens dos métodos de reforço estrutural

Tipo de Reforço	Vantagens	Desvantagens
Concreto Armado	• Materiais de uso comum e de fácil acesso • Técnica corriqueira nos canteiros de obra	• Interferência arquitetônica/ aumento de sessão • Cuidado com a aderência das camadas • Suspensão do uso da estrutura para execução do reforço e para ganho de resistência • Sujeira e nível elevado de ruído
Perfis Metálicos	• Execução rápida e simples	• Visibilidade do elemento estrutural prejudicada • Manutenção recorrente
Polímero Reforçado com Fibras de Carbono	• Resistência à tração elevada • Baixo peso específico • Elevado módulo de elasticidade • Para aplicação de cargas cíclicas • Imunes à corrosão • Maior quantidade de produtores • Opção de se usar os laminados	• Custo elevado

Fonte: ZUCCHI, 2015

Com isso, pode-se afirmar que cada necessidade pode ser atendida de uma forma, não existindo uma que seja totalmente absoluta, mas sim uma que atende cada caso, se tornando eficiente em uma determinada ocasião mas já em outras não.

Outra afirmação que pode ser feita é de que o PRFC apresenta maior eficácia que os outros métodos, tendo contra si somente o fato de ter um custo relativo total mais alto.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim desse trabalho a primeira conclusão que se pode ter é de que a busca por novas tecnologias envolvidas na ciência dos materiais empregadas na construção civil deve ser constante, sempre visando melhores resultados e buscando ter condições de atender todas as necessidades que a construção civil possa apresentar, seja por motivos de segurança ou estéticos.

Sobre os métodos de reforço estrutural, pode-se afirmar que os mais tradicionais têm uma aplicação mais restrita se comparados ao método de reforço com carbono. O único ponto negativo para o reforço com carbono ainda é o seu elevado custo de investimento, em contrapartida, seus resultados são bastante satisfatórios, se mostrando um método realmente eficiente para ser aplicado na construção civil.

Portanto, como o objetivo desse trabalho era de realizar uma análise dos métodos de reforço estrutural e apresentar as vantagens e desvantagens de cada um, consideram-se atingidos os objetivos e satisfatórios os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Martha Figueiredo. **Estudo comparativo de métodos de dosagem para concreto de alta resistência**. 2000. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. 3 ed. Rio de Janeiro, 2015. 3 p.

BARROS, Laerte Melo. **Concreto de alta resistência a partir de matérias-primas amazônicas e vidro reciclado**. 2016. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

BEBER, Andriei José. **Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono**. 2003. 289 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BRONZE, R.A. **Estudo comparativo: uso do sistema de fibras de carbono e sistema convencional para o reforço de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

BATISTON, E.R. **Incorporação de nanotubos de carbono em matriz de cimento Portland**. 2012. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Brasil.

GABARDO, Bianca Paola. **Desempenho de concreto com reforço de tecido de fibra de carbono**. 2019. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2019.

SARAIVA, Victor Alexandre Henrique Silva. **Sistema de recuperação e reforço estrutural de concreto armado**. 2015. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Rio de Janeiro, 2015.

Segundo material mais consumido no mundo é tema de evento. Revista OE, 2012. Disponível em: <https://revistaoe.com.br/segundo-material-mais-consumido-no-mundo-e-temade-evento/>. Acesso em: 22 de out. de 2020.

SILVA, Erick Almeida da. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2006. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2006.

ZUCCHI, Fernando Luiz. **Técnicas para o reforço de elementos estruturais**. 2015. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.