



A utilização da limalha de ferro como fibra afim de substituir agregado miúdo em concreto convencional

The use of iron shavings as fiber to replace fine aggregate in conventional concrete

Fabio Luiz Bucholdz Dimbarre¹, Paulo Henrique Carvalho Mello², Gustavo de Miranda Saleme Gidrão³

RESUMO

A utilização da Limalha originado pela usinagem do ferro, foi adicionada com o objetivo de se estudar seu comportamento como fibra, em corpos de prova analisando os comportamentos de compressão, trabalhabilidade e módulo de elasticidade estático. Sendo o comportamento de trabalhabilidade aprimorado pela ancoragem em espiral da Limalha no estado fresco e aumentando a tenacidade de um concreto convencional e sua resistência à compressão no estado endurecido. Para o estudo desenvolvido foram seguidas algumas etapas, como a pré-seleção da Limalha, para obter uma melhor qualidade do material derivado da usinagem foi feita a retirada de impurezas e geometrias que não fossem em espiral, e definindo o traço, sendo T1 concreto convencional, T2 T3 e T4 a substituição parcial da areia por diferentes teores da Limalha, calculados a partir do consumo do cimento. Por fim, foi realizado o levantamento dos dados comparativos, identificando os melhores teores de incorporação, onde a fibra substitui parcialmente a quantidade de agregados miúdos, resultando em ambos os traços na boa coesão final do concreto, além disso T4 se mostrou mais adequado, se comportando de formas mais elástica e maior ganho de resistência à compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto Reforçado. Limalha. Materiais.

ABSTRACT

The use of iron machining chips was added with the aim of studying their behavior as fibers in test specimens, analyzing their performance in terms of compression, workability, and static modulus of elasticity. Workability was improved by the spiral anchoring of the shavings in the fresh state, increasing the toughness of conventional concrete and its compressive strength in the hardened state. Several steps were followed in the developed study, including the pre-selection of the shavings to obtain better quality material derived from machining, the removal of impurities and non-spiral geometries, and the definition of the mix proportions. Specifically, T1 represents conventional concrete, while T2, T3, and T4 involve the partial replacement of sand with varying proportions of shavings, calculated based on cement consumption. Finally, comparative data were collected, identifying the optimal levels of incorporation where the fiber partially replaces the quantity of fine aggregates, resulting in good overall cohesion in both mixtures. Additionally, T4 proved to be more suitable, exhibiting a more elastic behavior and greater gains in compressive strength.

KEYWORDS: Reinforced Concrete. Metal Shavings. Materials.

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados em todo o mundo, e seus componentes são constantemente ajustados para melhorar sua adequação em diversas aplicações. Isso é particularmente evidente em elementos estruturais, nos quais o concreto

¹ Voluntário da UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: dimbarref@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 4807397617286334.

² Docente no Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: paulohcm123@gmail.com. ID Lattes: 3255681163912110.

³ Docente no Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: gidrao@utfpr.edu.br. ID Lattes: 5358252672517976.



convencional (composto por areia, agregado graúdo, água e cimento) muitas vezes não consegue suportar os diferentes tipos de esforços aos quais está exposto.

Afim de abranger outras propriedades, como tenacidade durante a ruptura, o concreto pode ser beneficiado com aditivos, adições minerais, concreto armado, entre outros, incluindo o estudado por este artigo, concreto reforçado com fibras (CRF) que é processado com materiais compósitos utilizados desde o tempo do antigo Egito, com fibras orgânicas para o preparo de blocos em edificações (FIGUEIREDO, 2011). As fibras podem variar desde suas geometrias, como previsto pela ISO 3685:2017, e também de seus materiais, sendo assim ainda podem alterar os resultados esperados pelo concreto.

Influenciado pelas características das fibras, a atuação das mesmas pode ser dividida em duas etapas, a primeira onde a fibra proporciona a ductilidade necessária para o concreto evitar as fissurações iniciais, e a segunda onde evita o alongamento das fissurações, funcionando como pontes de distribuição de tensões, costurando o concreto (GUIMARÃES, 2011), esta função ainda pode ser amplificada devido as ancoragens, dobras na fibra que dificultam o seu escorregamento durante as fissurações do concreto.

Mesmo assim, o estudo destes materiais deve-se a uma atenção relacionada à homogeneização, uma vez em que as fibras dificultam a trabalhabilidade do concreto através do seu entrelaçamento, prejudicando sua boa distribuição e com isso a correta transferência de tensões bem como a previsão de seu comportamento (DUTRA, 2012).

Com estas observações, novos tipos de fibras tem sido estudadas, agora com mais um intuito, o de se empregar materiais recicláveis no concreto e que possam substituir agregados miúdos, onde a sua extração é prejudicial ao meio ambiente. Ainda, para que os mesmo tragam benefícios e substituam as limitações de outros materiais (LYRA; et al. 2021).

O exemplo estudado neste trabalho, é o emprego de Limalha de Ferro derivado da usinagem, quando substitui parcialmente o agregado miúdo (areia) do concreto convencional. Esta comparação possui os parâmetros analisados, esforço de compressão de corpos de prova, trabalhabilidade e módulo de elasticidade estático.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de entender o comportamento da fibra em substituição do agregado miúdo, um concreto convencional como referencia foi gerado com os seguintes materiais: areia média como agregado miúdo, brita 1 e brita 0 como agregados graúdos, água, cimento (CPII-F-32) e Limalha de ferro. Como apresentada as devidas dosagens de cada traço na tabela 1 abaixo. O material Limalha de ferro pode ser observado na Figura 1.

Tabela 1 – Consumo de materiais (kg/m³)

Traço		Fator a/c	Cimento	Resíduos	Areia	Brita
T1	0 %	0,5	489,71	0,00	959,83	1332,00
T2	5 %	0,5	489,71	24,49	935,34	1332,00
T3	10 %	0,5	489,71	48,97	910,86	1332,00
T4	15 %	0,5	489,71	73,46	886,37	1332,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).



Figura 1 – Limalha de Ferro



Fonte:Elaborado pelo autor (2023).

O traço inicialmente foi elaborado a partir de um pré-estudo realizado por Camargo (2020), buscando a resistência mecânica de compressão de 30 MPa para concreto estrutural. Em seguida foram realizadas as incorporações de limalha de aço em substituição ao agregado miúdo, utilizando os teores em relação ao peso de cimento, nos valores de 5%, 10% e 15%.

Após a confecção do concreto, foi observado a sua trabalhabilidade através do *Slump-Test* de Abatimento de Tronco de Cone, normatizado pela NM 67 (1996). Através deste teste, além da trabalhabilidade é possível identificar a homogeneização do concreto.

Após o *Slump-Test*, os corpos de prova de tamanho 10 cm por 20 cm são moldados e mantidos em cura na câmara úmida por 28 dias, até as realizações dos ensaios de Módulo de Elasticidade Estático (método destrutivo) onde se obtém a curva tensão deformação, e o módulo é dado pela inclinação da reta tangente que liga as medições de 0,5MPa e 0,3fc. Para o ensaio de módulo de elasticidade, foi utilizado o mesmo equipamento e procedimento do qual foi realizado o ensaio de compressão, realizado através da prensa hidráulica padronizado pela norma NBR 5739 (2018), uma vez que o módulo é retirado da curva tensão deformação.

Figura 2 – Ensaio de compressão e módulo de elasticidade



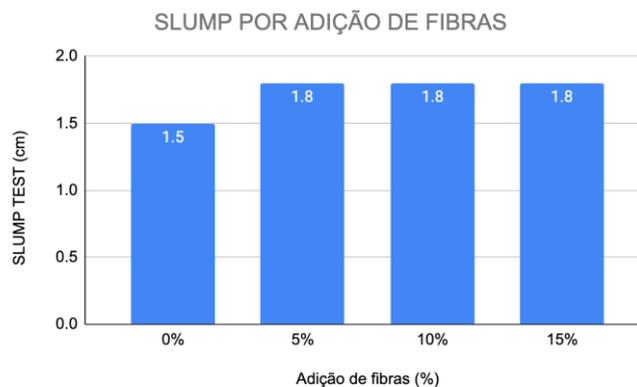
Fonte:Elaborado pelo autor (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, a partir dos resultados obtidos e apresentados no Gráfico 1 pelo *Slump-Test* é possível observar que ao adicionar a fibra no concreto, o material ganhou trabalhabilidade quando comparado ao traço referencia, o que diverge das expectativas anteriormente citadas por DUTRA (2021). Em seguida, os traços seguintes (10% e 15%) se estabilizaram em 1,8 cm, o que pode resultar pela superfície da fibra ser mais lisa que a da areia, proporcionando o melhor deslizamento das partículas de agregados e argamassa sobre a fibra.

Além disso, o material apresentou boa coesão como visto na Figura 3, não apresentando desmoronamentos durante o teste, o que poderia ser um fator negativo mencionado pela norma do ensaio.

Gráfico 1 – Slump vs. Adição de fibras



Fonte:Elaborado pelo autor (2023).

Figura 3 – Slump-Test



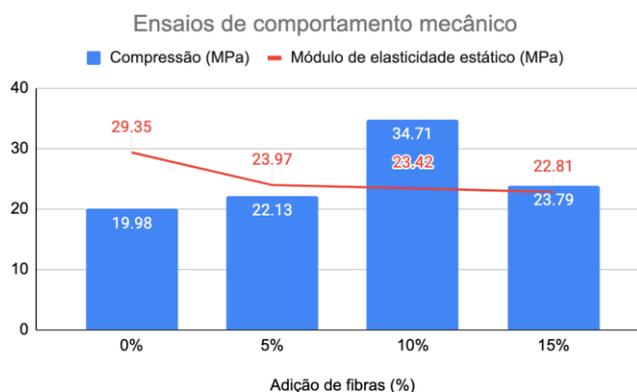
Fonte:Elaborado pelo autor (2023).

Para a análise em propriedades no estado endurecido, após 28 dias, inicialmente foram obtidos os dados do módulo de elasticidade estático e em seguida a compressão. Seus resultados podem ser observados no Gráfico 2. Apresentando aumento da resistência até a substituição de 10% por fibra, já para o módulo de elasticidade houve uma queda



linear entre as substituições, tornando o material menos rígido, ou mais deformável quando aplicada maior carga.

Gráfico 2 – Compressão e módulo vs. Adição de fibras



Fonte:Elaborado pelo autor (2023).

CONCLUSÃO

Através dos resultados coletados, é possível observar que a fibra proporcionou uma boa coesão no concreto em seu estado fresco, e no estado endurecido houve um salto considerável em duas partes. Primeiro, o salto da adição de 5% (T2) em relação à referência, aumentando a resistência e tornando o concreto mais deformável antes de sua ruptura, diminuindo o módulo de elasticidade. Sendo a substituição mais expressiva. Outro contraste foi a perda abrupta de resistência do T3 para T4, mesmo com o seu módulo diminuindo, ainda assim menos significativo que T2, sendo o melhor resultado.

Com este estudo, a limalha beneficiou propriedades como ductilidade e resistência do concreto, comprovando que um estudo elaborado da utilização de um material de reuso pode além de substituir agregados miúdos, atribuir melhora em propriedades do concreto, um valor benéfico ambiental e de aprimoramento da resistência aos esforços solicitados.

Agradecimentos

Agradeço à Deus pela oportunidade deste estudo, em conjunto com todo o corpo Docente e a instituição UTFPR-GP, pelo compartilhamento do conhecimento, incentivo à pesquisa e proporcionando toda a sua estuara e materiais. Agradeço também aos meus colegas que contribuíram durante os experimentos, auxiliando na concretagem e ensaios.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.



REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Antonio Domingues. **Redação de Artigos Científicos: CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-18052012-112833/publico/TeseLivreDocenciaAntonioFigueiredo2011.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

GUIMARÃES, Diego. **Redação de Artigos Científicos: Avaliação das propriedades de concreto reforçado com fibras de aço para utilização em pisos industriais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/149264>. Acesso em: 19 set. 2023.

DUTRA, V. F. P. **Redação de Artigos Científicos: UM MODELO CONSTITUTIVO PARA O CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO VIA TEORIA DA HOMOGENEIZAÇÃO**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/56585>. Acesso em: 19 set. 2023.

LYRA, Max *et al.* **Redação de Artigos Científicos: SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS DO CONCRETO POR PARTICULAS PLÁSTICAS – UMA REVISÃO**. CONAPESc Digital: UFRJ, [s.d.]. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2021/TRABALHO_EV161_MD1_SA106_ID21_07_29092021223707.pdf. Acesso em: 19 set. 2023.

COMITÉ MERCOSUR DE NORMALIZACION. **NM 67:96** - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone . 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 5739** - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR ISO 3685** - Ensaio de vida da ferramenta de ponta única para torneamento. 2017.