

Utilização do rejeito Unbleach Kraft Pulp (UKP), da indústria de celulose, na fabricação de concreto

Renata de Oliveira Gama
UnilesteMG
renaolgama@yahoo.com.br

Fabrcio Moura Dias
UnilesteMG
fmdias2@hotmail.com

RESUMO

O concreto é um material com sua utilização difundida no setor de construção civil. Alternativas que visam modificar as propriedades físico-mecânicas dos concretos são objetos de constantes pesquisas, vale destacar, a adição de fibras sintéticas e vegetais. O rejeito UKP, proveniente do rejeito de depuração da indústria celulósica, tratado e descartado em aterros sanitários possui grande quantidade de fibras de eucalipto. Sendo assim, este trabalho apresenta o estudo da propriedade de resistência à compressão em concreto de baixa resistência manufaturado com rejeito UKP. Para comparação, foram manufaturados corpos-de-prova de concreto padrão sem adição de fibras. Os corpos-de-prova foram ensaiados com idade de sete e vinte e oito dias seguindo os documentos normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.

Palavras-Chave: Concreto. Resistência à compressão. Fibra vegetal. Rejeito UKP.

1. INTRODUÇÃO

A busca a cada dia da redução dos descartes industriais e o aumento do aproveitamento das matérias primas, vem mostrando oportunidades de recuperação dos resíduos.

A área da construção está crescendo rapidamente nos últimos anos. O concreto, por exemplo, é o material mais utilizado no país por apresentar grande facilidade de fabricação e moldagem no estado fresco, e por possuir excelente resistência à compressão. Só que, é considerado um material frágil e com baixa resistência a tração na flexão. Uma alternativa extremamente promissora é a adição de fibras à matriz cimentícia.

O rejeito da depuração denominado UNBLEACH KRAFT PULP (UKP), considerados rejeitos da produção que devem ser tratados e descartados em aterros sanitários, é rico em fibras de eucalipto. São geradas na ordem de 10 a 20 toneladas por dia desse resíduo, segundo BUSTAMANTE (2003). Uma das oportunidades deste trabalho é evidenciar e citar oportunidades de utilização do resíduo produzido na fábrica de celulose.

A adição de fibras acarreta uma melhoria da ductilidade e da tenacidade do concreto, através de um processo de controle da propagação das fissuras, como conseqüente aumento da capacidade após a fissuração. Os benefícios podem ser o retardo no aparecimento de fissuras e uma melhoria do comportamento pós-fissuração.

Sendo assim, o presente trabalho objetiva: produzir um compósito de matriz cimentícia com adição de fibra de eucalipto existente no rejeito UKP, caracterizar este compósito quanto à resistência à compressão e comparar os valores com concreto padrão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. REJEITO UKP (UNBLEACH KRAFT PULP)

A interação das variáveis da matéria-prima do processo de preparação dos cavacos contribui para a não uniformidade da polpa. O sistema de depuração tem como objetivo remover seletivamente os contaminantes da polpa, separando as fibras de qualidade para a fabricação do papel (BUSTAMANTE, 2003). As partículas removidas vão para o sistema de rejeito para serem descartadas, e dentre essas fibras está o rejeito UKP, que é uma fonte de fibras de Eucalipto, tratado e descartado em aterros sanitários.

O rejeito após a passagem na prensa possui o aspecto granulado com feixes de fibra desagregados de cor marrom. O rejeito sai com uma consistência de aproximadamente 28%.

As indústrias de papel e celulose são responsáveis pela geração de grande quantidade de resíduos sólidos, efluentes hídricos e emissões gasosas que são lançados no meio ambiente (RODRIGUES, 2004).

Define-se como resíduo das indústrias florestais, sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico ou químico, e que não são incorporadas ao produto final. No caso da celulose, a casca, a lama de cal, o lodo biológico, o resíduo celulósico e a cinza de caldeira resultante da queima de biomassa, e os resíduos que são produzidos ao longo do processo de produção, são genericamente classificados como resíduos (RODRIGUES, 2004).

2.2. ADIÇÃO DE FIBRAS EM CONCRETO

A utilização de fibras, naturais ou artificiais, como reforço de pastas, argamassas e concretos, permite a obtenção de compósitos que, apresentam menor massa específica aparente, valores satisfatórios de resistência à tração e ao impacto, maior controle da fissuração, além de comportamento dúctil na ruptura.

As adições de fibras vêm sendo incorporadas em matrizes frágeis para melhorar as propriedades do compósito, reduzindo o número de fissuras. Esta adição acarreta uma melhoria da ductilidade e da tenacidade do concreto, através de um processo de controle da propagação das fissuras, com conseqüente aumento da resistência à tração e à flexão.

A incorporação de fibras produz ainda um aumento da capacidade portante após a fissuração, colaborando para que o compósito seja capaz de absorver uma maior quantidade de energia, que é dissipada sob forma de deformação, arrancamento e ruptura das fibras.

As fibras podem ser classificadas como naturais e artificiais. As mais utilizadas em compósitos são: as fibras de sisal, de coco, bagaço de cana de açúcar, bambu, fibras de madeira, de bananeira, bem como as fibras de aço, polipropileno, nylon, vidro carbono entre outras.

As propriedades mecânicas dos concretos reforçados com fibras são:

- Trabalhabilidade

Apesar do ganho de desempenho conferido pelas fibras no que se refere à contenção da propagação das fissuras quando o concreto se encontra no estado endurecido, a adição de fibras alteram as condições de consistência do concreto e, conseqüentemente, a sua trabalhabilidade (FIGUEIREDO, 2000).

- Resistência à compressão

A adição de fibras ao concreto não objetiva alterar a resistência à compressão. Alguns trabalhos apontam uma redução nos valores obtidos para a resistência à compressão como consequência da má compactação obtida do material (FIGUEIREDO, 2000).

As fibras, por si só, têm pouco efeito nas propriedades mecânicas estáticas, particularmente quando se usa pouca quantidade de fibras, como é de praxe. A resistência à compressão (Figura 1), não aumenta mais que 25%, mesmo com grande volume de fibras de aço (2% em volume) (THOMAZ, 2002).

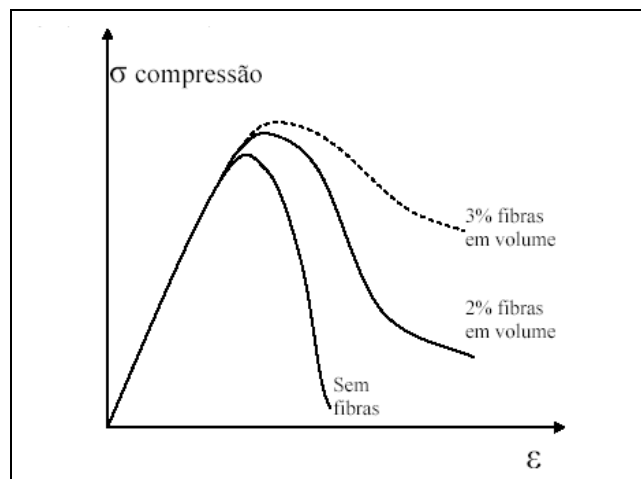


Figura 1. Resistência à compressão de concreto com adição de fibra. Fonte: TOMAZ (2002)

Da mesma forma que a tenacidade medida no ensaio de tração na flexão, a tenacidade medida na compressão e o controle da fissuração apresentará um ganho quando da utilização de um teor maior de fibras, ou mesmo fibras com maior fator de forma (FIGUEIREDO, 2000).

- Resistência à tração e à flexão do concreto

Através do mecanismo de interação fibra-matriz e do grampeamento de fissuras, é possível entender como é feita a transferência das tensões de tração e flexão da matriz para as fibras. Essa transferência é responsável pela maior resistência à tração, à flexão, ao impacto e à tenacidade esperados do compósito (PERUZZI, 2002).

A Figura 2 apresenta esquematicamente o mecanismo de interação fibra-matriz.

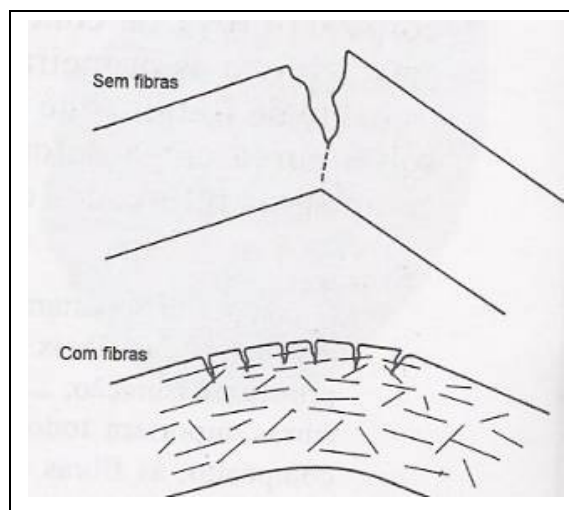


Figura 2. Interação fibra-matriz. Fonte: (METHA E MONTEIRO, 1994)

2.2.1. INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA NO DESEMPENHO DO CONCRETO

Para SAVASTANO JÚNIOR (2000), compósitos reforçados com fibras de baixo módulo tendem a se romper devido ao arrancamento das fibras do interior da matriz e não em função da sua ruptura. Isso é explicado pelas altas deformações suportadas por este tipo de fibra antes da ruptura, incompatível com as deformações da matriz, aliada à resistência de aderência fibra-matriz inferior à resistência à tração da fibra.

Outro aspecto importante, de acordo com SILVA (2003), é o retardamento da pega do cimento, pela presença de substâncias de caráter ácido, liberadas pela fibra vegetal em solução aquosa, essas substâncias não fazem parte da estrutura da fibra; são genericamente chamadas de extrativos e incluem resinas, polifenóis, óleos e graxas. O mesmo efeito de retardamento pode ser gerado pela presença de açúcares na estrutura vegetal, rapidamente liberados na presença de água.

A Figura 3 mostra a representação de uma fissura atravessando um compósito reforçado com fibras, onde: o número (1) representa uma fibra rompida; o (2) representa uma fibra arrancada; enquanto o (3) representa uma fibra íntegra atravessando a fissura. A fibra (2) exemplifica um caso onde a fibra escorrega da matriz. No caso (3) a mesma fibra se apresenta íntegra, absorvendo parcialmente a energia a qual o material está submetido. Deve-se atentar para o caso de descolamento apresentado na interface (SILVA, 2003).

O autor afirma ainda que, dessa forma, a estrutura interna dos compósitos e sua interação, que por sua vez, é função da aderência entre fibra e matriz, influem de forma significativa no seu desempenho e na sua durabilidade. A aderência é influenciada em grande parte pelas características da zona de transição.



Figura 3. Representação esquemática de uma fissura através de um material compósito reforçado com fibras.
Fonte: (SILVA, 2003)

3. METODOLOGIA

Foram estudados concretos manufaturados com adição de fibras de eucalipto contidos no rejeito UKP. Vale ressaltar que este rejeito é composto de fibras de eucalipto.

Confeccionaram-se 4 corpos de prova (CP's) para cada traço, resultando num total de 16 CP's para a realização dos ensaios de resistência à compressão (f_{ck}) NBR 7215 (1991), e moldados conforme a NBR 5738 (1994).

Foi coletada uma amostra de rejeito UKP (Figura 4), proveniente do processo Kraft, correspondentes a cavacos de madeira de eucalipto obtidos da linha de depuração da Celulose Nipo-Brasileira S.A. – CENIBRA. Localizada na cidade de Belo Oriente, Minas Gerais.



Figura 4. Rejeito UKP.

As fibras existente no rejeito UKP foram empregadas em teores de 6% , 8% e 1% da massa total de sólidos, no traço de concreto de baixa resistência à compressão, 1: 2,5: 2,34: 0,65 (cimento, areia, brita e fator água/cimento), respectivamente, segundo RESENDE (2003).

Após a amostragem foi feito no laboratório LCTmat, do UnilesteMG, a determinação do teor de umidade da fibra e moldados os CP's para determinação da resistência.

A determinação do teor de umidade foi feita até conseguir uma massa constante, conforme apresentado pela NBR 14819 (2002).

Os CP's foram rompidos com idades de 7 e 28 dias. Não adotou-se a idade de 3 dias porque o concreto com adição de fibra não apresentou resistência para essa idade.

Os agregados foram mantidos por agitação constante durante 5 minutos. Depois de misturado, o concreto foi despejado no carrinho e submetido a um teste de abatimento de cone para a análise da sua consistência, segundo a norma NBR 7223 (1986) que pode ser ilustrado pela Figura 5.



Figura 5. Teste de Abatimento de cone (Slump Test).

Em seguida os CP's foram levados à câmara úmida, conforme Figura 6, até idade estabelecida, de onde foram retirados e rompidos no ensaio de compressão.



Figura 6. Câmara úmida para cura dos CP's.

A Figura 7 ilustra a realização do ensaio de compressão na prensa hidráulica.



Figura 7. Ensaio de compressão, CP padrão

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, está detalhado o resultado da determinação de umidade realizado no rejeito UKP:

Tabela 1. Teor de umidade.

| Tempo (h) | Umidade (%) |
|-----------|-------------|
| 5 | 60 |
| 24 | 62,75 |

Observou-se que o rejeito UKP ao ser levado para o pátio onde é estocado possui um alto teor de umidade, explicando assim seu alto consumo de água e a aglomeração gerada no concreto quando utilizado úmido.

A Figura 8 mostra o comportamento dos CP's no ensaio de resistência à compressão. Pode-se observar que as fibras presentes no rejeito são muito curtas.



Figura 8. CP's submetidos ao ensaio de resistência à compressão.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de resistência à compressão nas idades de 7 e 28 dias de cura para os concretos manufaturados com o rejeito UKP padrão, 6% e 8% .

Tabela 2. Resultados dos ensaios de resistência à compressão.

| Amostras | Resistência à Compressão (MPa) | |
|----------|--------------------------------|---------|
| | 7 dias | 28 dias |
| Padrão | 23,8 | 44,7 |
| 6% | 0,9 | 9,8 |
| 8% | 0,3 | 5,2 |

Na Figura 9 são apresentados os resultados médios obtidos pelo ensaio de resistência a compressão dos concretos citados acima.

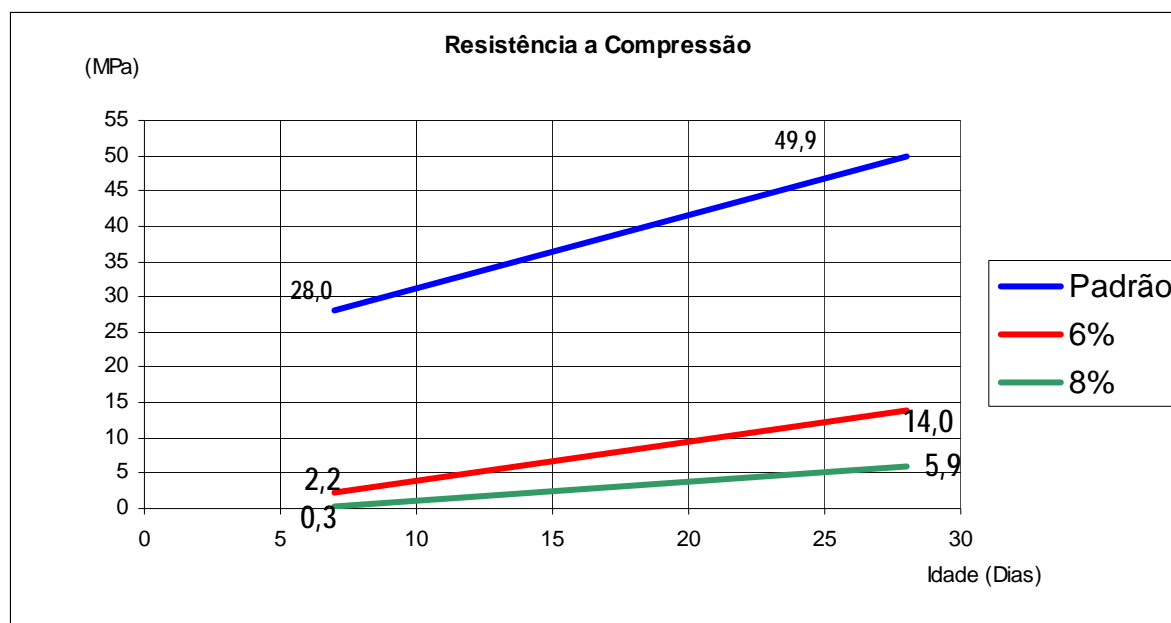


Figura 9. Comparação entre os valores médios obtidos no ensaio de resistência à compressão.

Na Tabela 2 e na Figura 9 observa-se que o concreto denominado padrão apresentou uma resistência muito maior em relação aos CP's com a utilização do rejeito. Essa diferença de resistência pode ser explicada devido ao excesso de fibra nos corpos de prova, pois quanto maior a quantidade de fibra menos resistente é o concreto.

Outro fator relevante é a umidade muito alta da fibra utilizada para a realização desses CP's, durante a produção do concreto observou-se que a fibra não aderiu à massa, formando aglomerados, gerando assim um maior fator água/cimento.

Diante dos resultados não satisfatórios, optou-se então por secar o rejeito e utilizar apenas 1%. A Figura 10 apresenta os valores médios obtidos na resistência à compressão.

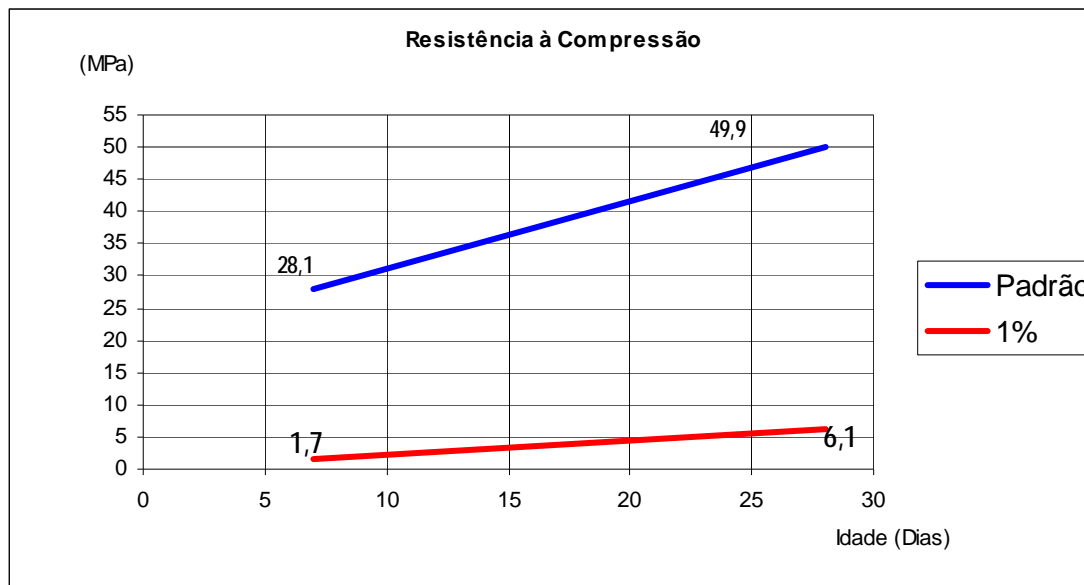


Figura 10. Valores obtidos no ensaio de resistência à compressão para 1% de rejeito.

Na Figura 10 observou-se que os resultados obtidos com a utilização de 1% de rejeito UKP também não foram satisfatórios.

O trabalho serviu com um indicativo grandioso para uso do resíduo de celulose em pasta de cimento.

Com isso, para melhor desenvolvimento deste trabalho serão necessários os seguintes estudos: avaliar a fração volumétrica ótima de fibra, verificar por microscopia eletrônica de varredura a eficiência de ligação na interface fibra-matriz, caracterizar demais propriedades físico-mecânicas do concreto com a adição de fibra de eucalipto, ensaio de abrasão de ‘Los Angeles’, ensaios de expansão em autoclave, ensaio de reação álcali agregado.

É recomendado também um tratamento prévio da fibra, como por exemplo, “lavagem em água fria, lavagem em água quente seguida por imersão em solução a 5% de cal, e imersão em solução a 5% de soda cáustica” (BERALDO, 2003), bem como a caracterização do resíduo e o comportamento da argamassa celulósica e a avaliação de seus efeitos na qualidade ambiental.

Outra recomendação é a utilização desse material nessas condições como contrapiso e sua utilização na construção de tijolos já que a resistência de um tijolo convencional é inferior a encontrada no projeto.

5. CONCLUSÃO

Os valores de resistência à compressão obtidos para os concretos manufaturados com adição de rejeito UKP foram baixos e muito inferiores aos valores apresentados pelo concreto padrão sem rejeito UKP.

O rejeito UKP modificou a trabalhabilidade do concreto e dificultou a homogeneização entre os constituintes do mesmo.

A fração volumétrica de 1% demonstrou ser ineficiente para obtenção de um concreto com distribuição uniforme e aleatória das fibras, devido à existência de fibras muito curtas presentes no rejeito UKP. Tornam-se necessários estudos de pré- tratamento da fibra bem

como sua utilização em pasta de cimento com variações de volume de fibras em quantidade inferior a 1% de volume, assim como, análise microscópica da ligação interface fibra-matriz.

Os corpos-de-prova não apresentaram aderência entre os constituintes do concreto e da fibra, observou-se uma retenção de água não processando a cura no período igual ou menor que 7 dias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14819 – Chapa de madeira aglomerada. Parte 3: métodos de ensaios. Rio de Janeiro. 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215 – Cimento portland: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7223 - Determinação da consistência pelo abatimento de cone. Rio de Janeiro. 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro. 1994.

BERALDO, A L. Ensaio não destrutivo aplicado à argamassa com adição de fibra de sisal. Rio de Janeiro. PANNDT. 2003.

BUSTAMANTE, H. H.; Finalidades para o Rejeito UKP/BKP na Indústria de polpação Kraft de Eucalipto. 2003. 32f. Monografia. (Especialização em Tecnologia de Celulose e Papel). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FIGUEIREDO, A. D.; Concreto com fibras de aço. 2000, 70f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRIFFIN, M.S. Utilización de materias primas vegetales para la producción de materiales de construcción: análisis crítico. 1994. Trabajo Especial (Agregado) - Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

METHA, P. K. ; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.

PERUZZI, A. P. Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento Portland modificada com látex e adição de sílica ativa. 2002. 111f. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

RODRIGUES, C. M., Efeito da aplicação de resíduo da indústria de papel nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa do Pinus Taeda L.. 2004. 21f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SAVASTANO JÚNIOR, H. Materiais a base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. 2000, 152f. (Tese Livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, A. C.; JOHN, W. M.; Compósitos reforçados com fibras de celulose (CRFC): aspectos relativos à durabilidade. 2003. 16f. (Boletim Técnico). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

THOMAZ, E. C. S.; CRF - Concreto Reforçado com Fibras - Mito e Realidade. Nota de Aula, Rio de Janeiro, Instituto Militar de Engenharia, 2002.