

# ANÁLISE PORESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO DE FIBRAS DE FIQUE\*

Michelle Souza Oliveira<sup>1</sup>  
Fábio Da Costa Garcia Filho<sup>2</sup>  
Luana Cristyne Da Cruz Demosthenes<sup>3</sup>  
Artur Camposo Pereira<sup>4</sup>  
Fernanda Santos da Luz<sup>5</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>6</sup>

## Resumo

Questões globais como a poluição e o aquecimento do planeta estão renovando o interesse dos materiais naturais em substituição aos sintéticos. As fibras naturais adquiridas através de plantas vêm sendo estudadas como materiais de engenharia, pois têm apresentado boas características como reforço em compósitos poliméricos. A fibra de fique é retirada da folha da planta de fique (*Furcraea andina*) e possui algumas de suas características mecânicas conhecidas, onde os resultados dessas pesquisas observaram seu bom desempenho. Com o intuito de compreender a interação que ocorre entre a fibra de fique e a matriz polimérica é necessário avaliar características físicas e químicas da mesma a partir da espectroscopia de infravermelho. O Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foi utilizado para revelar as bandas de absorção mais típicas de interações moleculares específicas das fibras de fique, a fim de compreender a interação que ocorre entre a fibra de fique e a matriz epoxídica.

**Palavras-chave:** Tecido de fique; FTIR; Grupos funcionais.

## INFRA-RED SPECTROSCOPY ANALYSIS OF FIQUE FIBERS

### Abstract

Global issues such as pollution and global warming are renewing the interest of natural materials as a substitute for synthetic materials. The fibers were acquired as sources of knowledge as engineering materials. The fiber is found in the leaf of the fique plant and has some known mechanical characteristics, where the results of the research observed its good performance. In order to understand an interaction that occurs between a fique fiber and a polymer matrix, chemical and mineral fibers in the same way as infrared spectroscopy. Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) was used to reveal the most typical absorption bands of specific molecular interactions of the fibers, an interaction process that occurs between a fique fiber and an epoxy matrix.

**Keywords:** Fique fabric; FTIR; Functional groups.

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro de Materiais, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheira Civil, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Formação/graduação, titulação, cargo/função, setor/departamento, Instituição de trabalho e/ou estudo, cidade, estado e país.

<sup>4</sup> Engenheiro Metalúrgico, Mestre em Ciência dos Materiais, Doutorando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheira de Materiais, Doutora em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

<sup>6</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Ph.D em Materials Science and Engineering, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década passada, as fibras vegetais têm sido um assunto de amplo interesse para várias aplicações industriais. Razão pela qual um grande número de pesquisas foi desenvolvido em que, entre outras coisas, o potencial das fibras naturais é estudado como reforço de materiais compósitos com matriz polimérica [1,2]. As fibras naturais lignocelulósicas (FNLs) são renováveis, estão disponíveis em abundância e podem ser incineradas no final da vida útil do material sem a adição de poluição do ar, uma vez que a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada durante a incineração é insignificante em relação à quantidade absorvida pela planta ao longo de sua vida. Além dos aspectos ambientais, as fibras vegetais são mais baratas em comparação às sintéticas [3,4].

No entanto, elas apresentam algumas desvantagens, como incompatibilidade com algumas matrizes poliméricas, menor resistência mecânica se comparado com as fibras sintéticas, variação dimensional e alta absorção de umidade [2]. Pesquisas anteriores demonstraram que uma fibra natural muda suas dimensões quando a sua umidade varia. Isto é explicado pelo fato de que os polímeros que compõem suas paredes contêm hidroxilos e outros grupos químicos com oxigênio que atraem água em todas as ligações de hidrogênio [5]. A alta adsorção de umidade na superfície devido à característica hidrofílica da fibra causa incompatibilidade com matrizes poliméricas hidrofóbicas [6].

A fibra de fique nativa da Colômbia extraída por meios mecânicos das folhas da planta fique apresenta características semelhantes às fibras de sisal e é utilizada na fabricação de sacos e embalagens para agricultura, em indústrias de transporte e construção [5,7]. A modificação de superfície da fibra [1,2] e degradação térmica [8], bem como propriedades de flexão [6,17] e tração [3,9] de compósitos reforçados com fibras fique foram preliminarmente investigados. A análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) é um indicativo sobre a possibilidade de integração de fibras como matrizes de polímeros e compósitos ambientais. Os picos dos espectros de FTIR são atribuídos a contribuições moleculares que permitem interpretar possíveis interações. A Tabela 1 apresenta algumas importantes bandas de absorção de infravermelho características das amostras de lignina [10-16].

**Tabela 1.** Bandas de adsorção FTIR da lignina

Pico (cm <sup>-1</sup> )	Origem da banda
3450-3400	O-H alongamento
3050-2840	Alongamento C-H (alifático + aromático)
1740-1710	C = alongamento (grupos cetona, éster ou carboxílicos não conjugados)
1675-1660	C = O alongamento em conjugação ao anel aromático
1605-1600	Vibrações do anel aromático
1515-1505	Vibrações aromáticas do anel
1470-1460	Deformações C-H
1430-1425	Vibrações aromáticas do anel
1370-1365	Deformações C-H
1330-1325	Anel natural de siringil
1275-1270	Anel natural de guaiacil
1230-1220	C-C, C-O trecho

1172	C-O estiramento de grupos éster conjugados em ligninas de gramíneas
1085-1030	Deformações C-H, C-O
835	C-H fora do plano em unidades p-hidroxifenil

Portanto, o presente estudo analisou a fibra de fique por meio da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). O espectro apresentou as principais bandas de transmissão típicas de interações moleculares específicas da fibra de fique.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi o tecido de fique (*Furcraea andina*) disponível no comércio local na Colômbia. A Figura 1 ilustra o aspecto da fibra. Nesta figura é mostrado umamecha de fibras de fique, Fig. 1 (a), e na forma de tecido com arranjo simples, Fig. 1 (b). Um diâmetro equivalente médio de 0,18 mm e uma densidade média de 667 kg/m<sup>3</sup> para a fibra de fique, foram relatados em outros lugares [19].

(a)

(b)

**Figura 1.** (a) Aspecto da fibra de fique e (b) tecido de fique disponível no comércio local na Colômbia.

A análise de FTIR foi conduzida em um modelo IR Prestige 21-FTIR-Shimadzu em uma faixa de 4000 a 400 cm<sup>-1</sup>. A amostra de fibra de fique foi preparada de acordo com o seguinte procedimento. Primeiro, as amostras foram pulverizadas, o pó foi então misturado com partículas KBr para torná-lo adequado à análise de infravermelho. A mistura foi então pressionada até uma pequena espessura, ligeiramente abaixo de 1 mm.

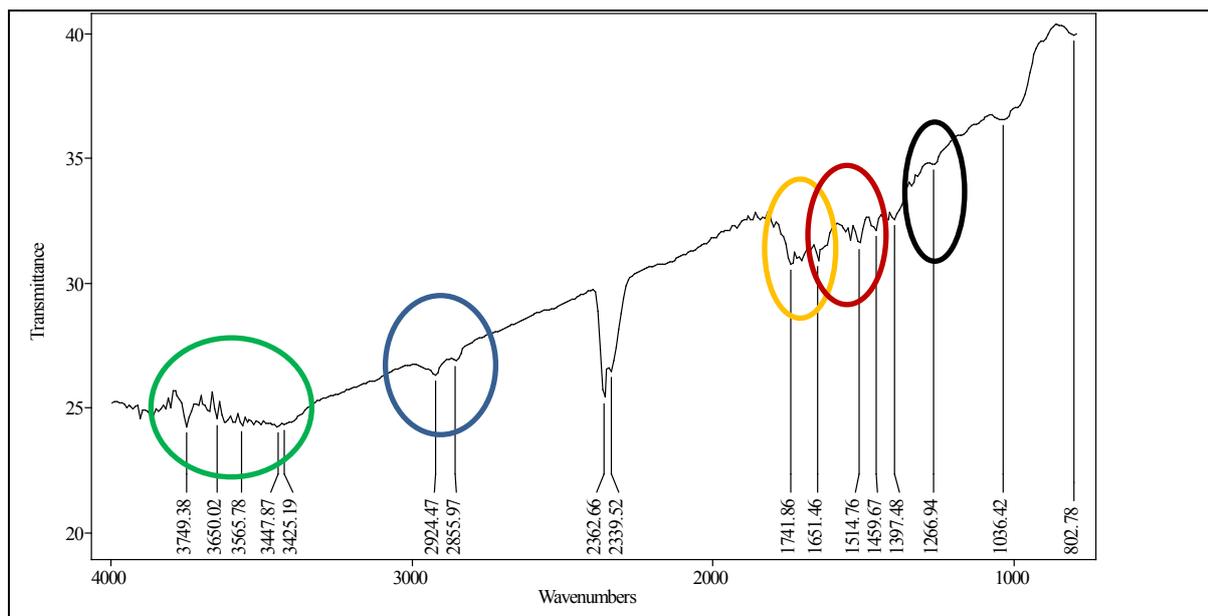
## 3 RESULTADOS

Muñoz-Velez et al. [2] relataram os principais picos característicos dos componentes associados a estrutura das fibras de fique em 3335, 2923, 1029 cm<sup>-1</sup>, sendo eles atribuídos aos grupos O-H, C-H e aromáticos, respectivamente. E ainda apresentam picos como 2865 cm<sup>-1</sup> (-CH<sub>3</sub>), 1732 cm<sup>-1</sup> (C=O), 1370 cm<sup>-1</sup> (C-H) E 1243 cm<sup>-1</sup> (C-O). De igual modo Gañán e Mondragon [1] encontraram um pico em torno de 3500 cm<sup>-1</sup> que atribuíram às vibrações das ligações -OH, outro em 2861 cm<sup>-1</sup> C-H presente na lignina e em 1737 cm<sup>-1</sup> C=O presente na estrutura da hemicelulose. Outros picos

importantes por eles destacados foram  $1314\text{ cm}^{-1}$ , associado ao grupo siringila, e o pico de  $1268\text{ cm}^{-1}$  que corresponde à vibração do anel C-O no grupo guaiacil. No que diz respeito a celulose, a faixa de  $1182\text{ cm}^{-1}$  está associada a vibração assimétrica das ligações C-O-C e  $900\text{ cm}^{-1}$  estão relacionados ao alongamento das ligações  $\beta$ antissimétricas dos anéis de glicose.

Ovalle-Serrano et al. [18] estudaram as propriedades físico-químicas da fibra de fique e subprodutos dela, como estopa e polpa, antes e após tratamento superficial utilizando a técnica de FTIR. Eles relataram os picos centrados em  $3327$  e  $2911\text{ cm}^{-1}$ , que foram atribuídos às vibrações de estiramento O-H e C-H, respectivamente, presentes na celulose, hemicelulose e lignina. Verificaram que a celulose exibe duas bandas características: uma a  $898\text{ cm}^{-1}$  devido a ligações  $\beta$ -glucosídicas e outra a  $1029\text{ cm}^{-1}$  devido a vibrações da estrutura de anel de piranose C-O-C. Além disso, sinais em  $1731$  e  $1240\text{ cm}^{-1}$  que foram atribuídos às vibrações típicas da ligação C=O das vibrações hemicelulose e C-O-C das ligações éter aromáticas na lignina, respectivamente.

A Figura 1 mostra o espectro de FTIR obtido para a fibra de fique. Nessa figura, deve-se notar as diferentes bandas de absorção associadas aos números de onda correspondentes ( $\text{cm}^{-1}$ ), que permitem uma comparação com as informações supracitadas e as da Tabela 1.



**Figura 2.** Espectro comum de FTIR para a fibra de fique.

O espectro mostrou na Figura 1 muitas bandas de absorção associadas às vibrações moleculares dos constituintes da fibra de fique. O círculo verde mostra a ampla faixa de absorção de  $3750$  a  $3426\text{ cm}^{-1}$ , comum a todos os lignocelulósicos [10-16], representando tipicamente o trecho de ligações O-H que são encontradas nos três componentes, como a celulose, a hemicelulose e a lignina. O círculo azul na figura mostra o pico  $2925\text{ cm}^{-1}$ , correspondente ao alongamento das ligações C-H, encontrado na lignina [1].

O círculo amarelo mostra o pico característico da banda de absorção representativa do estiramento de ligações C=O aproximadamente  $1742\text{ cm}^{-1}$ , relacionado às vibrações dos grupos carbonila que geralmente estão presentes na estrutura da hemicelulose [18].

Os círculos vermelho e preto são representativos da banda de transmissão em aproximadamente  $1651\text{ cm}^{-1}$  a  $1397\text{ cm}^{-1}$ , característicos das vibrações das estruturas C=C das cadeias aromáticas e alifáticas, e alongamento das ligações C-H, respectivamente [17,18].

### 3 CONCLUSÃO

- Uma banda clara de adsorção a  $2362\text{ cm}^{-1}$  para o presente trabalho não foi encontrada nas outras fibras.

- A faixa de alongamento de hidroxila em torno de  $3750\text{ cm}^{-1}$  é relativamente pequena. Isso estaria associado à fácil dessorção da água superficial e à decomposição da hemicelulose / lignina.

- A faixa de deformação C-H / C-O em torno de  $1036\text{ cm}^{-1}$  é mais acentuada do que a correspondente nos subprodutos da fibra de fique.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das agências brasileiras: CNPq, FAPERJ e CAPES para o desenvolvimento deste trabalho.

### REFERÊNCIAS

- 1 Gañan P, Mondragon IJ. Surface modification of fique fibers – Effects on their physico-mechanical properties. *Polymer composites*. 2002; 23(3):383-394
- 2 Muñoz-Velez MF, Hidalgo-Salazar MA, Mina-Hernandez JH. Fibras de fique una alternativa para el reforzamiento de plásticos, influencia de la modificación superficial. *Biotecnología em el sector agropecuario y agroindustrial*. 2014; 12(2): 60-70.
- 3 Altoe GR, Netto PA, Teles MCA, Borges LGX, Margem FM, Monteiro SN. Tensile strength of epoxy composites reinforced with fique fibers. *Characterization of Minerals, Metals and Materials*. 2016:391–396.
- 4 Pereira AC, Monteiro SN, Assis FS, Ferreira CL, Simonassi NT, Weber RP, Oliveira MS, Colorado HA. Fique fabric: a promising reinforcement for polymer composites. *Polymers*. 2018; 10(3): 246-256.
- 5 Delvasto S, Toro EF, Perdomo F, Guitiérrez RM. An appropriate vacuum technology for manufacture of corrugated fique fiber reinforced cementitious sheets. *Construction and building materials*. 2010; 24: 187-192.
- 6 Altoe GR, Teles MC, Netto PA, Margem FM, Monteiro SN. Bending tests in epoxy composites reinforced with fique fibers. *70º Congresso annual da ABM*. 2015.
- 7 Hoyos CG, Alvarez VA, Rojo PG, Várquez A. Fique fibers: enhancement of the tensile strength of alkali treated fibers during tensile load application. *Fibers and polymers*. 2012; 13(5):632-640.
- 8 Gañan P, Mondragon IJ. Thermal and degradation behaviour of fique fiber reinforced thermoplastic matrix composites. *Therm. Anal. Calorim*. 2003; 73: 783–795.
- 9 Altoe GR, Netto PA, Teles MCA, Daniel G, Margem FM, Monteiro SN. Tensile strength of polyester composites reinforced with fique fibers. *Characterization of Minerals, Metals and Materials*. 2015:465–470.

- 10 Glória GO, Teles MCA, Rodrigues GA, Gomes MA, Margem FM, Vieira CMF, Monteiro SN. Evaluation of palm fibers components by infrared spectroscopy. 71º Congresso Anual da ABM. 2016.
- 11 Glória GO, Moraes YM, Margem FM, Vieira CMF, Monteiro SN. Evaluation of giant bamboo fibers components by infrared spectroscopy. 70º Congresso Anual da ABM. 2015.
- 12 Silva ILA, Bevitori AB, Rohen LA, Margem FM, Braga FO. Characterization by Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis for natural jute fiber. Materials Science Forum. 2016; 869:283-287.
- 13 Monteiro SN, Margem FM, Margem JI, Martins LBS, Oliveira CG, Oliveira MP. Infrared spectroscopy analysis of malva fibers. Materials Science Forum. 2014; 775-776: 255-260.
- 14 Monteiro SN, Margem FM, Simonassi N, Loiola RL, Oliveira MP. Characterization of curauá fibers by infrared spectroscopy. Materials Science Forum. 2014; 775-776: 325-329.
- 15 Monteiro SN, Margem FM, Loiola RL, Assis FS, Oliveira MP. Characterization of banana fibers functional groups by infrared spectroscopy. Materials Science Forum. 2014; 775-776: 250-254.
- 16 Camposo A, Margem FM, Loiola RL, Monteiro SN. Evaluation of sisal fibers components by infrared spectroscopy. Characterization of minerals, emulsions, and materials. 2013: 153.
- 17 Vázquez A, Hoyos CG. Flexural properties loss of unidirectional epoxy/fique composites immersed in water and alkaline for construction application. Composites: Part B. 2012; 43: 3120-3130.
- 18 Ovalle-Serrano SA, Blanco-Tirado C, Combariza MY. Exploring the composition of raw and delignified colombian fique fibers, tow and pulp. Cellulose. 2018; 25 (Issue 1): 151-165.
- 19 Netto PA, Altoé GR, Margem FM, Braga FO, Monteiro SN, Margem JI. Correlation between the density and the diameter of fique fibers. Materials Science Forum. 2016; 869: 377-383.