III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADIÇÃO DE NANOFIBRAS DE CELULOSE EM PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA

Douglas Faria[1]
Pedro Henrique Canola[1]
Thamirys Andrade Lopes[1]
Mario Scatolino[1]
Thiago De Paula Protásio[2]
Camila Fonseca[3]
Lourival Marin Mendes[1]
José Benedito Guimarães Júnior[3]

[1] Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais
[2] Universidade Federal Rural da Amazônia
[3] Universidade Federal de Lavras / Departamento de Engenharia

ADIÇÃO DE NANOFIBRAS DE CELULOSE EM PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes quantidades de nanofibras de celulose branqueada nas propriedades físicas de painéis de cimento-madeira. Foram produzidos painéis com 0, 25 e 50% de nanofibras em substituição a madeira. Os painéis foram confeccionados com densidade aparente nominal de 1,3 g/cm³, prensados com 4 MPa e consolidados a temperatura ambiente. Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas dos painéis: absorção de água (AA), inchamento em espessura (IE), ambos após 2 e 24 horas de imersão e densidade aparente (Dad). Os resultados dos testes indicaram que o incremento de nanofibras não influenciou na propriedade IE (2h) e IE (24h), sendo os valores médios de 1,14% e 1,42% respectivamente. O aumento do teor de nanofibras de 25 para 50% provocou um aumento da densidade dos painéis devido a uma maior força de coesão entre elas. O acréscimo de nanofibras de 25 para 50% reduziu a absorção de água após os dois períodos considerados devido ao aumento da cristalinidade do painel. Em geral, a adição de nanofibras contribuiu para uma melhor estabilidade dos painéis cimento-madeira.

Palavras-chave: Inchamento em espessura, densidade, absorção de água.

ADDITION OF CELLULOSE NANOFIBERS IN CEMENT-WOOD PANELS

Abstract: The aim of this work was to evaluate the effect of the addition of different amounts of cellulose nanofibers bleached on the physical properties of cement-wood panels. Panels with 0, 25 and 50% nanofibers were produced instead of wood. The panels were made with nominal apparent density of 1.3 g / cm³, pressed at 4 MPa and consolidated at room temperature. The following physical properties of the panels were evaluated: water absorption (AA), thickness swelling (IE), both after 2 and 24 hours immersion and apparent density (Dad). The results of the tests indicated that the increment of nanofibers did not influence IE (2h) and IE (24h), with mean values of 1.14% and 1.42%, respectively. The increase in the nanofiber content from 25 to 50% caused an increase in the density of the panels due to a greater cohesive force between them. The addition of nanofibers from 25 to 50% reduced the water absorption after the two periods considered due to the increased crystallinity of the panel. In general, the addition of nanofibers contributed to a better stability of cement-wood panels.

Key words: Thickness swelling, density, *water absorption.*

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil mostra uma crescente receptividade a novas tecnologias, produtos e métodos construtivos que tenham condições de substituir com vantagens os produtos e técnicas tradicionais há muito colocados em uso, visto que por vezes, estes mostram-se obsoletos, com alto custo de produção e de algum modo acarretam altos impactos ambientais (MACHADO et al., 2015).

Dentro deste contexto, surgem os painéis de cimento-madeira que podem ser uma opção viável e de menor impacto ao meio ambiente por fazer uso de um recurso renovável, que é a madeira. Este painel já é bastante usado em países da Europa e Ásia em virtude de suas características apresentadas como: maior durabilidade em relação aos outros painéis, difícil combustão, maior resistência as intempéries, além de ser resistente também ao ataque de a gentes degradadores da madeira (xilófogos) como cupins, insetos e fungos. Esses fatores contribuem para que o painel de madeira–cimento possa vir a se tornar um produto de destaque no mercado de produtos derivados da madeira.

A celulose nanofibrilar é um material que despertou muito interesse ao longo da última década devido às suas propriedades únicas, associadas à dimensão nano métrica. Tais propriedades, como elevada cristalinidade, rigidez (módulo de Young), resistência à tração, superfície específica e transparência, bem como a sua abundância e o fato de ser um material biodegradável e renovável tem conduzido a imensos estudos de aplicação como material de reforço nas mais diversas áreas, como por exemplo eletrônica, alimentar, têxtil, medicina e espacial (NUNES, 2014).

As nanofibras celulósicas têm despertado o interesse de diversos setores pelas várias possibilidades de aplicações. Acredita-se que as nanofibras de celulose sejam mais efetivas para reforço do que suas equivalentes em macro escala, devido às interações entre os elementos em nano escala que formam uma rede percolada conectada por ligações de hidrogênio (ANGLÈS, DUFRESNE, 2001; NAKAGAITO et al., 2005).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de nanofibras de celulose sobre a estabilidade dimensional em painéis de cimento-madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção dos compósitos minerais utilizou-se nanofibras de celulose e madeira de *Eucalyptus grandis*.

O cimento utilizado para produção dos painéis de cimento-madeira foi o CPV-ARI.

2.1 Obtenção das nanofibras de celulose

Polpa Kraft comercial branqueada de eucalipto (híbrido: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi utilizada para a obtenção das nanofibras de celulose. As nanofibras foram obtidas através de um desfibrilador mecânico (Super Masscolloider, Massuko Sangyo, modelo MKCA6-2) conforme sugerido por Guimarães Júnior. et al. (2015a) e Bufalino et al. (2015). Soluções contendo 1,0% (m/v) de polpa celulósica, saturadas em água durante 48 h e posteriormente agitadas a 2000 rpm durante 1 h, foram processadas no desfibrilador mecânico com velocidade de 1500 rpm, com distância de 0,01 mm entre a pedra rotativa e a fixa, ambas de carbeto de silício. A suspensão com aspecto gelatinoso foi obtida após 35 passagens pelo desfibrilador (com auxílio da microscopia óptica, foi verificado que a partir de 35 passagens ocorreu a desfibrilação da polpa de celulose) e o excesso de água foi removido por filtração (Figura 1).

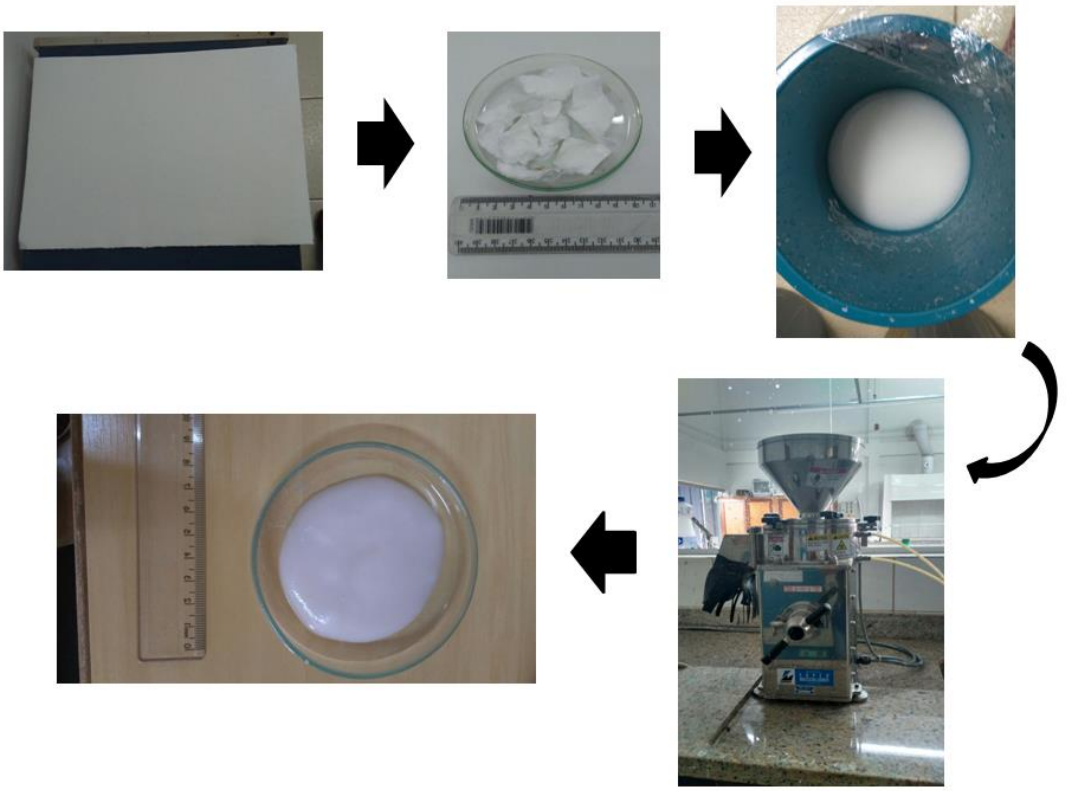


Figura 1. Processo de obtenção das nanofibras de celulose

2.2 Obtenção das partículas de Eucalipto

A madeira de *Eucalyptus grandis*, com 25 anos de idade e densidade básica de 0,503 ± 0,079 g/cm³, foi coletada no campus da Universidade Federal de Lavras na cidade de Lavras – Minas Gerais. As toras foram laminadas em escala laboratorial e aquelas lâminas que apresentaram qualidades impróprias para produção de painéis compensados foram transformadas em partículas do tipo *sliver* em moinho martelo. Posteriormente as partículas foram peneiradas para retirada de finos (Figura 2).



Figura 2. Partículas *sliver* de *Eucalyptus grandis*

2.3 Confecção dos painéis

Para produção dos compósitos, as proporções utilizadas de nanofibras de celulose em relação a madeira de eucalipto foram respectivamente: 0/100, 25/75 e 50/50. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de produção dos painéis.

Tabela 1: Parâmetros de produção dos painéis de madeira-cimento.

Parâmetro	**Valor**
Dimensões	30 x 30 x 1,5cm
Relação madeira-cimento	1 : 2,75
Relação água-cimento	1 : 4
Aditivo ($CaCl_2$)	6 %
Densidade	1,3 g/cm³

Após a pesagem de cada componente, eles foram misturados de forma manual até a obtenção de massa homogênea. A massa de cada painel foi devidamente

separada, pesada e distribuída em caixas formadoras do colchão, untadas com óleo diesel, para facilitar a retirada do painel após sua prensagem e grampeamento. O controle da espessura dos painéis foi determinado por barras de ferro com espessuras de 1,5cm. Após o carregamento dos painéis, a prensa foi fechada com pressão específica de 4 MPa a temperatura ambiente, realizando-se em seguida o grampeamento dos painéis, forma em que permaneceram por um período de 24 horas. Após esse período, os grampos foram retirados e os painéis foram acondicionados em câmara climatizada à temperatura de 19 ± 2ºC e umidade relativa de 65 ± 3% durante 28 dias. Posteriormente os painéis foram cortados em serra circular para a retirada dos copos de prova para realização dos testes físicos.

2.4 Propriedades avaliadas e análise estatística

Foram avaliadas as seguintes propriedades físico-mecânicas dos painéis: absorção de água (AA), inchamento em espessura (IE), ambas após 2 e 24 horas de imersão e densidade aparente (DAd) de acordo com a norma ASTM D1037 (ASTM, 2006).

Os dados dos testes físicos foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott, ambos a 5% de significância. A análise estatística foi realizada com auxílio do software SISVAR®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos das propriedades físicas se encontram na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo do quadro das análises de variância para as propriedades físicas

		Dad	AA (2h)	IE (2h)	AA (24h)	IE (24h)
FV	**GL**			**QM**		
Tratamento	2	0,1037*	147,0195*	0,0412^{NS}	161,7536*	0,0104^{NS}
Erro	14	0,9124	48,3864	0,2299	33,3009	0,2036
Média geral		1,108	21,520	1,140	23,768	1,4158
CV (%)		10,05	32,32	42,06	24,28	31,87

(*) = Significativo a 5% de significância. (NS) = Não significativo a 5% de significância. QM = Quadrado Médio. FV = Fonte de variação. CV= Coeficiente de variação.

O aumento da porcentagem de nanofibras não influenciou na propriedade de inchamento em espessura nos dois períodos considerados, uma vez que suas médias foram estatisticamente iguais em todos os tratamentos (Figura 3). O processo Bison Wood-Cement Board estabelece como valor máximo de inchamento em

espessura após 24 horas de imersão de 1,2 a 1,5%, logo, todos os painéis atenderam aos valores exigidos pela norma.

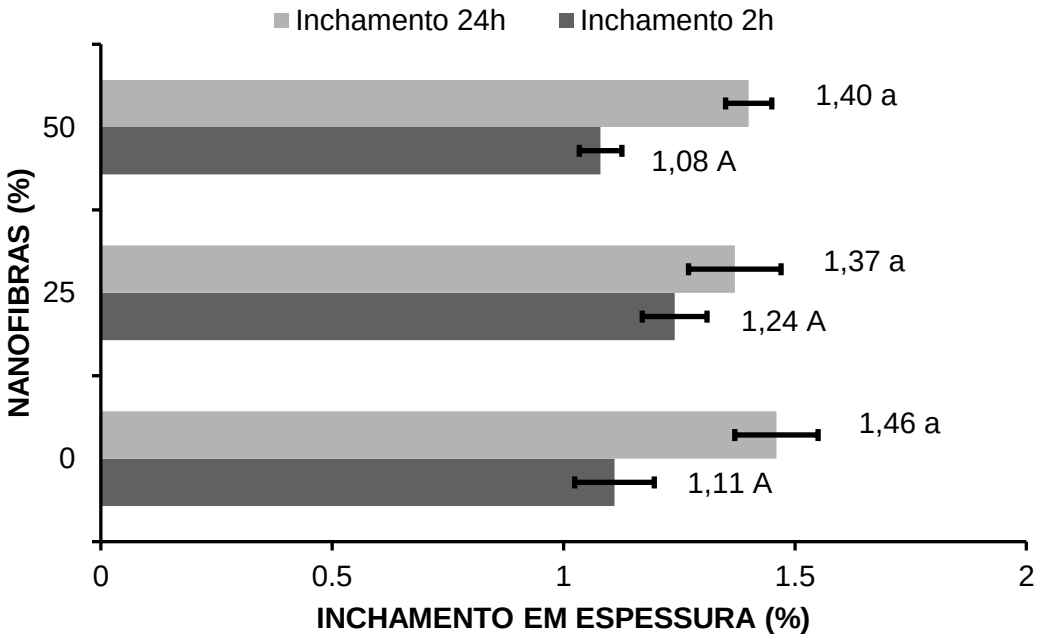


Figura 3. Valores médio de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; letras minúsculas para inchamento 24h e letras maiúsculas para inchamento 2h

Os valores médios de densidade aparente (Dad) comparados pelo teste de Scott-Knott estão apresentados na Figura 4.

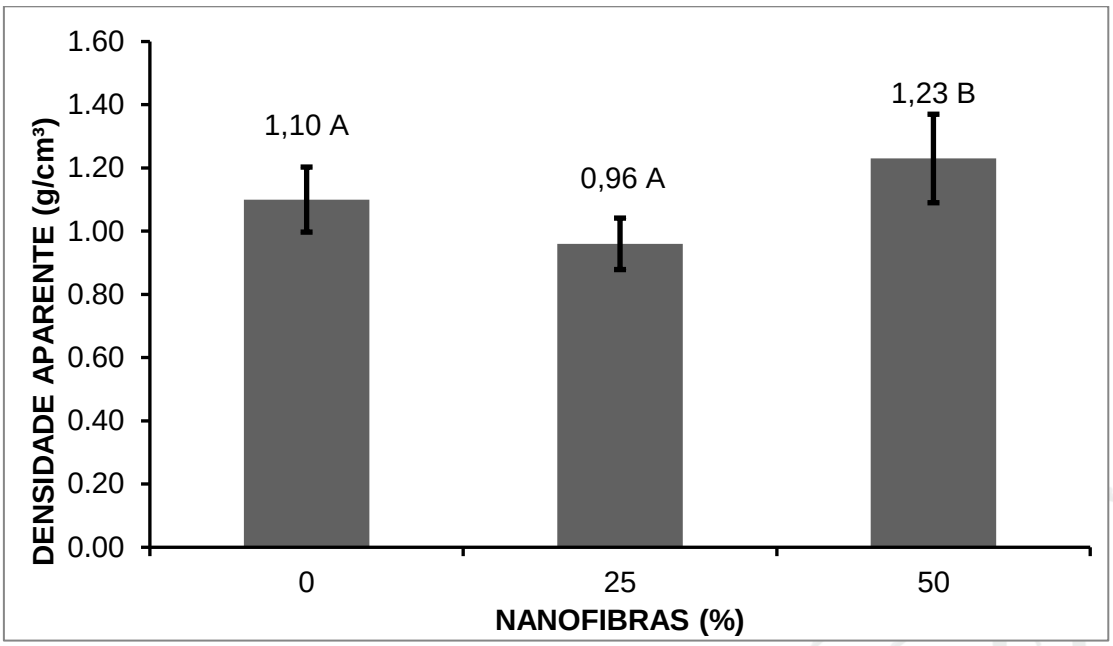


Figura 4. Valores médios de densidade aparente; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

O painel testemunha e o painel com inclusão de nanofibras no teor de 25% apresentaram valores médios de Dad estatisticamente iguais, enquanto que o maior valor médio significativo (1,23 g/cm^3) correspondeu ao painel com 50% de nanofibras. A elevada área específica das nanofibras pode ter ocasionado uma ligação mais coesa entre elas, quando se aumenta o teor destas, diminuindo assim os espaços vazios, resultando em uma maior densidade dos painéis. Esses valores de densidade não correspondem à meta do trabalho e pode ter sido ocasionado por problemas de laboratório como ausência de dosadores e perda de partículas durante o manuseio.

Os valores médios de absorção de água estão apresentados na Figura 5.

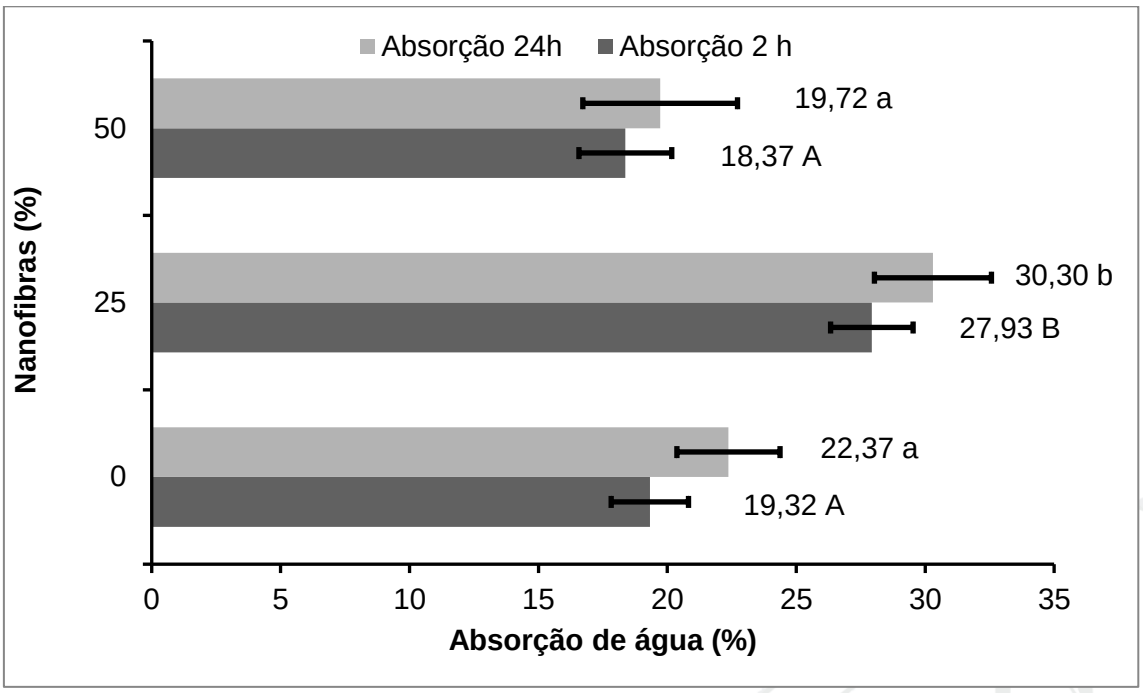


Figura 5. Valores médios de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; letras minúsculas para inchamento 24h e letras maiúsculas para inchamento 2h

O acréscimo de nanofibras promoveu aumento da absorção de água até o limite de 25%. Compósitos reforçados com nanofibras não são capazes de resistir à umidades elevadas, devido à sua natureza hidrofílica (AULIN et al., 2010). Já o aumento do teor de nanofibras de 25 para 50% diminuiu a absorção de água após 2 e 24 horas de imersão. Esse fato pode ter ocorrido devido ao aumento da cristalinidade do painel que provocou a redução dos valores de absorção de água, uma vez que as nanofibras são branqueadas, apresentado maior cristalinidade quando comparadas às partículas de madeira. Segundo Ghanbarzadeh e Almasi (2011) o alto índice de cristalinidade das nanofibras diminui a absorção de água dos compósitos.

4. CONCLUSÕES

O aumento do teor de nanofibras de 25 para 50% resultou no aumento de densidade dos painéis devido a elevada área superficial das mesmas aumentando assim a força de coesão entre elas que diminui os espaços vazios promovendo maior densificação.

A inserção das nanofibras provocou a diminuição na absorção de água devido a um maior grau de cristalinidade das mesmas em relação a madeira de eucalipto.

A propriedade de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água não foi influenciada pela inclusão de nanofibras. Todos os painéis atenderam ao processo Bison Woods-cement board que exige um valor máximo de inchamento em espessura a 24 horas de 1,2 a 1,5%.

A adição de nanofibras provocou uma melhora na estabilidade dos painéis de acordo com as propriedades avaliadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1037: standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. Philadelphia, 2006.

ANGLÈS, M.N.; DUFRESNE, A. Plasticized starch/tunicin whisker nanocomposites. 2. Mechanical behaviour. MACROMOLECULES, v. 34, p. 2921-2931, 2001.

AULIN, C.; GÄLLSTEDT, M.; LINDSTRÖ, M.T. Oxygen and oil barrier properties of microfibrillated cellulose films and coatings. CELLULOSE, v. 17, p. 559−574, 2010.

BISON WOOD-CEMENT BOARD. Bison-report, 1978. 10 p.

BUFALINO, L. et al. How the chemical nature of Brazilian hardwoods affects nanofibrillation of cellulose fibers and film optical quality. CELLULOSE v. 22, p. 1-16, 2015.

GHANBARZADEH, B.; ALMASI, H.; Physical properties of edible emulsed films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES, v. 48, p. 44-49, 2011.

GUIMARÃES JR., M. et al. Preparation of cellulose nanofibrils from bamboo pulp by mechanical defibrillation for their applications in biodegradable composites. JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY, v. 15, p. 6751-6768, 2015a.

MACHADO, L. et al. Manufatura de painéis cimento-madeira utilizando a espécie *Melia azedarach*. V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, CONBREPRO, Ponta Grossa, 2015.

NAKAGAITO, A.; IWAMOTO, S.; YANO, H. Bacterial cellulose: the ultimate nano-scalar cellulose morphology for the production of high-strength composites. APPLIED PHYSICS A, v. 80, p. 93-97, 2005.

NUNES, T. F. G. Produção, caracterização e aplicação de nanofibras de celulose. 2014. 105p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Química) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.