



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

BIOCOMPÓSITOS

Uma alternativa sustentável para a construção

Luís Eduardo Pimentel Real
Investigador Auxiliar, LNEC

LISBOA • 2017

COMUNICAÇÕES
COM 156

REAL, Luís Pimentel
Engenheiro Químico, Doutor em Engenharia Química
Departamento de Edifícios

Comunicação apresentada no Encontro Nacional "QIC2016 – 2º Encontro nacional sobre qualidade e inovação na construção", realizado em Lisboa, novembro, 2016

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I.P.
Divisão de Divulgação Científica e Técnica
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA
e-e: livraria@lnec.pt
www.lnec.pt

Editor: LNEC

Coleção: Comunicações

Série: COM 156

1.ª edição: 2017

Tiragem: 100 exemplares

Descritores: Indústria da construção / Construção sustentável / Material de construção / Biocompósito

Descriptors: Construction industry / Sustainable construction / Construction material / Biocomposites

CDU 691.15
69:504.06
ISBN 978-972-49-2292-8

BIOCOMPÓSITOS

UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO

Resumo

A indústria da construção é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e mais utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais, quer relacionados com o consumo de matéria e energia, quer associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Em consequência disso, o setor da construção civil tem um papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, o recurso a materiais de construção ambientalmente mais favoráveis constitui um contributo muito positivo para minimizar os impactos ambientais provocados pela construção.

Nesta comunicação, apresenta-se uma síntese do estado da arte sobre a utilização de biocompósitos no setor da construção. Descrevem-se as características e propriedades dos biocompósitos, as suas vantagens e desvantagens, referem-se as suas aplicações na construção, refere-se a experiência do LNEC na avaliação destes materiais e indicam-se os aspetos que devem ser objeto de investigação para melhorar o seu desempenho em aplicações de construção.

Esta comunicação permite concluir que, embora os produtos biocompósitos já apresentem um desempenho satisfatório em muitas aplicações na construção, estes materiais ainda carecem de melhoramento em algumas características específicas que estão a ser objeto de investigação e desenvolvimento tecnológico, prevendo-se que, num futuro próximo, os biocompósitos apresentem maior durabilidade, maior resistência ao fogo e à ação da humidade e um melhor desempenho de isolamento térmico e acústico, conduzindo a um incremento significativo da sua utilização no domínio da construção.

Palavras-chave: Construção sustentável / Biocompósito / Fibra natural / Biopolímero / Energia incorporada

BIOCOMPOSITES A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR CONSTRUCTION

Abstract

The construction industry is the sector of human activities that most consumes natural resources and uses more energy intensively, generating considerable environmental impacts, both related to the consumption of matter and energy, and associated with the generation of solid, liquid and gaseous wastes. As a result, the construction sector has a key role to play in achieving the overall goals of sustainable development.

In this sense, the use of environmentally friendly building materials is a very positive contribution to minimizing the environmental impacts caused by construction.

This paper presents a synthesis of the state of the art on the use of biocomposites in the construction sector. The characteristics and properties of the biocomposites are described, their advantages and drawbacks, examples of application in construction are referred to, as well as some future research needs to improve their performance in construction applications, closing with some remarks about the experience of LNEC on these materials and final conclusions.

This paper leads to the conclusion that, although biocomposite products already perform satisfactorily in many construction applications, they still need to be upgraded in some specific characteristics that are being investigated and technologically developed, and it is expected that, in the near future, biocomposites exhibit longer durability, greater fire and moisture resistance, and better performance for thermal and acoustic insulation, leading to a significant increase in their use in the field of construction.

Keywords: Sustainable construction / Biocomposite / Natural fiber / Biopolymer / Embodied energy

Índice

1	Introdução	1
2	Materiais biocompósitos. Definição.....	3
3	Propriedades dos materiais biocompósitos	4
4	Uso de compósitos reforçados com fibras (FRP) na construção	5
5	Uso de biocompósitos na construção	6
6	Desempenho dos biocompósitos	9
7	Necessidades de investigação.....	12
	7.1 Tratamento de fibras.....	13
	7.2 Desenho estrutural.....	14
8	A experiência do LNEC	15
9	Conclusões.....	18
	Referências Bibliográficas	19
	ANEXO (Slides da Comunicação).....	21

Índice de figuras

Figura 8.1 – Representação esquemática de produtos Biobuild [Carra, 2014]: a) EWP; b) ECK; c) IPK; d) SCK	15
Figura 8.2 – Produtos Biobuild expostos durante a exposição EcoBuild (Stand N6042, ExCel, Londres, 3 a 5 de março de 2015): a) EWP; b) ECK; c) IPK; d) SCK	16
Figura 8.3 – Imagens extraídas durante as diferentes fases de um ensaio de reação ao fogo em produtos biocompósitos, gentilmente cedidas pelo Eng ^o Carlos Pina dos Santos (LNEC)	17

Índice de quadros

Quadro 8.1 – Propriedades mecânicas determinadas em biocompósitos no LNEC	17
---	----

1 | Introdução

O desenvolvimento sustentável visa amenizar problemas ambientais, garantindo um equilíbrio entre o desenvolvimento económico, científico e tecnológico e a preservação do meio ambiente, de forma a melhorar a qualidade de vida humana.

Os desafios para o setor da construção são diversos. Porém, em síntese, consistem fundamentalmente na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído.

Como a inovação arquitetónica e a utilização de materiais e métodos de construção mais avançados tem permitido melhorias significativas ao nível do isolamento térmico e dos sistemas de condicionamento ambiental interior, contribuindo para que o consumo de energia nos edifícios possa decrescer, a redução de consumo da energia indireta passou a ter mais relevância do que o desenvolvimento tecnológico para redução da energia direta, pelo que atualmente há mais interesse em reduzir a energia incorporada nos materiais de construção.

Os materiais tradicionalmente utilizados pela indústria da construção provêm de recursos não renováveis, emitem gases com efeito de estufa em quantidade significativa durante o seu fabrico, e no fim do seu ciclo de vida são enviados para aterros, incinerados ou reciclados mediante recurso a métodos de uso intensivo de energia para produzir materiais de menor qualidade.

Por exigência da sociedade e dos consumidores há um incentivo crescente à utilização de alternativas sustentáveis, nomeadamente a materiais ambientalmente mais favoráveis. Para atingir esse objetivo ambiental, há necessidade de limitar o uso de materiais não-renováveis, de reduzir a poluição e os custos de energia durante a produção de materiais de construção e de usar produtos que tenham maior potencial de reutilização após demolição, ou seja, reduzir a energia incorporada.

Os compósitos reforçados com fibras têm menor energia incorporada do que os tijolos, o aço, o alumínio ou o contraplacado de madeira e aquela é tanto menor quanto mais natural for a resina polimérica e as fibras. No caso dos biocompósitos, utilizam-se resinas e fibras feitas a partir de recursos renováveis. Existem também fortes evidências de que estes materiais têm potencial para substituir compósitos reforçados com fibra sintética e outros materiais tradicionalmente usados na construção.

Embora a construção tenha sido sempre um mercado difícil de penetrar, principalmente porque os cadernos de encargos, as especificações do produto e as práticas construtivas geralmente excluem materiais não tradicionais, as fibras naturais têm sido desde há muito utilizados em edifícios e aplicadas na construção, como material de reforço para uma gama de produtos sustentáveis e ambientalmente mais favoráveis, maioritariamente em países em que estes aspetos são valorizados.

Nos últimos anos, as propriedades mecânicas, o custo e a qualidade das fibras vegetais foram melhorados significativamente com o desenvolvimento de tecnologia, alargando a sua utilização a aplicações mais exigentes, embora não sujeitas a cargas elevadas.

Entre as várias aplicações correntes dos compósitos, verificou-se um crescimento significativo no domínio da construção, quer em componentes não estruturais como semiestruturais, designadamente em coberturas energeticamente eficientes e construção passiva, paredes estruturais leves, revestimentos de paredes exteriores, isolamento, aplicações acústicas especiais, geotêxteis, janelas, portas, tapumes, cercas, telhados, pavimentos, elementos decorativos, painéis solares e estruturas de energia eólica, bem como na construção de tabuleiros de pontes pedonais, docas, estradas pedonais, passeios e lajes de pavimentação.

2 | Materiais biocompósitos. Definição

Os biocompósitos constituem uma nova classe de materiais de construção, ambientalmente mais favoráveis, que têm custos de energia e poluição reduzidos durante a sua produção, bem como um maior potencial de reutilização após demolição. Além disso, ajudam a eliminar o custo crescente da utilização de materiais à base de petróleo, mantendo ao mesmo tempo as vantagens dos compósitos de matriz plástica tradicionais, tal como menor peso e menores custos de fabrico.

Os biocompósitos resultam da combinação de fibras naturais (biofibras) com matrizes poliméricas ou inorgânicas obtidas a partir de recursos renováveis ou não renováveis.

O termo "biocompósitos" abrange os seguintes materiais: (i) polímeros não biodegradáveis derivados de petróleo, reforçados com biofibras; (ii) biopolímeros reforçados com biofibras (os ambientalmente mais favoráveis, designados "compósitos verdes"); (iii) biopolímeros reforçados com fibras sintéticas tais como vidro ou carbono; e (iv) materiais inorgânicos contendo na sua composição fibras naturais

Alguns biocompósitos, feitos de fibras naturais e de resinas de plástico biodegradável (como, por exemplo, poli-hidroxi-butirato, PHB), são também biodegradáveis [Billington et al; 2014]. Estes biocompósitos são no entanto suficientemente estáveis para utilização em mobiliário, em pavimentos e numa grande variedade de outros materiais de construção. Para se degradarem, estes materiais têm de ser mantidos ao abrigo do ar, como por exemplo, serem enterrados num aterro sanitário, pois a sua decomposição depende da existência de micro-organismos que vivem em ambientes anaeróbicos. À medida que se degradam, estes materiais libertam gás metano que pode ser capturado e queimado para efeitos de recuperação de energia ou reutilizado para produzir mais biocompósitos. Assim, é possível a utilização de resíduos como elementos de ligação para produzir biocompósitos mais baratos.

Os biocompósitos utilizados em edifícios também podem ser classificados em dois grupos principais: materiais compósitos estruturais e não estruturais, conforme tenham ou não de suportar cargas durante a sua utilização, respetivamente. Exemplos de biocompósitos estruturais são os aplicados em paredes de suporte, escadas, sistemas de cobertura e pavimentos. Constituem exemplos de biocompósitos não estruturais os usados em aplicações diversas, tais como telhas, mobiliário, janelas, portas e outros produtos de menor exigência estrutural.

3 | Propriedades dos materiais biocompósitos

Em termos de propriedades mecânicas, os biocompósitos têm uma resistência à tração na gama 300 a 900 MPa e um módulo de elasticidade de 10 a 80 GPa [Yatim et al., 2013].

A resistência dos biocompósitos em flexão, compressão e cisalhamento, é comparável com a resistência da madeira e seus derivados, na direção paralela à das fibras e ultrapassa a mesma no sentido perpendicular. O módulo de elasticidade dos biocompósitos é de cerca de 35% a 75% do valor do módulo de elasticidade da madeira no sentido paralelo ao do grão [Maya & Thomas; 2008; Billington et al; 2014].

A resistência à tração e o módulo de elasticidade, bem como algumas propriedades específicas dos materiais compósitos reforçados com fibras naturais, aumentam com o aumento do teor de fibras até um determinado limite e são, em alguns casos, melhor do que materiais compósitos com fibras de vidro, o que sugere que os compósitos de fibras naturais têm um potencial para substituir os compósitos sintéticos de fibras de vidro em muitas aplicações que não exijam grande capacidade de carga [Maya & Thomas S., 2008, Wambua et al, 2003].

4 | **Uso de compósitos reforçados com fibras (FRP) na construção**

Os materiais compósitos reforçados com fibras (FRP) têm sido submetidos a um rápido desenvolvimento nas últimas quatro décadas, em parte devido à sua massa reduzida e à sua elevada rigidez. Para além de terem uma menor energia incorporada, permitem também uma grande flexibilidade arquitetónica, que é uma característica muito útil para criar estruturas mais eficientes.

A maioria dos FRP utilizados na construção é baseada em resinas de poliéster ou epóxido reforçada com fibras contínuas de vidro ou de carbono e existem alguns exemplos de estruturas eficientes de elevada durabilidade, constituídas por estes materiais, o que tem facilitado e promovido a aceitação dos FRP na construção.

Os FRP têm sido usados para reparar estruturas de betão e na renovação de tubagens enterradas. As vigas de materiais compósitos também têm sido usadas numa série de pontes, devido ao seu peso relativamente baixo e à sua elevada resistência. Assim, as vigas e as régua para pavimento em FRP já constituem uma alternativa eficiente para substituir lajes de cimento antigas, com vão reduzido que já não satisfaçam as exigências atuais nas pontes, de uma forma eficaz em termos de custo e prazo de instalação, principalmente porque a maioria dos componentes em FRP são pré-fabricadas [Alampalli et al., 2002].

5 | Uso de biocompósitos na construção

O uso de fibras naturais em biocompósitos em vez das habituais fibras de vidro e de carbono não é novo [Yatim et al., 2013].

O bagaço de cana, o bambu, a madeira, o trigo, a palha de cereais, azevém e arroz, caules de girassol, coco, cânhamo, algodão, kenaf, banana, abacaxi e a folha de tabaco, foram largamente utilizados entre os anos 70 e 90 para fabrico de painéis [Yatim et al., 2013].

Na Índia, uma variedade de materiais de construção, utilizando resíduos industriais e agrícolas integrando cimento e materiais cimentícios como ligantes, foram utilizados para fazer placas, ladrilhos, telhas e revestimentos resistentes às intempéries [Yatim et al., 2013].

O fibrocimento (compósito de cimento reforçado com fibras) foi um dos materiais mais promissores para utilização no exterior e interior de edifícios, sob a forma de tapumes, vedações, telhados, revestimentos exteriores, forros interiores, pavimentos, paredes, tijolos, corrimões, elementos decorativos e placas para várias aplicações na construção.

Como outros exemplos de materiais envolvendo uma mistura de fibras naturais com materiais inorgânicos pode referir-se a construção monolítica de cal com fibras de cânhamo, material este que pode ser reciclado como fertilizante, ou misturas de cânhamo e cal para agregados. Entre os benefícios potenciais referem-se a permeabilidade ao ar e ao vapor, importantes propriedades higroscópicas e uma baixa condutividade térmica. A cal também oferece proteção aos componentes do cânhamo (evitando a necessidade de tratamentos químicos tóxicos), ao fogo e aos vermes. As fibras naturais também podem ser usadas como reforço em painéis de betão pré-fabricados, normalmente aplicados para estabilização de encostas e retenção de solos.

Os compósitos de fibrocimento, contendo cimento e madeira, têm sido muito utilizados para substituir os produtos antigos de fibrocimento, produzidos com amianto, assim como muitos outros materiais de construção não estruturais, designadamente chapas finas para revestimento, tapumes, produtos a imitar madeira de cedro, telhas, bases para aplicação de azulejos, elementos arquitetónicos, substitutos de derivados de madeira [Madhuri et al., 2005]. Estes compostos têm maior resistência ao fogo, à humidade, aos fungos, ao ataque de insetos e, conseqüentemente, exibem uma maior durabilidade do que a madeira convencional. Porém alguns destes materiais continuam a ter problemas e a exibir degradação por exposição a ciclos de humidade e secagem, pelo que exigem manutenção e proteção mediante aplicação de revestimentos de pintura.

Os biocompósitos de fibras naturais, designadamente os compósitos de madeira-plástico (WPC) são muito usados em aplicações exteriores, como substitutos de produtos de madeira maciça e derivados de madeira, tais como mobiliário de jardim e de piscinas, em réguas de pavimento, revestimentos de parede, portas e janelas.

Os WPC's são também muito usados como materiais de isolamento, em docas, guardas, pavimentos e coberturas, tetos falsos, painéis interiores, revestimentos de parede, beirais de telhado, e como elementos decorativos em paredes e tetos, bem como para aplicações acústicas especiais (paredes de absorção sonora e para amortecimento de transmissão de som) [Yatim et al., 2013].

Os sistemas de cofragem perdida, à base de biocompósitos, são um desenvolvimento dos sistemas de cofragem perdida em polipropileno, os quais vieram substituir, com vantagens, os sistemas de cofragem em madeira tradicionais. Estes sistemas são utilizados em diversas aplicações, designadamente as seguintes [Yatim et al., 2013], [Cassaforma Muro, 2016]:

- para separar os vãos de vigas das pontes, substituindo o aço, porque são mais leves, porosas e porque têm a capacidade de serem facilmente quebrados em caso de necessidade para inspeção do pavimento da ponte pela parte inferior;
- para betonagem de muros de elevação, vigas invertidas e sapatas de fundação, reduzindo drasticamente os tempos de realização das fundações;
- para preenchimento de vazios entre as vigas para realização de lajes nervuradas;
- para realização de tanques de recolha e/ou dispersão de águas, obras que são cada vez mais necessárias nos mais variados contextos de construção;
- para construir pisos e lajes de betão armado aligeirados;
- para realização simultânea de vigas de fundação e laje;
- para construir, numa única fase, a laje superior (de câmaras de ar) e as vigas de fundação externas e internas de uma obra;
- para qualquer obra que exija, pelos mais variados motivos, de cofragens elaboradas e geometricamente complexas.

As propriedades destes sistemas, designadamente a sua porosidade (permitindo a evaporação da água através dos elementos, evitando a corrosão dos elementos metálicos em pontes), resistência mecânica (capazes de suportar grandes cargas, sem vigas), baixo peso e modularidade, têm inúmeras vantagens em relação aos sistemas tradicionais.

Para além de permitirem ao projetista alterar os parâmetros geométricos para se adaptar a todas as situações com grande liberdade arquitetónica, têm diversas vantagens económicas, designadamente por serem fáceis e rápidos de montar sem precisar de mão de obra especializada, por permitirem a betonagem simultânea das vigas de fundação e da laje (o que permite poupança de tempo na cofragem e descofragem), por não exigirem limpeza (pois estes sistemas apresentam-se perfeitamente lisos e limpos), e permitirem poupança de custos de armazenagem, depósito e transporte (pois o material das cofragens é pouco volumoso e é resistente às intempéries).

Os biocompósitos reforçados com fibras de ramie são usados em painéis à prova de bala, permitindo atingir uma resistência à penetração balística de nível II, em compósitos com matriz de poliéster, ou de nível III em painéis híbridos de poliéster e kevlar (absorção de energia de 1362 J a 624 m/s ou de 3185 J a 837 m/s em painéis com espessura de 15 e 25 mm respetivamente) [Faruk & Sain, 2014].

Para além das utilizações atrás referidas, os biocompósitos encontram-se atualmente em muitas outras aplicações comuns no domínio da construção, designadamente em corrimões, revestimentos, tapumes, pavimentos, cercas e coberturas, mobiliário de jardim e de interior (bancos, cadeiras, mesas), uma grande variedade de painéis para portas e perfis de janela, balcões, lavatórios de cozinha, produtos e acessórios sanitários, chapas corrugadas, tetos falsos, telhas, guardas, telheiros e pequenas construções (bungalows, etc.), materiais ecológicos de isolamento térmico, escadas, docas, suportes para passagem de cabos, pontes pedonais, grelhas de drenos, coberturas energeticamente eficientes e produtos diversos para casas passivas.

6 | Desempenho dos biocompósitos

As vantagens das fibras naturais e dos biocompósitos são de vários tipos [Faruk & Sain, 2014]:

- ambientais: representam recursos renováveis e requerem pouca energia durante a produção;
- biológicas: são produtos orgânicos naturais e pouco perigosos para a saúde, pois não originam efeitos dérmicos adversos no seu manuseamento e não apresentam perigo biológico aquando da sua alienação;
- tecnológicas: têm boas propriedades mecânicas (ao nível do amortecimento e da rigidez, por exemplo), são mais leves, são dotados de boa capacidade de isolamento térmico, elétrico e acústico (devido à estrutura tubular da fibras, com muitos vazios), excelente desempenho a baixa temperatura, baixa dilatação térmica, versatilidade para formas 2D complexas, não-abrasivos e dotados de grande flexibilidade de processamento;
- económicas: as biofibras são mais baratas do que as fibras sintéticas;
- sociais: têm benefícios ao nível da agricultura, porque constituem um rendimento secundário para os agricultores e também porque estão disponíveis a uma escala mundial, mais generalizada;
- de risco: as biofibras exibem um comportamento mais seguro em ensaio, menos suscetível de provocar acidentes durante a fragmentação e estilhaçamento.

As desvantagens e inconvenientes dos biocompósitos estão relacionados com a sua durabilidade em aplicações em ambientes húmidos e com a sua menor resistência ao fogo.

Estes materiais são sensíveis à ação da humidade e ao ataque microbiano que resulta na dilatação volumétrica das fibras que origina perda das suas propriedades de reforço. Esta dilatação pode também levar ao enfraquecimento da ligação interfacial com a resina e à formação de micro-fissuras, as quais aumentam ainda mais o transporte da humidade e a sua absorção. Além disso, algumas fibras naturais (como as de linho, por exemplo) exibem uma elevada tendência para o enrolamento e uma baixa permeabilidade.

Existem diversos fatores que afetam as propriedades e o desempenho de biocompósitos:

- tipo de fibras (curtas ou longas);
- propriedades das fibras, tais como a sua massa volúmica, resistência à tração, módulo de elasticidade, e teor de humidade;
- teor de fibras;
- orientação das fibras (unidirecional, transversal ou aleatória);
- ligação interfacial
- tipo de matriz polimérica;
- processo de fabrico.

Os coeficientes de difusão molecular da água nos biocompósitos são comparáveis aos que ocorrem na madeira, mas têm valores mais elevados que nos compósitos sintéticos, tal como é de esperar devido à hidrofilicidade das fibras naturais.

As variações de volume nas fibras associadas à adsorção de humidade pode reduzir a adesão fibra-matriz e danificar a matriz. A hidrofilicidade induz o enfraquecimento da ligação fibra-matriz na interface e causa danos permanentes porque o compósito após saturação e secagem não retoma as propriedades mecânicas (tensão-deformação) originais [Billington et al, 2014].

O grau de adsorção de humidade dos biocompósitos depende também da higroscopicidade da resina polimérica, porque há casos em que esta é hidrófila, enquanto noutros é hidrofóbica. A diferença de higroscopicidade entre as fibras e a resina também compromete a sua compatibilidade. Uma vez que a fibra natural é hidrófila e a maioria dos polímeros são hidrofóbicos, existem problemas significativos de compatibilidade entre as fibras naturais e a matriz polimérica, conduzindo a uma má ligação interfacial entre ambos.

Geralmente, espera-se que o aumento da capacidade de adsorção de humidade conduza à deterioração das fibras, conduzindo a uma diminuição contínua da rigidez no sentido longitudinal e a uma perda de resistência e de deformação na rotura. No entanto, a classificação final de cada propriedade pode ser diferente conforme o sistema compósito e esta tendência não pode ser generalizada. De facto, num estudo desenvolvido anteriormente para desenvolvimento de produtos biocompósitos, com participação do LNEC (BIOBUILD), algumas fibras naturais estudadas apresentaram um valor ótimo de adsorção de humidade relativa, variável entre 65% e 90%, dependendo da propriedade mecânica analisada, e a razão específica disso mantém-se por esclarecer.

As principais desvantagens e limitações dos biocompósitos em aplicações a longo prazo são as seguintes [Faruk & Sain, 2014]:

- baixa estabilidade térmica, de que resultam dificuldades para encontrar uma técnica de fabrico adequada;
- fraca resistência à adsorção de humidade, devido à natureza hidrófila das fibras, o que compromete as propriedades de adesão na zona de ligação interfacial entre as fibras e a matriz;
- baixa resistência à radiação e conseqüente degradação fotoquímica quando expostos à radiação UV;
- baixo ponto de fusão;
- baixa resistência ao fogo e baixa classificação de reação ao fogo;
- decomposição em ambientes alcalinos;
- suscetibilidade de ataque biológico;
- instabilidade dimensional das fibras, devido às tensões residuais induzidas durante o processamento;
- elevada variabilidade das propriedades físicas e mecânicas, porque dependem dos materiais, do meio ambiente e da tecnologia de transformação.

Todos estes fatores comprometem as propriedades mecânicas dos biocompósitos, bem como a sua estabilidade dimensional e composição química, limitando a potencialidade de aplicação dos biocompósitos em aplicações no domínio da construção [Faruk & Sain; 2014].

Para aumentar a durabilidade e o desempenho dos materiais biocompósitos, é necessário atuar em várias direções, tal como ao nível do tratamentos e modificação da superfície das fibras, aditivação de resinas naturais e no revestimento de produtos finais de biocompósitos.

7 | Necessidades de investigação

O efeito negativo de alguns destes fatores pode ser reduzido, mas não integralmente eliminado. Na circunstância, é necessário continuar a fazer investigação, principalmente nos seguintes aspetos:

- tratamento das fibras para melhorar a interação entre as fibras e a matriz, mediante modificações físicas e químicas das fibras;
- conceção estrutural (orientação e enrolamento das fibras para configuração e desempenho ótimos);
- mecanismo de cura (forma como a resina reticula), no que se refere ao calor produzido e à libertação de humidade, porque estes são efeitos que afetam significativamente as propriedades globais do compósito;
- estabilização fotoquímica das fibras naturais;
- biodegradabilidade e reciclabilidade;
- desenvolvimento da tecnologia de revestimento e de vedação, de forma a melhor proteger os produtos compósitos finais, melhorando também assim a resistência ao fogo e à exposição natural aos agentes atmosféricas;
- otimização das tecnologias de produção, através do:
 - ✓ desenvolvimento de sistemas práticos para processamento em larga escala: pultrusão e processos contínuos ou semicontínuos de moldagem e laminagem por compressão de painéis, chapas, perfis planos e laminados (estruturas tipo sanduíche), com formas geométricas mais complexas, para revestimento de fachadas;
 - ✓ controlo contínuo da temperatura e da pressão da linha de produção, para manter o equilíbrio correto entre a degradação da fibra, a qualidade do processo de cura e a velocidade de processamento, bem como para supervisionar o uso de energia e as emissões, de forma a minimizar também para o impacto ambiental e a energia incorporada dos produtos;
- otimização da industrialização, por meio de técnicas mais automatizadas e de introdução de nanotecnologias, para ter acesso ao mercado das aplicações estruturais.

Entre estas necessidades de investigação, as mais importantes são os métodos de tratamento das fibras e as tecnologias de conceção estrutural, pois são as que permitem atuar mais eficazmente sobre a ligação interfacial fibras-matriz, aspeto da maior importância para o bom desempenho dos biocompósitos.

7.1 Tratamento de fibras

O tratamento das fibras visa melhorar a ligação interfacial entre a fibra e a resina, proporcionando um compósito mais homogêneo e de maior estabilidade dimensional, com melhor desempenho e com maior durabilidade.

Entre diferentes possibilidades, a modificação da superfície das fibras e o tratamento químico das fibras, são os mais eficazes para se obter um decréscimo de higroscopicidade (aumento da resistência à absorção de humidade e menor suscetibilidade de retração ou dilatação volumétrica das fibras em resultado da adsorção / desadsorção de água), uma melhoria das propriedades mecânicas, com maior resistência à degradação UV, ao ataque microbiano e à ação do fogo.

A modificação da superfície das fibras faz-se por meio de técnicas de enxerto e reticulação, por revestimento ou com compatibilizadores. A modificação da estrutura superficial das fibras ou o aumento da energia superficial têm o efeito de melhorar a ligação interfacial, devido ao bloqueio dos pontos hidrofílicos disponíveis e aumento da rugosidade, impedindo o processo de absorção de humidade e reduzindo assim os danos decorrentes da dilatação volumétrica das fibras [Yatim et al, 2013., Billington et al, 2014].

A impregnação das fibras naturais com polímero ou com monómeros, seguido de polimerizado in situ, permite aumentar a resistência das fibras de 60 a 250%. Para o efeito são usados acrilatos, metacrilatos, epóxidos ou monómeros de melamina.

Os tratamentos químicos (com silanos ou peróxidos, ou por acetilação ou benzoilação), reduzem os problemas associados à natureza hidrofílica das fibras, por alteração da tensão superficial e da polaridade da superfície das fibras [Yatim et al., 2013].

Outros métodos de tratamento visando o aumento da durabilidade dos biocompósitos são a irradiação do polímero e das fibras e a inclusão na formulação do compósito de aditivos com características especiais. A irradiação permite melhorar as propriedades mecânicas do compósito [Mohammed & Sain M., 2014] e a utilização de aditivos, tais como agentes antimicrobianos de baixa toxicidade (biocidas), absorventes fotoquímicos e retardadores de chama, permite combater ativamente a biodegradação, melhorar a resistência aos UV e o desempenho à ação do fogo, respetivamente. No entanto, deve ter-se em consideração que as soluções de aditivação podem ter um impacto ambiental negativo.

Para cada caso, o efeito dos tratamentos seleccionados pode ser avaliado com base na medição da hidrofobicidade e da dilatação volumétrica das fibras sob condições de humidade. É também importante avaliar a adsorção de humidade nas fibras, em função da humidade relativa do ar e da sua absorção por imersão em água, assim como avaliar também as propriedades mecânicas (tais como a rigidez, resistência e a deformação) após adsorção de humidade e absorção de água. Esta avaliação pode ser complementada com observação por microscopia eletrónica de varrimento (SEM) após fratura, de forma a extrair uma conclusão acerca das melhores opções para tratamento das fibras dos biocompósitos em análise.

7.2 Desenho estrutural

A arquitetura (enrolamento e orientação das fibras) e a natureza das fibras são parâmetros importantes para selecionar a configuração que assegura o melhor desempenho, em função da durabilidade e das propriedades mecânicas.

Portanto, de forma a selecionar a melhor configuração estrutural, os seguintes parâmetros de desempenho e métodos devem ser investigados sistematicamente e otimizados de acordo com o método de processamento [Biobuild; 2012]:

- grau de torção dos fios das fibras e enrolamento nas madeixas nos pré-impregnados; este deve ser reduzido tanto quanto possível, mas mantendo um nível suficiente de "resistência em seco", a fim de manter os fios e o tecido de preforma manuseáveis e sem alterações, para processamento posterior do compósito;
- métodos para a produção de preimpregnados unidirecionais, combinando diretamente camadas unidirecionais de fibra (unidas por fios de ligação ou por um polímero ligante pulverizado) com as matrizes selecionadas..

8 | A experiência do LNEC

O LNEC participou, como parceiro do consórcio, num projeto europeu designado BioBuild (High Performance, Economical and Sustainable Biocomposite Building Materials), que foi parcialmente financiado pela Comissão Europeia, através do Sétimo Programa-Quadro da União Europeia (FP7 2007-2013), na chamada EEB (Edifícios Energeticamente Eficientes) [BioBuild, 2012].

O objetivo do projeto BioBuild foi desenvolver produtos à base de materiais biocompósitos, de forma a reduzir a energia incorporada de fachadas, da estrutura de suporte e de divisórias internas, em pelo menos 50% em relação aos materiais tradicionais atualmente usados para os mesmos fins e sem perda de desempenho e nenhum aumento de custo.

Neste projeto, foram desenvolvidos quatro sistemas de construção (figuras 8.1 e 8.2):

- painel de parede exterior (EWP) - sistema de fachada unitário, que pode ter capacidade de isolamento térmico, entre outras;
- kit de revestimento exterior (ECK) - sistema de proteção à ação do vento e da chuva;
- kit de partição interna (IPK) - sistema de paredes divisórias interiores;
- kit de teto suspenso (SCK) - sistema para tetos, com características arquitetónicas.

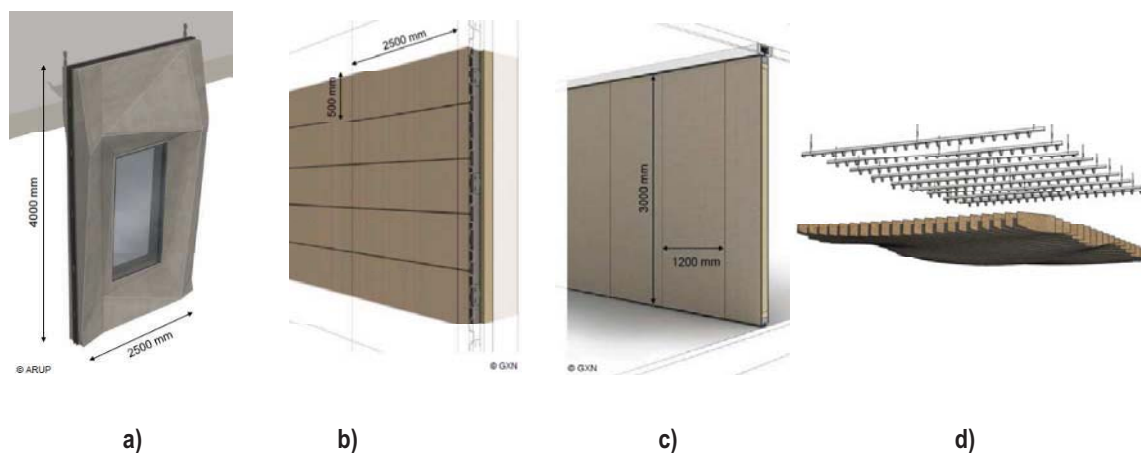
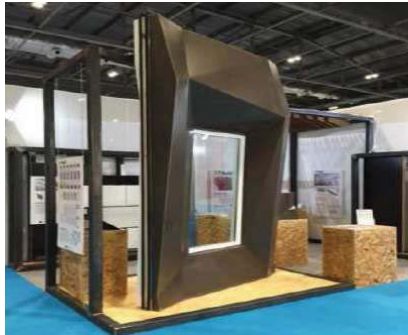


Figura 8.1 – Representação esquemática de produtos Biobuild [Carra, 2014]: a) EWP; b) ECK; c) IPK; d) SCK

O LNEC foi o principal responsável pelo pacote de trabalho de ensaios de caracterização de materiais e produtos desenvolvidos no âmbito do projeto, e teve um papel importante também no pacote de trabalho para a definição das diretrizes, normas e regulamentação, seguidos para a avaliação dos produtos Biobuild, designadamente a ETAG 016 - Partes 1 & 3 (“external wall panels”), ETAG 034 -

Partes 1 & 2 (“external cladding kits”), ETAG 003 (“internal partition kits”) e EN 13964: 2004 + A1: 2006 (“suspended ceiling kits”).



—



b)



c)



d)

Figura 8.2 – Produtos Biobuild expostos durante a exposição EcoBuild (Stand N6042, ExCel, Londres, 3 a 5 de março de 2015): a) EWP; b) ECK; c) IPK; d) SCK

O programa de ensaios foi organizado de acordo com os requisitos estabelecidos no Regulamento dos produtos da construção (CPR) [EU, 2011]:

- segurança em caso de incêndio (reação ao fogo e resistência ao fogo);
- higiene, saúde e meio ambiente (por exemplo, estanquidade, permeabilidade ao vapor, libertação e/ou teor de substâncias perigosas, e variação dimensional);
- segurança e acessibilidade na utilização (por exemplo, a resistência à ação do vento, resistência mecânica, resistência ao impacto, comportamento higrotérmico, segurança contra acidentes pessoais mediante contacto);
- proteção contra o ruído (isolamento a sons aéreos e absorção sonora);
- economia de energia e retenção de calor (propriedades de isolamento térmico, permeabilidade ao ar);
- uso sustentável dos recursos naturais (por exemplo, resistência à deterioração, robustez e rigidez, identificação dos materiais e produtos).

No Quadro 8.1 apresentam-se alguns resultados mecânicos obtidos com vários materiais biocompósitos caracterizados no LNEC, sob supervisão do autor, permitindo confirmar que biocompósitos com fibras naturais têm potencial para substituir os compósitos reforçados com fibras sintéticas em muitas aplicações não sujeitas a cargas elevadas.

Quadro 8.1 – Propriedades mecânicas determinadas em biocompósitos no LNEC

Propriedade	Resultado
Módulo de Elasticidade (ISO 527), GPa	6,9 (IPK); 8.0 (ECK)
Resistência à tração (ISO 527), MPa	30,4 (IPK); 37.5 (ECK)
Resistência à flexão (ISO 14125), MPa	47,3 (IPK); 85.4 (ECK)
Resistência ao corte interlaminar (ISO 14130), MPa	4,9 (IPK); 12.1 (ECK)

Verificou-se que os compósitos de base biológica têm um fraco desempenho ao fogo, tendo-se conseguido como melhor classificação obtida de reação ao fogo “B, s2-d0”. Embora este aspeto melhore com revestimentos intumescentes de proteção, estes exibem durabilidade insuficiente para exposição às intempéries.

Na figura 8.3 apresentam-se imagens de um ensaio de reação ao fogo de um produto biocompósito desenvolvido no âmbito do projeto BioBuild.



Figura 8.3 – Imagens extraídas durante as diferentes fases de um ensaio de reação ao fogo em produtos biocompósitos, gentilmente cedidas pelo Eng^o Carlos Pina dos Santos (LNEC)

9 | Conclusões

Como os recursos de petróleo diminuem e os custos de energia aumentam, a energia incorporada vai-se tornando cada vez mais não só um objetivo ambiental, como também comercial.

Assim, os bioprodutos feitos a partir de biomateriais e fibras naturais começam a ser materiais de seleção, originando o desenvolvimento de produtos biocompósitos por um número significativo de indústrias e um número de aplicações gradualmente crescentes na construção.

Embora as aplicações dos biocompósitos na construção já sejam muitas, quer em aplicações de menor exigência de desempenho, quer em combinação com outros materiais de maior resistência, estes materiais ainda não são amplamente utilizados devido à sua suscetibilidade de degradação pela ação da humidade e por não terem tão boa classificação de reação ao fogo como os materiais de construção convencionais.

Para colmatar algumas lacunas ao nível da durabilidade e do seu desempenho, é necessária mais investigação e desenvolvimento tecnológico.

Uma combinação de tratamentos de proteção, a aplicação de revestimentos e o uso de retardadores de fogo adequados (ecológicos e não tóxicos) pode ser a melhor abordagem para atingir a classe B de reação ao fogo.

Assim, prevê-se que num futuro próximo os materiais biocompósitos apresentem maior durabilidade, e que estejam disponíveis produtos com um melhor desempenho de isolamento térmico e acústico, adequados para as aplicações mais exigentes no domínio da construção.

Referências Bibliográficas

- ALAMPALLI, S., O'CONNOR, J.; YANNOTTI, A., 2002 – **Fiber reinforced polymer composites for supestructure of a short-span rural bridge**. Composite Structures, Vol. 58-1, pp 21-27.
- BILLINGTON S.L., et al., 2014 – **Renewable Biobased Composites for Civil Engineering Applications**, in “Sustainable Composites. Fibers, Resins and Applications”, Chapter 11, Anil N. Netravali and Christopher M. Pastore (editors), 562 pages, DEStech Publications Inc., ISBN 978-1-60595-111-9.
- CARRA, G., 2014 – **The BioBuild case studies** (ARUP & GXN). [Consult. 14 de março de 2016]. Disponível em http://biobuildproject.eu/wp-content/uploads/2014/09/3-Guglielmo-Q9_The-BioBuild-Case-Studies_GC_Arup_IIG_final.pdf
- Cassaforma Muro, 2016 – **Cofragens perdidas para betonagem simultânea de vigas de fundação e laje**. [Consult. 14 de março de 2016]. Disponível em <http://www.daliform.com/pt/cofragem-muro/>
- CHRISTIAN and BILLINGTON, 2013 – **Mechanical Characterization and Structural Assessment of Biocomposites for Construction**, TR No. 168, John A. Blume Earthquake Engineering Center Technical Report Series, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. [Consult. 11 de fevereiro de 2016]. Disponível em <https://purl.stanford.edu/gw924yv6972>
- EU, 2011 – **Construction Products**, Regulamento (UE) Nº. 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011.
- FARUK & SAIN (Editors), 2014 – **Biofiber Reinforcements in Composite Materials**, 1st Edition, Woodhead Publishing, 772 pp., ISBN 9781782421276.
- MADHURI, B. M., et al., 2015 – **Review of Recent Trends & Developments in Biocomposites**, Madhuri, B. M., Prashant, S. K, Aravin, P. & Lavate S. Cotton Bangladesh. [Consult. 11 de fevereiro de 2016]. Disponível em <http://www.cottonbangladesh.com/April2014/DevelopmentinBioComposite.htm>
- MAYA & THOMAS, 2008 – **Biofibers & Biocomposites**. Carbohydrate Polymers, vol. 71 (3), pp.343-364
- Projeto BioBuild, 2012. Resultados disponíveis em <http://biobuildproject.eu/>
- YATIM, J. M., et al., 2003 – **Biocomposites for the construction materials and structures**. Yatim J. M., Khalid N. H. B. A. and Mahjoub R. Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, pp. 29, [Consult. 11 de fevereiro de 2016]. Disponível em https://www.academia.edu/1266940/biocomposites_for_the_construction_materials_and_structures
- WAMBUA, P., et al., 2003 – **Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?** Wambua, P., Ivens, J., Verpoest, I. Composites Science and Technology 63 , pp. 1259–1264.

ANEXO
(Slides da Comunicação)

2.º Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção
QIC2016

BIOCOMPÓSITOS. UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO

Luis E. Pimentel Real
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, Portugal



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Plataforma Tecnológica Portuguesa
da Construção



Lisboa • LNEC
21 a 23 de novembro de 2016

Introdução

Indústria da construção

Setor que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva



Consideráveis impactos ambientais: consumo de matéria e energia e geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos



O setor da construção civil tem um papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável



Introdução



- inovação arquitetónica
- utilização de métodos de construção mais avançados

melhorias significativas ao nível do isolamento térmico e dos sistemas de condicionamento ambiental interior (maior eficiência energética)

- ➔ Redução do consumo de energia (direta)
- ➔ A energia indireta passou a ter grande relevância
- ➔ Recurso a materiais de construção mais ecológicos e com menor energia incorporada

- Limitar o uso de materiais não-renováveis
- Reduzir a poluição e os custos de energia durante a produção
- Usar produtos que tenham maior potencial de reutilização

Definição



O termo "biocompósitos" abrange os seguintes materiais:

- polímeros não biodegradáveis derivados de petróleo, reforçados com biofibras;
- biopolímeros reforçados com biofibras (os mais ecológicos, designados "compósitos verdes");
- biopolímeros reforçados com fibras sintéticas tais como vidro ou carbono.
- materiais inorgânicos naturais contendo na sua composição fibras naturais.

Alguns biocompósitos (ex. PHB) são também biodegradáveis, mas suficientemente estáveis para utilização em mobiliário, pavimentos e numa grande variedade de outros materiais de construção. A sua decomposição depende de micro-organismos que vivem em ambientes anaeróbicos e à medida que degradam, libertam gás metano que pode ser capturado e queimado para efeitos de recuperação de energia ou reutilizado para produzir mais biocompósitos.

Aplicações

História

USA, Índia, Brasil



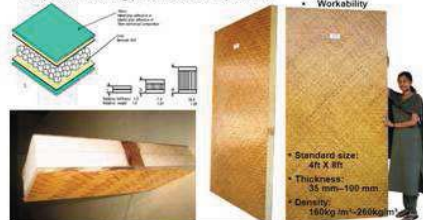
Fabrico de painéis (70-90): bagaço de cana, bambu, madeira, trigo, palha de cereais, azevém e arroz, caules de girassol, coco, cânhamo, algodão, kenaf, banana, abacaxi e folha de tabaco



Fabrico de placas, ladrilhos, telhas e revestimentos resistentes às intempéries (Índia): resíduos industriais e agrícolas integrando cimento e materiais cimentícios como ligantes

Bamboo / Glass Fiber Bio-Composite Sandwich Wall Panels

Processed under controlled temperature & pressure in compression moulding press then cut to required size.



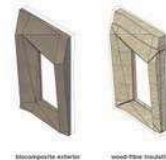
QIC2016 | 5

Aplicações

Biocompósitos



- coberturas energeticamente eficientes, telhados, painéis solares
- construção passiva e estruturas de energia eólica
- paredes estruturais leves
- sistemas de cofragem perdida
- revestimentos de paredes exteriores e isolamento térmico
- aplicações acústicas especiais
- geotêxteis
- janelas e portas
- tapumes, cercas, corrimões e guardas



QIC2016 | 6

Aplicações

Biocompósitos



QIC2016

- *elementos decorativos*
- *mobiliário de jardim e de interior (bancos, cadeiras, mesas)*
- *balcões, lavatórios de cozinha, produtos e acessórios sanitários*
- *pavimentos, coberturas, tetos falsos, telhas, telheiros e pequenas construções (bungalows, etc.)*
- *suportes para passagem de cabos*
- *grelhas de drenos*
- *escadas, docas, tabuleiros de pontes e estradas pedonais, passeios e lajes de pavimentação*



QIC2016 | 7

Aplicações



Compósitos de madeira-plástico (WPC)

Aplicações exteriores, como substitutos de produtos de madeira maciça e derivados de madeira (mobiliário de jardim e de piscinas, réguas de pavimento, revestimentos de parede, portas e janelas), como materiais de isolamento, em docas, guardas, pavimentos e coberturas, tetos falsos, painéis interiores, revestimentos de parede, beirais de telhado, como elementos decorativos em paredes e tetos, bem como para aplicações acústicas especiais (paredes de absorção sonora e para amortecimento de transmissão de som)



QIC2016 | 8

Aplicações



Mistura de fibras naturais com materiais inorgânicos

- Fibrocimento: usado no exterior e interior de edifícios (*tapumes, vedações, telhados, revestimentos exteriores, forros interiores, pavimentos, paredes, tijolos, corrimões, elementos decorativos, placas para várias aplicações na construção*) e mesmo em aplicações muito específicas em construções estruturalmente mais exigentes (*tabuleiros de pontes, estradas, passeios, lajes de pavimentação, etc.*)
- Fibrocimento contendo madeira: substituição de produtos antigos de fibrocimento contendo amianto e de outros materiais de construção não estruturais (+ *substitutos de derivados de madeira, produtos a imitar madeira de cedro e bases para aplicação de azulejos*).

Aplicações



Mistura de fibras naturais com materiais inorgânicos

Construção monolítica e painéis pré-fabricados (normalmente aplicados para estabilização de encostas e retenção de solos).

Mistura de fibras de cânhamo e cal: boa permeabilidade ao ar e ao vapor, importantes propriedades higroscópicas, elevada eficiência térmica e um reduzido efeito de ponte térmica (pode ser reciclado como fertilizante, ou misturas de cânhamo e cal para agregados);

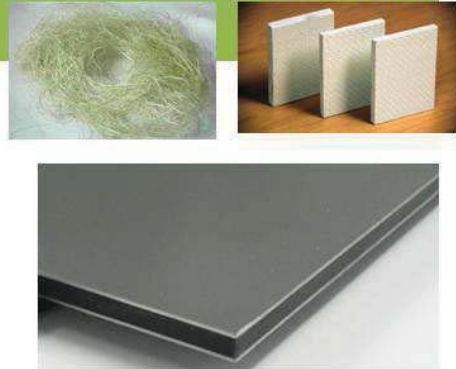


Aplicações

Biocompósitos reforçados com fibras de ramie

Painéis à prova de bala, permitindo atingir uma resistência à penetração balística de nível II, em compósitos com matriz de poliéster, ou de nível III em painéis híbridos de poliéster e kevlar (absorção de energia de 1362 J a 624 m/s ou de 3185 J a 837 m/s em painéis com espessura de 15 e 25 mm respectivamente).

As fibras naturais de ramie também são usadas em painéis sandwich de laminados de alumínio, com melhores propriedades mecânicas do que o alumínio e com apenas 2/3 do custo deste metal.

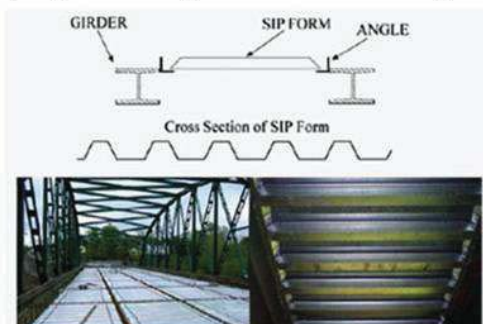


Aplicações

Sistemas de cofragem perdida à base de biocompósitos

Vieram substituir, com vantagens, os sistemas de cofragem em madeira tradicionais e também de PP:

- para separar os vãos de vigas das pontes, substituindo o aço (mais leves, porosas e porque têm a capacidade de serem facilmente quebrados em caso de necessidade para inspeção do pavimento da ponte pela parte inferior)



Yatim, J. M., *et al.*, 2003

Aplicações

Sistemas de cofragem perdida



- Para realizar tanques de recolha e/ou dispersão de água
- Para construir, numa única fase, a laje superior (de câmaras de ar) e as vigas de fundação externas e internas de uma obra)
- Para construir lajes nervuradas (estruturas normalmente pouco utilizadas devido aos excessivos custos de cofragem e descofragem)
- Para qualquer obra que precise de cofragens elaboradas e geometricamente complexas. <http://www.daliform.com/pt/cofragem-muro/>



QIC2016 | 13

Aplicações

Sistemas de cofragem perdida



Propriedades:

- porosidade (permitindo a evaporação da água através dos elementos, evitando a corrosão dos elementos metálicos em pontes)
- resistência mecânica (capazes de suportar grandes cargas, sem vigas)
- baixo peso (poupança de custos de armazenagem, depósito e transporte)
- modularidade e flexibilidade arquitetónica



QIC2016 | 14

Desempenho

Vantagens



- **biológicas:** produtos orgânicos naturais e pouco perigosos para a saúde, pois não originam efeitos dérmicos adversos no seu manuseamento e não apresentam perigo biológico aquando da sua alienação;
- **tecnológicas:** boas propriedades mecânicas (ao nível do amortecimento e da rigidez, por ex.), boa capacidade de isolamento térmico, elétrico e acústico (devido à estrutura tubular da fibras, com muitos vazios), excelente desempenho a baixa temperatura, baixa dilatação térmica, mais leves, e têm mais versatilidade para formas 2D complexas, não-abrasivos e dotados de grande flexibilidade de fabrico



QIC2016 | 15

Desempenho

Vantagens



- **económicas:** as biofibras são mais baratas do que as fibras sintéticas
- **sociais:** benefícios ao nível da agricultura, porque constituem um rendimento secundário para os agricultores e estão disponíveis a uma escala mundial, mais generalizada;
- **ambientais:** recursos renováveis, requerendo pouca energia durante a produção;
- **segurança:** as biofibras exibem um comportamento mais seguro em ensaio, menos suscetível de provocar acidentes durante a fragmentação e estilhaçamento



QIC2016 | 16

Desempenho

Desvantagens



- baixa estabilidade térmica (dificuldade para encontrar uma técnica de fabrico adequada!);
- **fraca resistência à absorção de humidade**, devido à natureza hidrofílica das fibras (o que compromete as propriedades de adesão na zona de ligação interfacial entre as fibras e a matriz);
- **baixa resistência à radiação** e consequente degradação fotoquímica quando expostos à radiação UV;
- baixo ponto de fusão;
- **baixa resistência ao fogo** e baixa classificação de reação ao fogo;



QIC2016 | 17

Desempenho

Desvantagens



- decomposição em ambientes alcalinos;
- suscetibilidade de ataque biológico;
- instabilidade dimensional das fibras (devido às tensões residuais induzidas durante o processamento);
- elevada variabilidade das propriedades físicas e mecânicas (dependente dos materiais, do meio ambiente e da tecnologia de transformação).



• menor durabilidade em aplicações exteriores



QIC2016 | 18

Desempenho



Fatores que afetam as propriedades e o desempenho

- tipo de fibras (curtas ou longas);
- propriedades das fibras (densidade, resistência à tração, módulo de elasticidade e teor de humidade);
- teor de fibras;
- orientação das fibras (unidirecional, transversal ou aleatória);
- tipo de matriz polimérica;
- ligação interfacial;
- processo de fabrico.



QIC2016 | 19

Desempenho

ligação interfacial



• Hidrofilicidade das fibras naturais:

- ➔ variações de volume nas fibras associadas à sorção de
 - ➔ humidade
- enfraquecimento da ligação fibra-matriz na interface e causa danos permanentes porque o compósito após saturação e secagem não retoma as propriedades mecânicas originais

• Hidrofobicidade da resina polimérica :

- ➔ diferença de higroscopicidade entre as fibras e a resina compromete a compatibilidade entre as fibras naturais e a matriz polimérica, conduzindo a uma má ligação interfacial entre ambos.



QIC2016 | 20

Necessidades de investigação



- **tratamento das fibras** para melhorar a interação entre as fibras e a matriz, mediante modificações físicas e químicas das fibras;
- **conceção estrutural** (orientação e enrolamento das fibras para configuração e desempenho ótimos);
- mecanismo de cura (forma como a resina reticula), no que se refere ao calor produzido e à libertação de humidade (*efeitos que afetam significativamente as propriedades globais do compósito*);
- estabilização fotoquímica das fibras naturais;
- biodegradabilidade e reciclabilidade;
- otimização da industrialização, por meio de técnicas mais automatizadas e nanotecnologias, para ter acesso ao mercado das aplicações estruturais;

Necessidades de investigação



- desenvolvimento das tecnologias de revestimento e vedação, de forma a melhor proteger os produtos compósitos finais, melhorando também assim a resistência ao fogo e à exposição natural aos agentes atmosféricos;
- otimização das tecnologias de produção através do:
 - a) desenvolvimento de sistemas práticos para processamento em larga escala;
 - b) controlo contínuo da temperatura e da pressão da linha de produção, para manter o equilíbrio correto entre a degradação da fibra, a qualidade do processo de cura e a velocidade do processo, bem como para supervisionar o uso de energia e as emissões, de forma a minimizar também para o impacto ambiental e a energia incorporada dos produtos;

Tratamento das fibras



Melhorar a ligação interfacial entre a fibra e a resina

Compósito mais homogêneo:

- decréscimo de higroscopicidade: menos suscetível de sofrer retração ou inchamento (maior estabilidade dimensional) em resultado da adsorção/ desorção de água;
- com melhor desempenho: melhoria das propriedades mecânicas;
- com maior durabilidade: maior resistência à degradação UV, ao ataque microbiano e à ação do fogo.



QIC2016 | 23

Tratamento das fibras



- **Irradiação**
- **Aditivação** (com agentes antimicrobianos de baixa toxicidade, biocidas, absorventes fotoquímicos e retardadores de chama)
- **Modificação superficial** (por meio de técnicas de enxerto e reticulação, revestimento ou com compatibilizadores): bloqueio dos pontos hidrofílicos disponíveis e aumento da rugosidade, impedindo o processo de absorção de humidade.
- **Impregnação** com polímeros (acrilatos, metacrilatos ou epóxidos) ou com monómeros de melamina, seguido de polimerização in situ (permite aumentar a resistência das fibras de 60 a 250%).
- **Tratamento químico** (com silanos ou peróxidos, ou por acetilação ou benzoilação): alteração da tensão superficial e da polaridade da superfície das fibras



QIC2016 | 24

Desenho estrutural



- ✓ selecionar a configuração que assegura o melhor desempenho, em função da durabilidade e das propriedades mecânicas, de acordo com a arquitetura (enrolamento, grau de torção e orientação) e a natureza das fibras.



Experiência do LNEC



BioBuild (High Performance, Economical and Sustainable Biocomposite Building Materials),

Quatro sistemas de construção:

- 1) painel de parede exterior (EWP) - sistema de fachada unitário, que pode ter capacidade de isolamento térmico, entre outras;
- 2) kit de revestimento exterior (ECK) - sistema de proteção à ação do vento e da chuva;



Experiência do LNEC

BioBuild



- 3) kit de partição interna (IPK) - sistema de paredes divisórias interiores;



- 4) kit de teto suspenso (SCK) - sistema para tetos, com características arquitetónicas.



- definição das diretrizes, normas e regulamentação, seguidos para a avaliação dos produtos Biobuild
- ensaios de caracterização de materiais e produtos desenvolvidos no âmbito do projeto



QIC2016 | 27

Experiência do LNEC

BioBuild



Requisitos do programa de ensaios:

- **segurança em caso de incêndio** (reação ao fogo);
- **higiene, saúde e meio ambiente** (estanquidade, permeabilidade ao vapor, libertação e/ou teor de substâncias perigosas e variação dimensional);
- **segurança e acessibilidade na utilização** (resistência à ação do vento, resistência mecânica, resistência ao impacto, comportamento higrotérmico, segurança contra acidentes pessoais mediante contacto);
- **proteção contra o ruído** (isolamento a sons aéreos e absorção sonora);
- **economia de energia e retenção de calor** (propriedades de isolamento térmico, permeabilidade ao ar);
- **uso sustentável dos recursos naturais** (resistência à deterioração, robustez e rigidez).



QIC2016 | 28

Quadro 1: Propriedades mecânicas determinadas em biocompósitos

Experiência do LNEC

BioBuild



Quadro 1: Propriedades mecânicas determinadas em biocompósitos

Propriedade	Resultado (mín-máx)
Módulo de elasticidade em tração (ISO 527), GPa	3 - 8
Módulo de elasticidade em flexão (ISO 178), GPa	2 - 7
Resistência à tração (ISO 527), MPa	30 - 54
Resistência à flexão (ISO 14125), MPa	38 - 85
Resistência ao corte interlaminar (ISO 14130), MPa	3 - 12

Propriedades específicas melhoram com o aumento do teor de fibras até um determinado limite



QIC2016 | 29

Conclusões

Biocompósitos



1. Exibem boas propriedades mecânicas, pelo que têm potencial para substituir compósitos reforçados com fibra sintética e outros materiais tradicionalmente usados na construção.
2. São suscetíveis de degradação pela ação da humidade e apresentam uma pior classificação de reação ao fogo que os materiais de construção convencionais.
3. A sua menor durabilidade, dificulta uma ampla utilização na construção.



QIC2016 | 30

Conclusões



- *necessária mais investigação e desenvolvimento tecnológico.*
- *a combinação de tratamentos de proteção, a aplicação de revestimentos e o uso de retardadores de fogo adequados (ecológicos e não tóxicos) pode ser a melhor abordagem para atingir a classe B de reação ao fogo.*

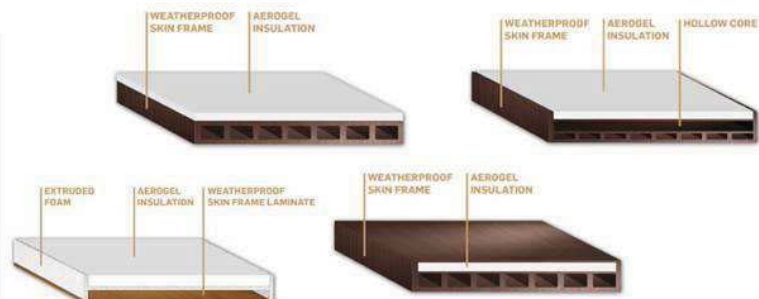


Perspetivas futuras



Prevê-se que num futuro próximo os materiais biocompósitos apresentem maior durabilidade, e que estejam disponíveis produtos com um melhor desempenho de isolamento térmico e acústico, adequadas para as aplicações mais exigentes no domínio da construção

GELCLAD (2017-2020):
HIGHLY EFFICIENT
CLADDING ECO-
PANELS WITH
IMPROVED NANO-
INSULATION
PROPERTIES





Obrigado pela vossa atenção!



