

Avaliação da aptidão ao uso de kits para revestimentos de piso exteriores em compósitos de madeira-plástico (CMP)



L.E. Pimentel Real

Investigador Auxiliar

Laboratório Nacional de Engenharia Civil,
Departamento de Materiais, Núcleo de
Materiais Orgânicos

Lisboa

lpimentel@lnec.pt



J. Saporiti Machado

Investigador Auxiliar

Laboratório Nacional de Engenharia
Civil, Departamento de Estruturas,
Núcleo de Comportamento de Estruturas

Lisboa

saporiti@lnec.pt

SUMÁRIO

Embora a maioria das aplicações estruturais dos compósitos de madeira-plástico (CMP) se restrinja aos pavimentos residenciais, mobiliário urbano e a vedações, têm sido desenvolvidos produtos de CMP para aplicações estruturais mais exigentes, tais como subestruturas residenciais, pavimentos industriais, elementos de fundação, pontes pedonais e estruturas para docas.

Os produtos de CMP exibem uma ampla gama de propriedades e características de desempenho de acordo com a sua formulação, forma geométrica, tipo, teor e tratamento das fibras e, características da interface matriz-fibras.

Podendo o desempenho dos produtos de CMP variar em função de um grande número de fatores, as suas propriedades, características de desempenho e a sua durabilidade devem ser avaliados para cada produto comercial.

Neste artigo, são apresentados os métodos de avaliação de aptidão ao uso de kits de CMP usados para revestimento de piso em terraços na zona envolvente de edifícios, bem como as características obtidas com dois destes produtos, concluindo-se da adequabilidade dos mesmos para as aplicações em vista.

1. GENERALIDADES

Os compósitos de madeira-plástico (WPC ou CMP) são compósitos de matriz polimérica (usualmente de resina termoplástica) com fibras naturais (usualmente farinha de madeira), sendo suscetíveis de serem incluídos na categoria de produtos de base biológica e sustentáveis.

A matriz pode ser constituída por um polímero ou por uma mistura de polímeros (total ou parcialmente reciclados). Pode usar-se todo o tipo de polímeros, incluindo bioresinas, Atualmente os polímeros mais comuns são o poli(cloreto de vinilo) (PVC), o polipropileno (PP) e o polietileno (PE).

As fibras de reforço podem ser provenientes de diferentes fontes vegetais (por exemplo, madeira, cânhamo, sisal, juta, kenaf, arroz, etc.) e podem ser incorporadas quer na forma fibrosa quer particulada.

Os CMP podem também incluir aditivos e agentes de processamento, tais como corantes, cargas, agentes de compatibilização, agentes de deslizamento e estabilizantes fotoquímicos, pois a formulação pode ser ajustada ao tipo de aplicação, sendo o produto desenvolvido para otimizar determinadas propriedades, tais como a rigidez, a resistência mecânica e ductilidade e a resistência à ação da humidade, à radiação ou ao fogo.

Os produtos de CMP são fabricados por meio de técnicas de processamento típicas dos materiais plásticos, tais como a extrusão de perfis e tubos, a calandragem para películas e folhas ou moldação por injeção no caso de produtos de forma geométrica complexa.

Os CMP apresentam normalmente uma excelente durabilidade e propriedades melhoradas, sendo por isso correntemente usados em revestimento de outros materiais e em aplicações exteriores.

As propriedades dos CMP superam em geral as da madeira no que se refere à resistência ao corte, resistência à compressão perpendicular à direção de extrusão, e capacidade de transmissão de carga na direção paralela às fibras. As resistências à flexão, à tração e à compressão na direção paralela à da extrusão dos CMP são semelhantes às da madeira. O módulo de elasticidade dos CMP é no entanto significativamente inferior ao da madeira.

A aplicação estrutural dos compósitos de madeira-plástico é atualmente restrita, mas é expectável o desenvolvimento de produtos de CMP com vista a aplicações estruturais mais exigentes.

Porém, as propriedades das resinas termoplásticas são fortemente dependentes das variáveis tempo e temperatura e portanto os produtos de CMP também exibem uma ampla gama de propriedades e características de desempenho em função do tipo de resina constituinte da matriz do compósito. Outros aspetos que influenciam essa variabilidade é a formulação do composto (resina e aditivos), a forma geométrica do produto, o tipo, teor e tratamento das fibras, as características da ligação matriz-fibras e o capeamento superficial.

Devido a esta variabilidade, é importante avaliar a aptidão ao uso dos produtos de CMP comerciais, de forma a suportar a marcação CE e a comercialização destes produtos. A avaliação técnica europeia destes produtos era feita até há pouco tempo atrás através de um Common Understanding of Assessment Procedure (CUAP) [1], sendo que a transposição para o novo regulamento dos produtos da construção terá de passar pela utilização ou elaboração, no caso de não existir, de um Documento de Avaliação Europeu (DAE).

A elaboração deste DAE poderá não resultar da transposição integral do atual CUAP mas deverá ter em conta a recente aprovação de uma norma europeia expressamente dedicada à avaliação de CMP para revestimentos de piso em ambiente exterior [4]. Esta norma impõe novos ensaios ou ensaios considerados como não obrigatórios no anterior CUAP. Dentro destes salienta-se o ensaio de fluência e de resistência à humidade (ensaio cíclicos de humedecimento/congelamento/secagem) que são relevantes tendo em vista assegurar a durabilidade dos CMP em serviço. Igualmente algum conhecimento entretanto adquirido sobre o desempenho em serviço deste tipo de materiais poderá levar à introdução de melhorias no DAE relativamente ao CUAP existente. Neste sentido o LNEC tem vindo a conduzir estudos sobre este tipo de compósitos, nomeadamente sobre o efeito do humedecimento nas propriedades mecânicas e o seu processo de envelhecimento natural

Na presente comunicação são apresentados os métodos de avaliação de aptidão ao uso de kits de CMP usados para revestimento de piso em terraços na zona envolvente de edifícios, tendo por referência a sua possível avaliação técnica europeia (ETA) com base no CUAP atrás referido. Neste âmbito são apresentadas as características de desempenho obtidas com dois destes produtos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Produtos

2.1.1 Utilização prevista

Os kits para revestimentos de piso exteriores existentes no mercado, passíveis de marcação CE através da emissão de uma Avaliação Técnica Europeia (ETA), destinam-se a ser utilizados no revestimento de piso de terraços junto a edifícios. No entanto, estes mesmos produtos são igualmente aplicados em passadiços de diversos tipos.

As barras de apoio devem ser sempre colocadas sobre uma base completamente plana e estável sendo também admissível o uso de uma camada de cascalho drenado e nivelado. A fixação das barras de apoio a essa base deverá ser feita por meio de parafusos de aço ou chumbadores. A aplicação destes kits deve obedecer a dois princípios básicos: a não utilização de componentes estranhos aos kits (diferentes barras de apoio ou clips de fixação) e o cumprimento das regras de aplicação definidas pelos fabricantes. O não

cumprimento destes dois princípios é a causa de uma grande parte das anomalias verificadas em obra.

2.1.2 Características gerais dos kits de CMP

Os kits para revestimentos de piso exteriores incluem régua, barras de apoio, perfis de remate e clips de fixação. As régua e os perfis de remate são constituídos por material compósito à base de plástico e de fibras de madeira. As régua são normalmente de dois tipos, com um perfil alveolar ou com um perfil maciço, podendo apresentar diversas configurações geométricas.

A composição das barras de apoio é bastante variável, sendo na generalidade das situações de plástico - poli(cloreto de vinilo) (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD) ou polipropileno (PP) – sendo este do mesmo material compósito que constitui as régua. Os clips de união podem ser constituídos pelo mesmo material compósito que constitui as régua ou por outro, nomeadamente plástico reforçado ou não, aço inox ou alumínio.

O valor nominal típico da massa das régua é de 2 a 4 kg/m, dependendo do material constituinte e das características geométricas das régua (alveolar ou maciça). A dimensão nominal das régua é variável de acordo com a especificidade do sistema, sendo usualmente a largura da ordem dos 150 mm, a espessura da ordem de 25 mm e o comprimento variável (usualmente entre 1 e 6 metros).

As tolerâncias de massa e dimensionais típicas das régua são normalmente definidas pelo fabricante, considerando-se aceitáveis os valores indicados nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1. Valores típicos e respetivas tolerâncias para as régua

Componente	Massa	Tolerâncias
Régua		
alveolar	2,4 kg/m	+/- 0,4 kg/m
maciça	3,6 kg/m	+/- 0,5 kg/m

Quadro 2 Tolerâncias dimensionais típicas dos elementos constituintes de um kit de CMP

Componente	Dimensões	Tolerâncias
Régua	Comprimento	-0 / + 10 mm
	Largura	+/- 1 mm
	Espessura	+/- 1 mm
Barras de apoio	Comprimento	-0 / + 10 mm
	Largura	+/- 1 mm
	Espessura	+/- 1 mm

Os materiais plásticos constituintes das régua referidas neste artigo são o polietileno de alta densidade (PEAD) (contendo reciclados), para o kit 1, e no caso do kit 2 o poli(cloreto de vinilo) (PVC) (sem reciclados).

2.2 Exigências essenciais

A vida útil do produto incorporada em uma obra específica depende das condições ambientais a que está sujeito e às ações a que é submetido em serviço, bem como às condições de instalação, embalagem, transporte, armazenagem, uso, manutenção e reparação, assumindo-se normalmente um valor de 10 anos.

O produto tem aptidão para uso se devidamente concebido, instalado e mantido normalmente, demonstrando o seu desempenho face às exigências essenciais seguintes [1]:

1. Resistência mecânica e estabilidade¹
2. Segurança em caso de fogo² [5]
3. Higiene, saúde e ambiente:
 - a) Teor e libertação de substâncias perigosas (declaração do fabricante baseada na composição do produto e da eventual incorporação de substâncias não contidas na lista positiva)
 - b) Influência da humidade [6]: Inchamento em espessura e absorção de água
4. Segurança na utilização:
 - a) Resistência à flexão [7]
 - b) Módulo de elasticidade em flexão [7]
 - c) Resistência à flexão (valor característico de carga pontual) [8]
 - d) Módulo de elasticidade em flexão [8]
 - e) Resistência ao impacto (a 0°C e a 23°C) [9]
 - f) Resistência sob carga pontual (valor característico) [10]
 - g) Duração das ações e fluência³ [11]
 - h) Escorregamento⁴ [12]
 - i) Capacidade resistente da ligação mecânica (valor característico) [13]
5. Proteção contra o ruído⁵
6. Economia de energia e isolamento térmico
 - a) Condutibilidade térmica⁶ [14]

¹ : Requisito considerado não relevante para aplicações não estruturais ou estruturais pouco exigentes

² : Requisito opcional para aplicações interiores e exteriores, mas considerado como não relevante para pavimentos exteriores. A classificação europeia normal para os CMP é E_{fl}, mas quando os compósitos são aditivados com retardante de chama, estes produtos atingem a classe C, mesmo considerando a propagação de chama na direção mais desfavorável (usualmente a direção longitudinal)

³ : Embora se considere importante para a caracterização do material constituinte das régua [2-4], este requisito é considerado opcional [1]

⁴ : Embora seja recomendada a sua determinação [2], em particular em aplicações com inclinação, este requisito é considerado opcional [1]. Os kits de CMP apresentam ângulos de escorregamento típicos de 7 a 12°.

⁵ : Requisito considerado não relevante [1]

7. Aspectos gerais relativos à aptidão ao uso

- a) Resistência ao impacto Charpy (antes e após envelhecimento com radiação UV [15], de acordo com os métodos preconizados em [16] (produtos não revestidos) ou [17-18] (produtos revestidos)⁷
- b) Coeficiente de dilatação térmica linear [-40 °C, 80 °C] [19-22]
- c) Durabilidade face a térmitas⁸ [23] e anexo C de [2]
- d) Dureza superficial⁹ [24]
- e) Massa volúmica [25-27]
- f) Influência da humidade [6], [24]: dureza superficial, Inchamento em espessura e absorção de água

No âmbito do sistema 4 de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto, compete ao fabricante declarar as características dos produtos. O fabricante deve ainda assegurar-se que o desempenho dos produtos cumpre a regulamentação do País onde o produto será aplicado (incluindo aspetos ambientais)..

3. RESULTADOS

No Quadro 3 indicam-se alguns valores obtidos experimentalmente, para 2 tipos de CMP, de acordo com as Exigências Essenciais para avaliação da aptidão ao uso dos kits para revestimentos de piso exteriores, atrás indicadas, Nos casos em que são ensaiadas régua com diferentes geometrias, a característica é apresentada sob a forma de um intervalo de valores.

Quadro 3. Características dos kits

Características	Kit 1	Kit 2
ER 3 Higiene, saúde e ambiente		
<i>Teor e libertação de substâncias perigosas</i>	Não contém substâncias perigosas	
<i>Influência da humidade [6]</i>		
Inchamento em espessura	0,2%	[0,3, 0,4]%
Absorção de água	[0,3; 0,5] %	[0,6; 1,1] %

⁶: Requisito opcional, Os CMP apresentam valores típicos de condutividade térmica próximos de 0,240 W/mK.

⁷: Requisito essencial apenas no caso de aplicações exteriores

⁸: Embora se considere que este requisito é importante para a caracterização do material constituinte das régua [2-4], a sua determinação é considerada opcional [1]

⁹: Requisito opcional,

Quadro 3 (continuação). Características dos kits

Características	Kit 1	Kit 2
ER 4 Segurança na utilização		
<i>Resistência à flexão [7]</i>	[21; 28] N/mm ²	[48; 57] N/mm ²
<i>Módulo de elasticidade em flexão [7]</i> (Distância entre apoios 500 mm)	[3500; 4600] N/mm ²	[5500; 6600] N/mm ²
<i>Resistência à flexão (valor característico) [8]</i>	[17, 22] N/mm ²	[40, 46] N/mm ²
<i>Módulo de elasticidade em flexão [8]</i> (Distância entre apoios 1080 mm)	[4600; 5200] N/mm ²	[7000; 7300] N/mm ²
<i>Resistência ao impacto [9]</i>		
+23 °C / 1 kg	7,8 J (mínimo, sem rotura)	7,8 J (mínimo, sem rotura)
-10 °C / 1 kg	4,9 J (mínimo, sem rotura)	9,8 J (mínimo, sem rotura)
<i>Resistência sob carga pontual (valor característico) [10]</i>	[2330; 3160] N	[6810; 8780] N
<i>Capacidade resistente da ligação mecânica (valor característico) [13]</i>	1190 N	[1040; 1330] N
ER 7 Aspetos gerais relativos à aptidão ao uso		
<i>Resistência à radiação UV (1000 h) [15]</i>		
Resistência ao impacto Charpy [16-18]		
Antes de envelhecimento	2,44 kJ/m ²	3,95 kJ/m ²
Após envelhecimento	3,36 kJ/m ²	4,99 kJ/m ²
<i>Coeficiente de dilatação térmica linear</i> [-40 °C, 80 °C] [19-22]	41,4 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹ (eixo x)	(21,3 ± 0,1) x 10 ⁻⁶ K ⁻¹ (eixo x) (50,6 ± 0,8) x 10 ⁻⁶ K ⁻¹ (eixo y)
<i>Massa volúmica [25-27]</i>	1,328 g/cm ³	1,392 g/cm ³
<i>Influência da humidade [6], [24]</i>		
Dureza superficial	[28; 40] N/mm ²	[94; 101] N/mm ²

Nas figuras 1 e 2 apresentam-se imagens de provetes de CMP em ensaio.

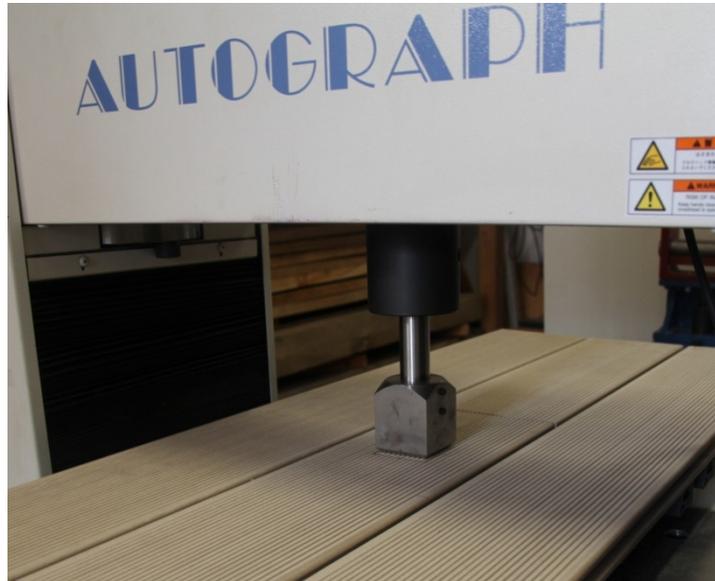


Figura 1. Ensaio de carga localizada.



Figura 2. Ensaio de flexão.

4. CONCLUSÕES

Os kits de CMP aqui referidos apresentam valores de resistência à flexão típicos da maioria dos materiais plásticos, termoplásticos e termoendurecíveis (de 22 a 60 MPa) [28], embora ligeiramente inferiores aos do policarbonato (PC) e do acrilnitrilo-butadieno-estireno (ABS), ambos da ordem de 70 MPa [29], mas de valor inferior aos valores típicos dos materiais reforçados com fibras naturais e sintéticas (80 a 160 MPa) [30-31].

Contudo, os produtos de CMP avaliados exibem valores do módulo de elasticidade em flexão bastante superiores aos habitualmente obtidos com a maioria dos materiais plásticos (raramente acima de 3000 MPa), mas também de valor inferior aos valores típicos dos materiais reforçados com fibras naturais e sintéticas (raramente abaixo de 7000 MPa) [30-31].

Já os valores obtidos para a resistência ao impacto Charpy são inferiores aos habitualmente obtidos nos materiais plásticos (com valores na ordem dos 20 a 30 kJ/m², os quais até podem atingir valores superiores a 100 kJ/m² quando reforçados com fibras) [28], aspeto que poderia ser melhorado pela incorporação na resina de agentes modificadores de resistência ao impacto.

Relativamente às réguas de madeira maciça tradicionalmente utilizadas em decking, os CMP apresentam valores de resistência mecânica superiores ou iguais, com exceção dos valores de módulo de elasticidade, pois a madeira maciça apresenta valores significativamente mais elevados, 17 a 20 GPa consoante a espécie de madeira e sua qualidade.

Os CMP apresentam também em geral uma elevada durabilidade face a agentes biológicos constituindo por isso um material concorrente face à madeira tratada e à madeira modificada existente no mercado.

Em síntese, considerando os resultados obtidos com ambos os produtos de CMP avaliados e tendo em conta as características inerentes aos materiais compósitos reforçados com fibras de madeira, considera-se estes produtos como adequados para a aplicação em vista (revestimento de piso em ambientes exteriores) e que apresentam algumas vantagens em relação aos produtos similares à base de madeira e seus derivados.

Contudo, é essencial que os fabricantes disponham de um sistema de controlo da qualidade que lhes permita assegurar a manutenção das propriedades dos seus produtos, de forma a controlar eventual variabilidade e a garantir o seu bom desempenho e durabilidade.

As características mínimas que se devem ser objeto do controlo interno do fabricante são as seguintes, [1]:

- 1 - Composição química das matérias-primas, por cada lote.
- 2 - Aparência e análise dimensional de todos os constituintes dos kits.
- 3 - Avaliação da influência da humidade por cada lote de material, mediante avaliação do inchamento em espessura e da absorção de água.

- 4 - Determinação da resistência à flexão das régua por cada lote de material a colocar no mercado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CUAP 04.02/29am - Common Understanding of Assessment procedure for European Technical Approval “Terrace decking kits” as amended by LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P., LNEC, 21 pp., March 2013
- [2] CEN/TS 15534-1:2007 Wood-plastics composites (WPC). Test methods for characterisation of WPC materials and products (substituída pela EN 15534-1:2014 Composites made from cellulose-based materials and thermoplastics (usually called wood-polymer composites (WPC) or natural fibre composites (NFC)) - Part 1: Test methods for characterisation of compounds and products)
- [3] CEN/TS 15534-2:2007 Wood-plastics composites (WPC) - Part 2: Characterisation of WPC materials
- [4] CEN/TS 15534-3:2007 Wood-plastics composites (WPC) — Part 3: Characterisation of WPC products (substituída pela EN 15534-4:2014 Composites made from cellulose-based materials and thermoplastics (usually called wood-polymer composites (WPC) or natural fibre composites (NFC)) - Part 4: Specifications for decking profiles and tiles e pela EN 15534-5:2014 Composites made from cellulose-based materials and thermoplastics (usually called wood-polymer composites (WPC) or natural fibre composites (NFC)) - Part 5: Specifications for cladding profiles and tiles)
- [5] EN 13823:2010 Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item
- [6] NP EN 317:2002 Particleboards and fibreboards. Determination of swelling in thickness after immersion in water.
- [7] NP EN 310:2002 Wood based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.
- [8] EN 789:2004 Timber structures. Test methods. Determination of mechanical properties of wood based panels.
- [9] EN 477:1995 Unplasticized polyvinylchloride (PVC-U) profiles for the fabrication of windows and doors. Determination of the resistance to impact of main profiles by falling mass.
- [10] EN 1533:2010 Wood flooring. Determination of bending strength under static load. Test methods.
- [11] ENV 1156:1999 Wood-based panels — Determination of duration of load and creep factors (substituída por EN 1156:2013 Wood-based panels - Determination of duration of load and creep factors)

- [12] EN 13845:2005 Resilient floor coverings - Polyvinyl chloride floor coverings with particle based enhanced slip resistance – Specification (Anexo C)
- [13] EN 1383:1999 Timber structures. Test methods. Pull through resistance of timber fasteners.
- [14] NP EN 12667:2012 Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance
- [15] EN ISO 4892-2:2013 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 2: Xenon-arc lamps (ISO 4892-2:2013)
- [16] EN ISO 179-1:2010 Plastics - Determination of Charpy impact properties - Part 1: Non-instrumented impact test (ISO 179-1:2010)
- [17] EN ISO 179-2:1999 Plastics - Determination of Charpy impact properties - Part 2: Instrumented impact test (ISO 179-2:1997)
- [18] EN ISO 179-2:1999/A1:2012 Plastics - Determination of Charpy impact properties - Part 2: Instrumented impact test - Amendment 1: Precision data (ISO 179-2:1997/Amd 1:2011)
- [19] ISO 11359-1:2014 Plastics -- Thermomechanical analysis (TMA) -- Part 1: General principles
- [20] ISO 11359-2:1999 Plastics -- Thermomechanical analysis (TMA) -- Part 2: Determination of coefficient of linear thermal expansion and glass transition temperature
- [21] ASTM E228-11 Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials With a Push-Rod Dilatometer
- [22] EN 821-1:1994 Advanced technical ceramics - Monolithic ceramics - Thermo-physical properties - Part 1: Determination of thermal expansion
- [23] EN 117:2012 Wood preservatives - Determination of toxic values against Reticulitermes species (European termites) (Laboratory method)
- [24] EN 1534:2010 Wood flooring - Determination of resistance to indentation - Test method
- [25] NP EN ISO 1183-1:2013 Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method (ISO 1183-1:2012)
- [26] NP EN ISO 1183-2:2011 Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 2: Density gradient column method (ISO 1183-2:2004)

- [27] EN ISO 1183-3:1999 Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 3: Gas pyknometer method (ISO 1183-3:1999)
- [28] <http://www.specialchem4bio.com/> trough the link “Bio-based Chemicals & Materials Solutions”, capturado em novembro de 2013
- [29] EN ISO 178:2010 Plastics - Determination of flexural properties (ISO 178:2010) e EN ISO 178:2010/A1:2013 Plastics - Determination of flexural properties (ISO 178:2010/Amd 1:2013)
- [30] Tresna Priyana Soemardi, *Tensile and Flexural Strength of Ramie Fiber Reinforced Epoxy Composites for Socket Prosthesis Application*, Academia.EDU
- [31] Satnam Singh, Pardeep Kumar, S.K. Jain, *An experimental and numerical investigation of mechanical properties of glass fiber reinforced epoxy composites*, Adv. Mat. Lett. 2013, 4(7), p. 567-572