Fibras naturais e resina de origem vegetal aplicadas ao desenvolvimento e experimentação de compósitos

Natural fibers and resins of plant origin applied to the development and testing of composites

Lara Inêz Alves Cruz, Mestranda em Design, UNESP

lara.cruz@unesp.br

Douglas Daniel Pereira, Doutor em Design, UFG

douglasdaniel@ufg.br

Resumo

Este artigo apresenta um recorte do trabalho de conclusão de curso, onde o objetivo foi o desenvolvimento de um compósito formado por fibras naturais, sendo a fibra de coco e o bagaço de cana-de-açúcar, e resina poliuretana à base de óleo de mamona. As fibras utilizadas são resíduos fibrosos provenientes de fontes renováveis, coletadas em parques e feiras. O objetivo foi analisar as características dos materiais que compõem esse compósito, com o intuito de avaliar sua viabilidade como uma alternativa para substituir materiais mais poluentes no desenvolvimento de produtos, além de instigar a valorização de resíduos como matéria prima. Ao final do estudo, foram obtidas amostras de chapas do compósito destinada a futuros estudos.

Palavras-chave: Design; Fibras naturais; Resina de origem vegetal; Compósitos.

Abstract

This article presents an excerpt from the final course work, where the objective was to develop a composite formed by natural fibers, namely coconut fiber and sugarcane bagasse, and polyurethane resin based on castor oil. The fibers used are fibrous waste from renewable sources, collected in parks and fairs. The objective was to analyze the characteristics of the materials that make up this composite, in order to evaluate its viability as an alternative to replace more polluting materials in product development, in addition to instigating the valorization of waste as raw material. At the end of the study, samples of composite sheets were obtained for future studies.

Keywords: *Design; Natural fibers; Resin of vegetable origin; Composites.*

1. Introdução

O design desempenha um papel importante na sociedade. Ao longo da história, ele tem sido fundamental para a evolução humana, influenciando não apenas a estética dos objetos e espaços, mas também sua funcionalidade e significado. Produtos utilizados diariamente, como utensílios domésticos, roupas e dispositivos de comunicação, estão em constante evolução e aprimoramento para melhor servir o usuário.

Atrelado com a evolução do design está a evolução contínua dos materiais utilizados para o desenvolvimento dos produtos, materiais estes que se apresentam em uma grande variedade e que vem crescendo cada vez mais. O avanço rápido dos materiais e técnicas de conformação traz desafios e oportunidades inéditas, ressaltando a necessidade constante de estudar e compreender os materiais para inovar e atender às demandas atuais.

Atualmente, há uma maior atenção dos profissionais durante o desenvolvimento de produtos, com um foco aguçado tanto na inovação de uso e consumo quanto na adoção de materiais que possam minimizar o impacto ambiental. A crescente consciência ambiental tem moldado significativamente as práticas industriais, especialmente no contexto da inovação de materiais.

Nesse contexto, surge a necessidade em compreender os materiais utilizados, considerar o ciclo de vida e avaliar como esses materiais podem impactar o meio ambiente. Isso implica adotar uma abordagem consciente no processo de desenvolvimento de produtos, visando não apenas a eficiência e o desempenho, mas também a responsabilidade para com o meio ambiente. Com isto, este projeto realizou um estudo sobre um material de fonte renovável, sendo ele um compósito feito de fibras naturais e resina poliuretana à base de óleo de mamona, realizando primeiramente uma revisão bibliográfica, sobre design, materiais no design e materiais compósitos. Posteriormente, utilizando uma metodologia, foi realizado alguns testes para se chegar na estrutura e proporção ideal do compósito.

1.1 Materiais no Design

Segundo Ashby e Johnson (2011), são os materiais que conferem materialidade a tudo o que vemos e tocamos. Eles são fundamentais para nossa interação com o mundo físico, pois influenciam a textura, resistência, cor e brilho de produtos e ambientes, sendo essencial compreender suas propriedades e aplicações. Eles executam duas funções que se sobrepõem: fornecer funcionalidade técnica e criar personalidade para o produto (Ashby; Johnson, 2011).

Atualmente, há uma diversidade de materiais agrupados em diversas categorias. No entanto, a tarefa de distanciá-los está se tornando cada vez mais complicada. Lefteri (2015) pontua em sua obra que a definição tradicional de família de materiais como plásticos, metais e madeira está se tornando menos importante devido à crescente mistura entre essas categorias. O autor utiliza como exemplo os plásticos, que estão cada vez mais presentes no território de outros materiais, como os bioplásticos feitos de fibras de celulose, ou os plásticos que estão sendo usados no lugar dos metais em situações que necessitam de maior leveza e resistência à corrosão.

Ashby (2012), destaca que não é a idade de um único material, mas sim da diversidade de materiais. Jamais houve uma época em que seu progresso tenha sido tão rápido e que tenha mostrado tamanha variedade de suas características.

Segundo Dias (2009), contabilizar todos os materiais que existem não é uma tarefa possível. São infinitos, assim como são infinitas as opções de combinação de vários elementos, podendo obter características e resultados distintos.

Ashby e Johnson (2011) afirmam que os materiais são a matéria-prima do design. Essa visão posiciona os materiais não apenas como componentes meramente funcionais, mas como elementos que influenciam diretamente tanto as propriedades técnicas quanto a estética dos produtos desenvolvidos. Assim, a seleção criteriosa dos materiais torna-se fundamental para a obtenção de soluções que atendam aos requisitos do projeto, evidenciando a necessidade de um conhecimento aprofundado sobre suas características e potencialidades para que se possa alcançar uma integração harmoniosa entre forma e função.

A interdisciplinaridade entre Design e Engenharia é essencial para o desenvolvimento de produtos. A colaboração entre essas áreas permite uma abordagem mais completa, em que decisões formais, estruturais e produtivas são tomadas de maneira integrada, resultando em soluções mais eficientes e alinhadas às demandas contemporâneas. Segundo Khan e Wells (2023), diante dos desafios do mundo contemporâneo, torna-se evidente que soluções eficazes não podem surgir a partir do conhecimento de uma única área acadêmica. Por isso a interdisciplinaridade se mostra fundamental para integrar diferentes áreas e promover respostas mais completas.

1.2 Materiais Compósitos

De acordo com a Norma *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3878-95), um compósito é definido como uma substância composta por dois ou mais materiais que são insolúveis entre si, os quais são combinados para criar um material de engenharia com propriedades específicas que não se encontram nos materiais isoladamente (ASTM, 1995).

Nijssen (2015) afirma que um compósito é uma composição de pelo menos dois elementos materiais diferentes que atuam em conjunto para obter um resultado superior. Segundo Silva (2003), compósitos feitos de matrizes poliméricas e fibras vegetais são atualmente uma das áreas de maior interesse na pesquisa de materiais compósitos. Como aponta Sousa (2013), as fibras têm impacto direto nas características dos compósitos e espera-se que apresentem alta resistência e módulo de elasticidade.

Callister e Rethwisch (2016) afirmam que os objetivos dos compósitos reforçados com fibras frequentemente indicam alta resistência e/ou rigidez em relação ao peso. Essas propriedades são descritas por meio dos parâmetros de resistência específica e módulo específico, que correspondem, respectivamente, à relação entre o limite de resistência à tração e a densidade relativa, e à relação entre o módulo de elasticidade e a densidade relativa.

Para Fornari (2017), o uso de fibras vegetais no desenvolvimento de novos materiais compósitos tem se mostrado uma abordagem altamente interessante e promissora para a comunidade científica. Isso se dá pelo fato de os compósitos serem materiais versáteis que surgem na combinação de outros dois materiais, dando abertura para diversas experimentações.

Esta temática tem sido amplamente explorada, havendo diversos estudos que empregam a resina poliuretana à base de óleo de mamona em conjunto com outros componentes. Por exemplo, Santos *et al* (2018) desenvolveram um biocompósito associando essa resina ao bambu, evidenciando que os materiais demonstraram boa aplicabilidade, compatibilidade e um acabamento estético superior. De maneira semelhante ao presente trabalho, Oliveira *et al* (2024) utilizaram fibras naturais em combinação com a resina, investigando sua aplicabilidade no desenvolvimento de produtos, e obtiveram resultados satisfatórios. Ainda, é comum a aplicação

de resina com fibras na produção de painéis; nesse sentido, Fiorelli *et al* (2011) destacam que o bagaço de cana-de-açúcar possui potencial para a fabricação de painéis de partículas com propriedades físico-mecânicas que atendem aos requisitos dos documentos normativos internacionais, embora haja restrições para sua aplicação estrutural.

Gryczak (2016), observa em seu estudo que com o avanço acelerado da produção industrial e agrícola a um aumento significativo na geração de resíduos. Essa intensificação demanda buscas por alternativas para a destinação correta ou para a agregação de valor aos resíduos gerados.

Com o intuito de explorar as potencialidades dos compósitos a partir de estudos existentes, este trabalho desenvolveu um compósito composto por variações de dois a três materiais: fibra vegetal de coco, bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana à base de óleo de mamona.

2. Procedimentos Metodológicos

Este estudo surgiu do trabalho de conclusão de curso de um dos autores, nele foi proposto o desenvolvimento de compósitos utilizando fibra de coco, bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana à base de óleo de mamona. A partir desses materiais, foram realizados diversos testes com o objetivo de identificar o compósito com melhor desempenho. Inicialmente, o projeto concentrou-se na coleta dos resíduos fibrosos, os quais foram recolhidos em parques e feiras, dando início ao tratamento preliminar das fibras recolhidas.

2.1 Fibra de coco

A fibra de coco é um dos diversos produtos ou subprodutos agroindustriais que vêm do processamento do coqueiro (*cocos nucifera. L*), que é uma das palmeiras mais úteis para os seres humanos (WIEDMAN apud MARROQUIM, 1994). Segundo Lefteri (2015), esta fruta versátil fez com que o coqueiro fosse reconhecido como uma das árvores mais produtivas do mundo.

O tratamento do coco verde para a obtenção da fibra de coco foi realizado caseiramente e contou com oito etapas (figura 1), sendo:

1. Obtenção do coco verde;
2. Divisão do fruto;
3. Com o auxílio de uma ferramenta, martelo ou marreta, o material será esmagado até o ponto onde ele esteja com as partes do coco bem separado e com as fibras aparentes;
4. Separação das fibras com as mãos;
5. Secagem do material;
6. Corte das fibras em pequenos pedaços.
7. Trituramento da fibra do liquidificador para deixá-la mais fina;
8. Fibra pronta para uso.

Figura 1: Processo de obtenção da fibra de coco. Fonte: Elaborado pelo autores

2.2 Bagaço da cana-de-açúcar

Segundo Mercante (2020) o bagaço é um resíduo gerado após a cana-de-açúcar ser moída para extração do caldo e produção de açúcar e etanol. Lazarini e Marconcini (2019) ressaltam que o bagaço da cana-de-açúcar representa atualmente um dos resíduos de maior volume gerados pela agroindústria no Brasil, possuindo, um grande potencial para ser utilizado na fabricação de novos materiais, como compósitos com matrizes poliméricas.

Assim como com a fibra de coco, neste trabalho o bagaço de cana também foi realizado caseiramente e contou com 6 etapas (Figura 2), sendo:

1. Obtenção do bagaço de cana,
2. Corte do material em pequenos pedaços,
3. Trituração do material ainda úmido,
4. Secagem do material,
5. Trituração do material seco
6. Preparo final do material para uso.

Figura 2: Processo de obtenção do bagaço de cana. Fonte: Elaborado pelos autores

A resina que foi utilizada é a que tem como base o óleo de mamona. Vilar (1993) define que o óleo de mamona é um triglicerídeo encontrado em concentrações de 40 a 50% na semente da planta *Ricinus Communis*, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, muito abundante no Brasil. O óleo de mamona é um líquido espesso (viscosidade 500 - 800 cP a 25°C), com cheiro forte, produzido pela pressão das sementes ou pela extração com solvente.

O presente trabalho utilizou a resina da empresa Imperveg e a resina da empresa Kehl. Ambas as resinas poliuretanas a base de óleo de mamona. Segundo os dados do fabricante, ela é uma resina a base de poliuretano vegetal (originado do óleo de mamona), bicomponente, 100% sólido (isento de solventes) não liberando vapores tóxicos, formulado pela mistura a frio de um pré-polímero (componente A) e um poliol (componente B), resultando em diferentes características, de excepcional estabilidade físico-química, elasticidade, impermeabilidade.

3. Aplicações e Resultados

Para desenvolver o compósito, foi necessário criar um molde, no qual ele seria inserido e passaria pelo processo de cura. O molde, com dimensões de 22x25x4 cm, incluiu uma tampa projetada para prensar o material, fixada por parafusos borboleta que garantiram sua estabilidade (Figura 3). Com o desenvolvimento do molde da chapa concluído, a próxima etapa foi a realização dos testes com o material.

Figura 3: Molde da chapa. Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 Realização dos testes

Os testes iniciais evidenciaram uma série de problemas, tais como a formação de bolhas de ar, dificuldades na desmoldagem devido ao desmoldante e erros nas proporções dos componentes, o que resultou em um compósito com consistência inadequada ("mole") (Figura 4).

Figura 4: Problemas encontrados nos primeiros testes. Fonte: Elaborado pelos autores

Para solucionar essas questões, foram implementadas diversas modificações visando a obtenção de resultados mais satisfatórios. Entre as alterações realizadas, destacam-se a substituição da vaselina aplicada, a utilização de materiais mais apropriados para o manejo do compósito – visto que, inicialmente, foram utilizadas estacas de madeira, um material inadequado por transmitir umidade e favorecer a formação de bolhas de ar – e o aquecimento das fibras antes de sua combinação com a resina. A imagem a seguir ilustra as etapas que compõem o desenvolvimento da chapa do compósito (Figura 5), sendo:

1. **Pesagem das fibras:** As fibras foram pesadas com o auxílio de uma balança.

2. **Aquecimento:** É importante que as fibras não estejam em temperatura ambiente ao serem incorporadas aos demais componentes, considerando sua umidade natural. Assim, elas devem ser submetidas a um processo de aquecimento em estufa, sendo utilizadas na mistura com a resina somente após esse tratamento. Na ausência de um laboratório equipado, esse procedimento foi realizado de forma caseira, utilizando um forno convencional a 100 °C por, no mínimo, 1 hora e 30 minutos.

3. **Pesagem da resina:** Com as etapas iniciais concluídas, procede-se à pesagem da resina, a qual pode ser armazenada em local frio para retardar seu processo de secagem, garantindo um tempo maior para a mistura e inserção do compósito no molde.

4. **Preparo do molde:** Dado que o processo de secagem da resina se inicia rapidamente, é imperativo que o molde esteja previamente preparado com o uso de um desmoldante.

5. **Junção:** Inicialmente, os dois componentes constituintes da resina são misturados, e em seguida, as fibras são incorporadas à mistura.

6. **Incorporação no molde:** Quando a mistura apresentar homogeneidade, o compósito é inserido no molde, o qual deve ser colocado em um ambiente onde não sofra perturbações, permitindo que o material passe adequadamente pelo processo de cura.

7. **Chapa finalizada:** Após a secagem completa do compósito, a chapa está pronta para ser analisada e estudada.

Posteriormente é mostrado uma outra imagem com os últimos testes realizados e que apresentaram melhor resultado, evidenciando os aprimoramentos decorrentes das alterações mencionadas (Figura 6).

Figura 5: Processo de desenvolvimento da chapa do compósito. Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6: Mudanças decorrentes das alterações mencionadas anteriormente. Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 Resultados

Ao final deste trabalho, se obteve uma coletânea de dados contendo 19 testes realizados (Figura 7), os quais apresentaram variações na quantidade de material empregado, nas ferramentas utilizadas para aprimorar os resultados e na experimentação de diferentes combinações, incluindo o emprego de materiais alternativos, como o papelão. Na Tabela 1, são apresentados todos os testes realizados (tabela 1).

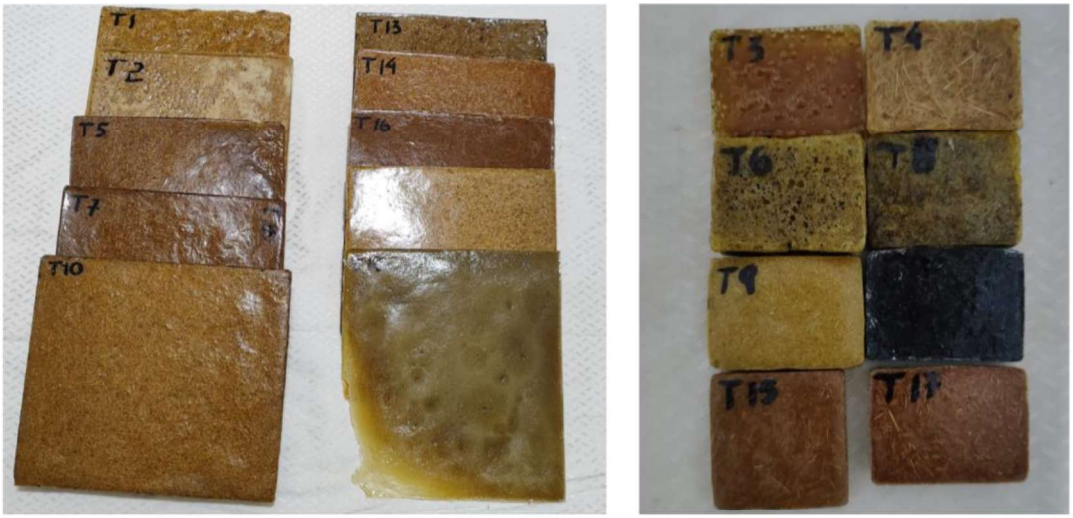

Figura 7: Testes desenvolvidos: a) realizados no molde projetado e b) realizados em um molde menor. Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 1 - Testes do compósito

N°	Resina	Proporção	Composição
1	Imperveg	1:1,5	Resina + Fibra de coco
2		2:1	Resina + Fibra de coco
3		2:1	Resina
4		2:1	Resina + Fibra de coco
5		1:1	Resina + Fibra de coco
6		1:1	Resina + Papelão
7		1:1	Resina + Fibra de coco
8		1:1	Resina + Papelão
9		1:1	Resina + Bagaço de cana
10		1:1	Resina+ Bagaço de cana
11	Kehl	1:1	Resina + Fibra de coco
12	Imperveg	1,27:1	Resina + Fibra de coco
13	Kehl	1:1	Resina +Fibra de coco + Bagaço de cana
14	Imperveg	1:1	Resina + Fibra de coco
15	Kehl	1:1	Resina + Fibra de coco
16		1:1	Resina + Fibra de coco
17	Imperveg	1:1	Resina + Fibra de coco
18		1:1	Resina + Fibra de coco
19	Kehl	1:1	Resina

Fonte: Elaborado pelos autores

4. Análises dos Resultados

A análise dos resultados obtidos na testagem do compósito, formado por fibra de coco, bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana à base de óleo de mamona, permitiu observar a as interações entre esses materiais. Durante a realização dos 19 testes experimentais, foram exploradas variações nas proporções dos componentes e no tipo de resina utilizada (Imperveg e Kehl), o que incluiu formulações com resina pura, com fibra de coco, com bagaço de cana e combinações entre esses reforços. Essa abordagem possibilitou identificar tendências importantes, como a influência da umidade na formação de bolhas e a necessidade de um equilíbrio adequado entre os componentes para garantir a homogeneidade da matriz.

Observa-se, assim, que até mesmo pequenas mudanças na proporção dos constituintes e na escolha da resina podem afetar significativamente as características do compósito A sistematização dos dados, organizados, contribuiu para uma compreensão mais clara das interações entre os resíduos e a resina. Esses resultados reforçam a relevância de uma abordagem experimental, que, além de enriquecer o conhecimento sobre a composição do material, fornece uma base para futuras pesquisas na área de compósitos.

5. Considerações Finais

A partir do desenvolvimento e da análise dos testes realizados, conclui-se que a combinação de fibra de coco, bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana à base de óleo de mamona mostra-se uma abordagem promissora para a criação de compósitos. Os experimentos evidenciaram que pequenas variações nas proporções dos componentes podem influenciar significativamente a qualidade e a homogeneidade do material.

Os dados obtidos fornecem uma base sólida para a continuidade da pesquisa, como a realização de ensaios mecânicos específicos, tais como os ensaios de tração, em colaboração com pesquisadores das áreas de engenharia de materiais e engenharia mecânica. Essa troca de saberes pode contribuir significativamente para a melhoria dos compósitos. Mesmo com a existência de diversos estudos envolvendo a resina de mamona e diferentes cargas — sejam fibras ou pós —, é de extrema importância experimentar novos materiais compósitos e suas possíveis combinações, pois isso abre espaço para a descoberta de novas variações e possibilidades no campo dos materiais. A experiência adquirida não apenas enriquece o conhecimento na área, mas também abre caminho para estudos que conciliem desempenho técnico e responsabilidade ambiental, ampliando as perspectivas para aplicações futuras.

Referências

ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materiais e design:** arte e ciência da seleção de materiais no design de produto. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ASHBY, M. F. **Seleção de materiais no projeto mecânico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM D3878-95**. Standard Terminology for Composite Materials. ASTM.1995.3p

CALLISTER, William, D; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. tradução Sérgio Murilo Stamile Soares.9. ed. Rio de Janeiro, 2016.

DIAS, M. R. A. C. **Percepção dos materiais pelos usuários:** modelo de avaliação Permatus [Tese doutorado] - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2009.

FIORELLI, J; LAHAR, F.A.R; NASCIMENTO, M.F; JUNIOR, H.S; ROSSIGNOLO, J.A. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona-produção e propriedades. **Acta Scientiarum. Tecnology**. Maringá. v.33, n.4, p.401-406, 2011

FORNARI, Celso C. M. Jr. **Fibras vegetais para compósitos poliméricos.** Ilhéus, Bahia: Editus, 2017.

GRYCZAK, M. **Compósito sustentável, casca de arroz/resina de óleo de mamona de baixa densidade**. Dissertação (mestrado) Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Santa Catarina. 2016.

KHAN, M.S; WELLS, M.A. *Integrating interdiciplinary education in materials science and engineering.* ***Nature Reviews Materials***. Ontario.2026

LAZARINI, R.G; MARCONCINI, J.M. Caracterização estrutural de fibras de bagaço de cana-de-açúcar quimicamente modificadas. **Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária**. São Paulo.2019

LEFTERI, Chris. **Materiais em design:** 112 materiais para design de produto. São Paulo: Blucher.2015

MERCANTE, A. L. P. **Geração de bioeletricidade, através do bagaço e da palha da cana-de-açúcar**. 2020. Monografia (Engenharia Agronômica) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020

NIJSSEN, R.P.L. ***Composite Materials:*** *An Introduction. Inholland.English edition.*VKCN.2015.

OLIVEIRA, M.H; SOUSA, C.S.M; BARATA, T.Q.F; LARAV, A.H. Compósitos de resina PU vegetal e fibras vegetais: desenvolvimento e aplicações em design. **Pensamentos em Design**. Belo Horizonte. v.4, n.1. p.37-51. 2024

SANTOS, J.V.G; GODINHO, G.M; PEREIRA, M.A.R. Biocompósitos de Bambu e Resina de mamona: métodos e aplicações no Design de Produtos. **Colóquio Internacional de Design**. Minas Gerais. v. 4, n. 3, p. 134-144, maio 2018.

SOUSA, L.K. **Produção e caracterização mecânica de compósitos de resina Poliuretana à base de óleo de mamona e fibras de rami, sisal e bucha vegetal.** Dissertação(mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de engenharia civil. Uberlândia.2013.

VILAR, W.D. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. Grupo pronor.1993.

WIEDMAN,G.A**. Fibra de coco e resinas de origem vegetal para produção de componentes de mobiliário e da construção civil**. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós- Graduação - Áreas de concentração: Estruturas Ambientais Urbanas. São Paulo. 2002.